

INSTITUTO DE TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO

ANDERSON FERNANDO LOPES

**METODOLOGIA DE GESTÃO COM BASE EM ANÁLISE DE OBSOLESCÊNCIA
EM ÁREA DE USINAGEM DE BLOCO DE MOTORES**

CURITIBA

2022

ANDERSON FERNANDO LOPES

**METODOLOGIA DE GESTÃO COM BASE EM ANÁLISE DE OBSOLESCÊNCIA
EM ÁREA DE USINAGEM DE BLOCO DE MOTORES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia, Área de Concentração de Geração e Transferência de Tecnologia (GTT), do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, em parceria com o Instituto de Engenharia do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento de Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo M. Trindade

CURITIBA

2022

“Todas as pessoas que chegaram aonde estão
tiveram que começar por onde estavam”.

Robert Louis Stevenson.

AGRADECIMENTOS

Em especial, a Deus por proporcionar resiliência, saúde, determinação e perseverança para superar todos os desafios durante a realização deste projeto.

Agradeço a minha esposa Simone Bono Lopes e minha filha Eduarda Bono Lopes por toda a paciência e suporte ao longo desta jornada.

Agradeço aos meus pais, Luiz Fernando Lopes e Ercilha da Silva Lopes, pela minha vida e pelos esforços destinados à minha educação e bom direcionamento.

Aos meus amigos que de alguma forma me incentivaram e colaboraram para a concretização deste sonho.

Aos meus colegas de trabalho: Adilson Chrestani Junior, Anderson Leal, Cleison Barro, Kemily Lopes, Luiz Bohatch, Rafael Rossa e Walter Cordeiro por todo o suporte e incentivo na elaboração deste projeto, vocês todos foram fundamentais para a concretização desta dissertação e implementação deste projeto.

Agradeço também ao professor orientador Eduardo Trindade, por toda a parceria, profissionalismo e competência na condução deste trabalho, mesmo com todos os impactos causados pelo COVID-19.

À minha empresa, a qual tenho muito orgulho em pertencer, eu agradeço pela oportunidade de poder implementar meu projeto de mestrado, pela confiança e todo apoio durante o processo.

DEDICATÓRIA

A todas as pessoas que de alguma forma foram impactados pela pandemia do COVID-19 e suas marcas profundas em todo o mundo.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Lopes, Anderson Fernando.

Metodologia de gestão com base em análise de obsolescência em área de usinagem de bloco de motores. / Anderson Fernando Lopes. – Curitiba, 2022.

1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo M. Trindade.

1. Desenvolvimento em tecnologia. 2. Manutenção industrial. 3. Motores. 4. Obsolescência. I. Trindade, Eduardo M. II. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia. III. Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. IV. Instituto de Engenharia do Paraná. V. Título.

Bibliotecário: Nilson Carlos Vieira Junior CRB-9/1797

TERMO DE APROVAÇÃO

ANDERSON FERNANDO LOPES

METODOLOGIA DE GESTÃO COM BASE EM ANÁLISE DE OBSOLESCÊNCIA EM ÁREA DE USINAGEM DE BLOCO DE MOTORES

Trabalho de conclusão de curso aprovado como requisito para obtenção do grau de Mestre, no Mestrado Profissional do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento de Tecnologia, realização do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC) em parceria com o Instituto de Engenharia do Paraná (IEP), pela seguinte banca examinadora:

Eduardo Marques Trindade

Eduardo Marques Trindade (3 de Maio de 2022 10:27 ADT)

ORIENTADOR (A): Prof. Dr. Eduardo Marques Trindade
Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC)

Lúcio de Medeiros

Lúcio de Medeiros (3 de Maio de 2022 10:36 ADT)

Prof. Dr. Lúcio de Medeiros
Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC)

Débora C. Marcilio

Prof.^a Dr.^a Débora Cintia Marcilio
Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC)

Prof. Dr. Sebastião Ribeiro Júnior
Servidor Docente do Depto. de Engenharia Elétrica
Matrícula: UFPR 205082

Prof. Dr. Sebastião Ribeiro Júnior
Universidade Federal Paraná (UFPR)

Curitiba, 24 de fevereiro de 2022.

RESUMO

As organizações, cada vez mais conectadas com as novas tendências tecnológicas, buscam o aperfeiçoamento do processo produtivo e o equilíbrio com relação ao investimento financeiro e renovação do parque fabril visando melhores resultados e satisfação dos clientes. Diante deste panorama, importantes aspectos norteiam tomadas de decisões que impactam o futuro do nosso planeta em sustentabilidade, novos parceiros, produtos e metodologias. Desta forma, as metodologias ágeis aplicadas em linha com a estratégia organizacional, podem ser protagonistas por proporcionarem o desenvolvimento de cenários de forma rápida e assertiva substituindo os planos de médio e longo prazo. Nesta dissertação, apresenta-se um estudo de caso sobre o projeto de obsolescência na área de usinagem em uma montadora, onde visa-se através da análise hierárquica de processo, transformação digital e metodologias ágeis a apresentação de um plano de investimento em *retrofitting* de máquinas e aquisição de peças sobressalentes de forma priorizada. Também implementou-se um projeto piloto sobre a metodologia do Ciclo IDEA (Inovação, Desenvolvimento, Execução, Acompanhamento), nas áreas de manutenção e engenharia de manutenção, a fim de validar esta nova metodologia de gestão de times para a obtenção de alta performance e resultados sustentáveis. Concluiu-se que há possibilidade na obtenção de bons resultados com o uso desta nova metodologia de times através da sistematização da gestão. O emprego de ferramentas da transformação digital, multicritério e metodologias ágeis aplicadas na área de manutenção trazem resultados técnicos, financeiros e humanos, possibilitando uma perspectiva diferente no planejamento e estratégia do departamento com priorização para a tomada de decisão.

Palavras-chave: Obsolescência. Metodologia ágil. Manutenção industrial. Transformação digital. Método AHP. OKR's.

ABSTRACT

Organizations increasingly connected with new technological trends seek to improve the production process and balance in relation to financial investment and renovation of the industrial park, aiming at better results and customer satisfaction. With this scenario, important aspects guide decision-making that impact the future of our planet in terms of sustainability, new partners, products, and methodologies. In this way, agile methodologies applied in line with the organizational strategy can be protagonists by providing the development of scenarios quickly and assertively, replacing medium and long-term plans. A case study is presented on the obsolescence project in the machining area in an automotive industry, which aims, through the hierarchical analysis of the process, digital transformation, and agile methodologies, to present an investment plan in retrofitting of machines and priority acquisition of spare parts. A pilot project was also implemented on the methodology of the IDEA Cycle (Innovation, Development, Execution, Achievement), in the areas of maintenance and maintenance engineering, in order to validate this new team management methodology to obtain high performance and sustainable results. It was concluded that there is a possibility of obtaining good results with the use of this new methodology of teams through the systematization of management. The use of digital transformation tools, multi-criteria and agile methodologies applied in the maintenance area bring technical, financial, and human results, enabling a different perspective in the department's planning and strategy with prioritization for decision making.

Keywords: Obsolescence. Agile Methodology. Industrial maintenance. Digital Transformation. AHP method. OKRs.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1 - RELATÓRIO REFERENTE AO PAINEL DE CONTROLE E GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO NA ÁREA DE USINAGEM..... | 20 |
| FIGURA 2 - EXEMPLO DE UMA LINHA DE USINAGEM..... | 23 |
| FIGURA 3 - PROCESSO DE GERENCIAMENTO DA OBSOLESCÊNCIA. | 26 |
| FIGURA 4 - FASES DE IMPLEMENTAÇÃO DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL. | 28 |
| FIGURA 5 - OS 9 PILARES DA INDÚSTRIA 4.0. | 29 |
| FIGURA 6 - PASSOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO AHP | 32 |
| FIGURA 7 - FÓRMULA DO COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO | 33 |
| FIGURA 8 - DEFINIÇÃO DA OKR. | 36 |
| FIGURA 9 - 7 PASSOS DA MANUTENÇÃO PROFISSIONAL..... | 39 |
| FIGURA 10 - DOCUMENTO EWO (<i>EMERGENCY WORK ORDER</i>). | 41 |
| FIGURA 11 - ORGANOGRAMA DA MANUTENÇÃO PROFISSIONAL..... | 44 |
| FIGURA 12 - MATRIZ RASIC DA MANUTENÇÃO COM ENFOQUE NO PILAR AM E PM..... | 46 |
| FIGURA 13 - CURVA DA BANHEIRA, REPRESENTA O FENÔMENO QUE OCORREM COM OS COMPONENTES EM SEU TEMPO DE VIDA ÚTIL | 48 |
| FIGURA 14 - CLASSIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS BASENDO-SE NOS PRINCIPAIS FORNECEDORES DE PEÇAS ELETRÔNICAS E MECÂNICAS. | 50 |
| FIGURA 15 - INFOGRÁFICO REFERENTE ÀS IMPLEMENTAÇÕES DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL POR PAÍSES..... | 52 |
| FIGURA 16 - USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DISPOSITIVOS DA MANUTENÇÃO INTELIGENTE..... | 53 |
| FIGURA 17 - NÍVEL DE MATURIDADE DA MANUTENÇÃO PREDITIVA BASEADA EM DADOS..... | 54 |
| FIGURA 18 - ARQUITETURA DA ANÁLISE DE VIBRAÇÃO NA MÁQUINA OP20..... | 55 |
| FIGURA 19 - PM CALENDAR..... | 57 |
| FIGURA 20 - FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA APLICADA | 59 |
| FIGURA 21 - ÁRVORE AHP..... | 60 |
| FIGURA 22 - DEFINIÇÃO DE CRITICIDADE DOS COMPONENTES. | 61 |
| FIGURA 23 - DEFINIÇÃO DE CRITICIDADE DOS COMPONENTES. | 62 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 24 - CLASSIFICAÇÃO DE OBSOLESCÊNCIA. | 62 |
| FIGURA 25 - QUANTIDADE DE HORAS DE MÁQUINA PARADA. | 63 |
| FIGURA 26 - CUSTOS DE MANUTENÇÃO POR MÁQUINA. | 64 |
| FIGURA 27 - INDICADORES DE MANUTENÇÃO. | 64 |
| FIGURA 28 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO DOS COMPONENTES. | 65 |
| FIGURA 29 - COMPARATIVO ENTRE OS CRITÉRIOS COM OS RESPECTIVOS PESOS. | 65 |
| FIGURA 30 - SCRIPT DO SOFTWARE JUPYTER. | 66 |
| FIGURA 31 - SUMÁRIO OKR'S PROJETO DA OBSOLESCÊNCIA. | 68 |
| FIGURA 32 - ATIVIDADES DO KR1. | 69 |
| FIGURA 33 - ATIVIDADES DO KR2. | 70 |
| FIGURA 34 - CLASSIFICAÇÃO DA OBSOLESCÊNCIA. | 71 |
| FIGURA 35 - BASE DA GESTÃO FINANCEIRA OBSOLESCÊNCIA. | 72 |
| FIGURA 36 - ATIVIDADES DO KR3. | 73 |
| FIGURA 37 - ANÁLISE AHP. | 74 |
| FIGURA 38 - SIMPLE AHP POR CRITÉRIO E POR MÁQUINA. | 75 |
| FIGURA 39 - SIMPLE AHP CRITÉRIO POR MÁQUINA. | 76 |
| FIGURA 40 - ATIVIDADES DO KR4. | 76 |
| FIGURA 41 - ATIVIDADES DO KR5. | 77 |
| FIGURA 42 - PLANO DE INVESTIMENTO. | 78 |
| FIGURA 43 - EVOLUÇÃO COMPONENTES ELETRÔNICOS. | 79 |
| FIGURA 44 - EVOLUÇÃO COMPONENTES MECÂNICOS. | 79 |
| FIGURA 45 - FLUXOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO PILOTO DA METODOLOGIA CICLO IDEA. | 80 |
| FIGURA 46 - CICLO IDEA. | 83 |
| FIGURA 47 - DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO CICLO IDEA. | 84 |
| FIGURA 48 - PLANEJAMENTO EM MÉDIO PRAZO. | 86 |
| FIGURA 49 - EXEMPLO DE OKR IMPLEMENTADA. | 87 |
| FIGURA 50 - CURVA DA MUDANÇA. | 88 |
| FIGURA 51 - ÁREAS RELACIONADAS DAS OKR'S. | 89 |
| FIGURA 52 - DISTRIBUIÇÃO E STATUS DAS OKRS. | 90 |
| FIGURA 53 - QUESTÃO 1 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO. | 91 |
| FIGURA 54 - QUESTÃO 2 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO. | 92 |
| FIGURA 55 - QUESTÃO 3 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO. | 92 |

| | |
|---|-----|
| FIGURA 56 -QUESTÃO 4 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO..... | 93 |
| FIGURA 57 -QUESTÃO 5 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO..... | 93 |
| FIGURA 58 -QUESTÃO 6 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO..... | 94 |
| FIGURA 59 -QUESTÃO 7 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO..... | 95 |
| FIGURA 60 -QUESTÃO 8 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO..... | 96 |
| FIGURA 61 -QUESTÃO 9 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO..... | 96 |
| FIGURA 62 -QUESTÃO 10 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO..... | 97 |
| FIGURA 63 -QUESTÃO 11 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO..... | 97 |
| FIGURA 64 -QUESTÃO 12 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO..... | 98 |
| FIGURA 65 -QUESTÃO 13 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO..... | 98 |
| FIGURA 66 -QUESTÃO 14 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO..... | 99 |
| FIGURA 67 -QUESTÃO 15 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO..... | 99 |
| FIGURA 68 -QUESTÃO 16 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO..... | 100 |
| FIGURA 69 -QUESTÃO 17 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO..... | 100 |
| FIGURA 70 -NUVEM DE PALAVRAS REFERENTE AO PROJETO PILOTO..... | 101 |
| FIGURA 71 -LIÇÕES APRENDIDAS..... | 102 |
| FIGURA 72 -PIRÂMIDE DE WILLIAN GLASSER..... | 103 |
| FIGURA 73 -BOAS PRÁTICAS NAS CONDUÇÕES DAS OKR'S..... | 103 |
| FIGURA 74 -ESTRATÉGIA DA ÁREA DE MANUTENÇÃO..... | 105 |
| FIGURA 75 -LISTA DE PRIORIZAÇÃO ATIVIDADES ROADMAP 2022..... | 106 |
| FIGURA 76 -PAINEL DE CONTROLE DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO..... | 107 |
| FIGURA 77 -GOVERNANÇA DA ÁREA DE MANUTENÇÃO..... | 108 |
| FIGURA 78 -VISÃO DA MANUTENÇÃO E ENGEMAN..... | 109 |
| FIGURA 79 -CLASSIFICAÇÃO DA OBSOLESCÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS BASENDO-SE NOS PRINCIPAIS FORNECEDORES DE PEÇAS ELETRÔNICAS E MECÂNICAS..... | 112 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | | |
|--------|---|---|
| AM | – | Manutenção Autônoma |
| BPS | – | Sistema de Produção Bosch |
| CAD | – | Projeto assistido por computador |
| CBM | – | Manutenção baseada pela condição |
| CLP | – | Controlador Lógico Programável |
| CMMS | – | Sistema de gerenciamento computadorizado da manutenção |
| CNC | – | Controle numérico computadorizado |
| DUGA | – | Monitoramento da gestão da produção |
| EMS | – | Sistema de Manufatura Electrolux |
| EWO | – | Ordem de trabalho emergencial |
| IDEA | – | Inovação, desenvolvimento, execução e acompanhamento |
| LEDGER | – | Documento que reúne informações técnicas de máquinas |
| MTBF | – | Tempo médio entre falhas |
| MTTR | – | Tempo médio de reparo |
| OEA | – | Disponibilidade de equipamento |
| OP | – | Operação |
| PDCA | – | Planejar, desenvolver, checar e ação |
| PM | – | Manutenção Profissional |
| PMBOK | – | Guia para gerenciamento de projetos |
| RCA | – | Análise de causa raiz |
| SQDCEP | – | Segurança, qualidade, entrega, meio ambiente, custo e pessoas |
| STP | – | Sistema Toyota de Produção |
| TBM | – | Manutenção baseada pelo tempo |
| VMMS | – | Sistema Volvo de gerenciamento da manutenção |
| VPS | – | Sistema Volvo de Produção |
| VUCA | – | Volatilidade, incerteza, complexidade e ambiguidade |
| WCM | – | World Class Manufacturing |
| WEG | – | Fabricante de motores e de automação |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 16 |
| 1.1 | CONTEXTO..... | 17 |
| 1.2 | OBJETIVOS | 19 |
| 1.2.1 | Objetivo Geral..... | 19 |
| 1.2.2 | Objetivos Específicos | 19 |
| 1.3 | JUSTIFICATIVA..... | 19 |
| 1.4 | ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA | 22 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 23 |
| 2.1 | PROCESSO DE USINAGEM | 23 |
| 2.2 | OBSOLESCÊNCIA NA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL | 25 |
| 2.3 | GESTÃO DO CONHECIMENTO E TRANSFORMAÇÃO DIGITAL..... | 27 |
| 2.4 | OS 9 PILARES DA INDÚSTRIA 4.0 | 29 |
| 2.5 | ANÁLISE HIERÁRQUICA DE PROCESSO | 31 |
| 2.6 | METODOLOGIAS ÁGEIS..... | 33 |
| 2.7 | OKR – OBJETIVOS E RESULTADO CHAVE | 36 |
| 2.8 | LEAN MANUFACTURING..... | 37 |
| 2.9 | WCM (WORLD CLASS MANUFACTURING)..... | 38 |
| 2.10 | TIPOS DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL | 38 |
| 2.10.1 | Sistema de Gestão da Manutenção CMMS..... | 39 |
| 2.10.2 | Manutenção Corretiva | 39 |
| 2.10.3 | Manutenção Preventiva | 42 |
| 2.10.4 | Manutenção Preditiva | 43 |
| 2.11 | GESTÃO DA MANUTENÇÃO E ESTRUTURA | 43 |
| 2.12 | INDICADORES DE MANUTENÇÃO | 46 |
| 2.13 | CUSTO DA MANUTENÇÃO..... | 47 |
| 2.14 | PROJETOS DE MANUTENÇÃO..... | 49 |
| 3 | REVISÃO TECNOLÓGICA | 52 |
| 3.1 | SMART MAINTENANCE | 52 |
| 3.2 | USO DO MÉTODO AHP NA ÁREA DE MANUTENÇÃO | 57 |
| 4 | METODOLOGIA APLICADA E MATERIAIS | 59 |
| 4.1 | FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA APLICADA | 59 |
| 4.2 | DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA APLICADA | 59 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 4.2.1 | Critério da Classificação de Máquina | 61 |
| 4.2.2 | Critério da Classificação do Componente (<i>Ledger</i>) | 61 |
| 4.2.3 | Critério da Classificação de Obsolescência..... | 62 |
| 4.2.4 | Critério da Classificação de Estoque | 62 |
| 4.2.5 | Critério da Quantidade de Horas de <i>Breakdowns</i> (Nível Máquina) | 63 |
| 4.2.6 | Critério de Custos (Nível de Máquina)..... | 63 |
| 4.3 | MATERIAIS | 66 |
| 5 | ESTUDO DE CASO | 67 |
| 5.1 | KR1 – LEVANTAMENTO DOS COMPONENTES COM BASE NA DOCUMENTAÇÃO DE TODAS AS MÁQUINAS DA ÁREA DE USINAGEM | 68 |
| 5.2 | KR2 – CLASSIFICAÇÃO DE OBSOLESCÊNCIA PARA COMPONENTES MECÂNICOS E ELETRÔNICOS (2 A 7) | 69 |
| 5.3 | KR3 – ESTRUTURAÇÃO DO PROJETO: BASE DE DADOS, POWER BI E GESTÃO FINANCEIRA | 70 |
| 5.4 | KR4 – DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS E GERAÇÃO AHP | 73 |
| 5.5 | O MÉTODO <i>SIMPLE</i> AHP..... | 74 |
| 5.6 | KR5 – GERAÇÃO DO PLANO DE INVESTIMENTO PARA OBSOLESCÊNCIA..... | 77 |
| 6 | RESULTADOS | 78 |
| 6.1 | PROJETO DE OBSOLESCÊNCIA | 78 |
| 6.2 | METODOLOGIA DE GESTÃO – CICLO IDEA..... | 80 |
| 6.3 | REFORÇANDO OS VALORES DA GESTÃO <i>LEAN</i> | 82 |
| 6.4 | PROJETO PILOTO – IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA CICLO IDEA NA ÁREA DE MANUTENÇÃO E ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO | 85 |
| 6.5 | QUESTIONÁRIO IRRESTRITO..... | 90 |
| 6.6 | QUESTÕES DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO | 91 |
| 6.7 | LIÇÕES APREENDIDAS COM A IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO PILOTO | 101 |
| 6.8 | PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO | 104 |
| 7 | CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 111 |
| 7.1 | SUGESTÕES | 114 |
| 7.2 | TRABALHOS FUTUROS..... | 114 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 115 |

1 INTRODUÇÃO

O planeta em que vivemos provavelmente não será mais o mesmo depois da pandemia proporcionada pelo Covid 19 em 2020. De forma forçada, a adaptabilidade no aprendizado em viver de um jeito diferente e introspectivo proporcionou o desenvolvimento de novas habilidades relacionadas ao comportamento humano e profissional. Segundo Magaldi (2020), vivenciamos um ponto de inflexão, ou seja, um período que exige mudanças extremas e que gera transformações organizacionais e econômicas, alterando os modelos convencionais em todo o mundo.

De acordo com o mesmo autor, o mundo VUCA que surgiu nos anos 90 durante a guerra fria, através dos militares do EUA, e representa quatro pilares (Volatilidade, Incerteza, Complexidade e Ambiguidade), tinha como principal objetivo criar um contexto mundial na forma de fazer negócios ou conduzir as organizações mundiais, e foi enfatizado a partir de 2010, com a pandemia propiciou-se uma nova forma de planejar e definir a estratégia nas organizações.

Durante a pandemia, a Transformação Digital, ou seja, a substituição de atividades manuais por digitais, foi acelerada em 72% nas empresas, pela pesquisa realizada pelo *The Economist Intelligence Unit* (EIU), a pedido da Microsoft (2021). O uso da inovação nos processos produtivos, a fim de alavancar melhores resultados com a utilização dos dados estratificados das máquinas e processos foi intensificado neste período.

Tendo em vista a necessidade de melhorar os resultados econômicos e a competitividade empresarial na solução de problemas críticos e complexos, que são demandas diárias em todos os tipos de negócios e organizações, a gestão *Lean* e os princípios do WCM (*World Class Manufacturing*) foram explorados neste momento com muita intensidade pelas empresas, no intuito de obter respostas mais rápidas e sustentáveis.

Segundo Ballé (2019), o Sistema Toyota de Produção proporciona modelos mentais para o desenvolvimento de soluções centradas em pessoas, esperando que os funcionários pensem em maneiras de trabalhar melhor. Sobre este enfoque, a mobilização em repensar os processos e realizar adequações, otimizações pelas áreas estratégicas, de engenharia e operacionais foram as prioridades para a retomada do processo produtivo de forma escalar e com grandes diferenças, então nunca experimentadas, até o início da pandemia.

Contudo, este trabalho de dissertação engloba alguns pontos pertinentes as transformações no ambiente fabril, com relação a gestão da manutenção industrial, custos de manutenção, a gestão ágil no departamento de manutenção e engenharia, e as formas de gerir times através de metodologias para obtenção de alta performance.

1.1 Contexto

As inovações tecnológicas ocorrem de forma rápida e intensa, gerando dificuldades em acompanhá-las, sejam com os smartphones, desktops ou dispositivos eletrônicos em geral e que já fazem parte da vida pessoal ou profissional no nosso dia a dia.

Na indústria não é diferente, e com o advento da transformação digital e a intensificação da necessidade em tratamento dos dados de forma geral, evidenciaram-se oportunidades nos mais diversos equipamentos ou linhas de produção de qualquer segmento, seja na área automotiva, de bens de consumo ou na indústria em geral.

Desta forma e com mais intensidade, as organizações, independentemente do porte ou da área de negócio, têm como desafio incluir nos seus planos estratégicos os investimentos para adequar o parque fabril, de acordo com as tendências tecnológicas oriundas da Indústria 4.0, a fim de manter a competitividade e a ampliação de suas receitas.

O desafio, principalmente nas grandes organizações, é de identificar quais são as reais necessidades tecnológicas, processos e a visão do senso de prioridade na execução dos projetos industriais e desenvolvimento de novos produtos, alinhado com as adequações das máquinas, equipamentos e linhas de produção sob o aspecto de inovação tecnológica ou de obsolescência.

Neste contexto, seria importante considerar a obsolescência tecnológica devido ao passar do tempo e também ao fato dos equipamentos precisarem de alterações no *hardware* e no *software*, para poderem adquirir e tratar os dados dos sensores e periféricos das máquinas, e enviá-los aos equipamentos responsáveis pelo processamento, compilação, extração e tratamento de informação. Segundo Bokrantz (2020), este fato é chamado de *Smart Maintenance*.

A mudança nos ciclos tecnológicos oriundos da quarta revolução industrial e da transformação digital, reforçam a necessidade em adequação no parque fabril.

Esta demanda tem o custo elevado e precisa de um planejamento preciso e priorizado. Os projetos de obsolescência devem ser considerados estratégicos para acompanharem esta tendência e para garantir o ciclo de vida das máquinas e equipamentos. Entre as razões que fazem uma empresa despende caixa com um ativo estão os relacionados com a aquisição, conserto, manutenção, benfeitoria e, eventualmente, para retirá-lo de serviço. Segundo Stickney (2001), todos esses gastos, mais cedo ou mais tarde, tornam-se despesas.

Em geral, os times de engenharia de manutenção e de manutenção industrial trabalham de forma pragmática para antever os problemas e propor soluções, buscando aumentar o ciclo de vida dos equipamentos e reduzir as quebras. Porém, existem limitações que podem danificar o equipamento devido ao desgaste natural das peças mecânicas ou a indisponibilidade de itens sobressalentes no mercado, em especial na área eletroeletrônica e de automação industrial.

O estudo de caso implementado neste projeto de dissertação é idealizado na linha de usinagem de bloco de motores de uma montadora, situada na cidade de Curitiba, no Estado do Paraná. A linha possui em média 20 anos produzindo blocos de motores para o mercado nacional, sul-americano e exportando para o Estados Unidos e Europa.

Garantir o funcionamento das máquinas e linhas de montagem, é uma tarefa que exige estudo, dedicação e acuracidade dos dados de manutenção. Alguns aspectos são primordiais para a função manutenção nas organizações, tais como:

- Técnicos – Garantia de que as máquinas e linhas de montagem possuam o portfólio de peças de reposição disponíveis para a realização das manutenções corretivas ou preventivas.
- Econômicos – Elaboração do planejamento e provisionamento de recursos para a execução do plano de adequação ou substituição de sistemas eletrônicos ou mecânicos.
- Conhecimento – Plano de desenvolvimento técnico aos colaboradores da área de manutenção e engenharia de manutenção alinhados com as plataformas e tendências tecnológicas, ou seja, estar preparados para as competências do futuro.

Neste contexto, as empresas que mais se desenvolvem são aquelas que investem em tecnologia e adequam-se as tendências da transformação digital e também que desenvolvem seus colaboradores tecnicamente. Para tal, a engenharia financeira, ou seja, o planejamento em projetos de obsolescência de médio a longo prazo é de suma importância para a busca do equilíbrio tecnológico, da manutenibilidade do parque fabril e para a preparação da fábrica para os produtos sustentáveis como, por exemplo, a Eletromobilidade.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é validar a metodologia de gestão proposta - Ciclo IDEA - para equipes de alta performance em uma fábrica de motores, utilizando a análise de obsolescência em linha de usinagem de bloco de motores.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

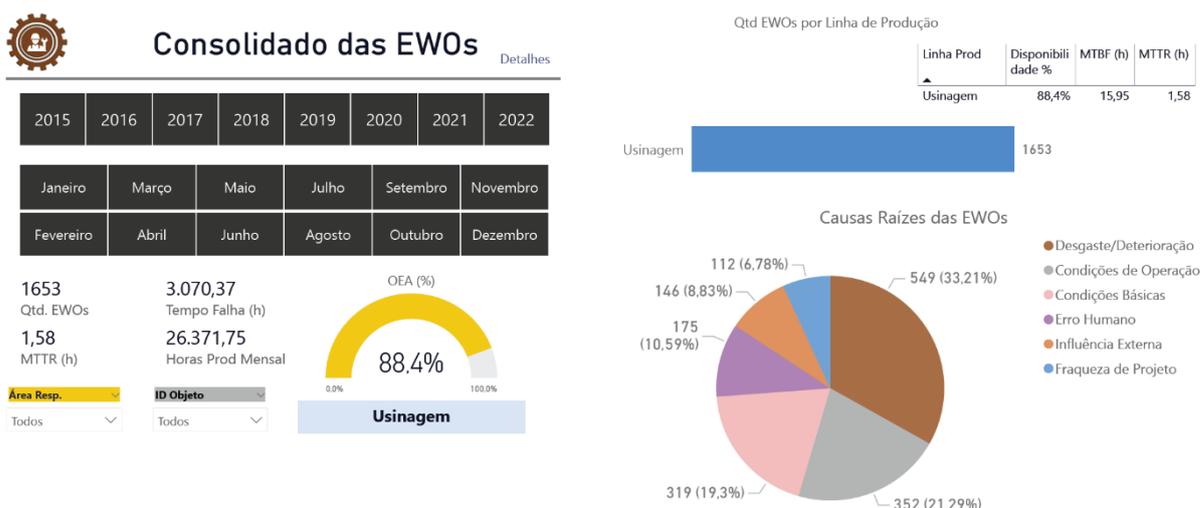
- Análise dos documentos de manutenção dos equipamentos da área de usinagem;
- Identificar as prioridades em investimento de máquinas e peças sobressalentes;
- Preparação do plano de investimentos para os próximos 5 anos na área de usinagem;
- Aplicação de metodologia - Ciclo IDEA - na área de manutenção e engenharia de manutenção da empresa em estudo;
- Elaboração de um questionário para validação da metodologia Ciclo IDEA;
- Validar os resultados com a equipe de manutenção e engenharia de manutenção.

1.3 Justificativa

As áreas de logística e de manutenção industrial são cada vez mais desafiadas em buscar soluções para redução de custos e otimização de seus processos. A manufatura e as operações, que geralmente possuem o maior custo de capital humano, não devem perder a oportunidade de produzir seus produtos em detrimento a indisponibilidade das linhas de produção, máquinas ou equipamentos por problemas de manutenção ou falta de peças na borda da linha.

De forma geral, as áreas que compõem o processo produtivo buscam se qualificar para obtenção de resultados de classe mundial e, no departamento de manutenção, não é diferente. A figura 1, representa um painel de controle da área de usinagem com dados consolidados dos últimos 6 anos. Nesta figura, constam-se as principais informações referentes ao processo de usinagem com relação aos dados de manutenção. É um relatório gerencial, utilizando-se da plataforma do Power BI e possui muita flexibilidade de pesquisa, onde é possível selecionar por período, tipo de falha, equipamento, etc. Esta ferramenta facilita o entendimento por parte dos colaboradores da manutenção e produção com relação a criticidade e oportunidades de melhoria os processos.

FIGURA 1 - RELATÓRIO REFERENTE AO PAINEL DE CONTROLE E GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO NA ÁREA DE USINAGEM.



FONTE: O autor (2021).

A respeito das tipologias de falhas abordadas na figura 1, segundo a NBR 5462 (ABNT, 1994) define-se os termos relacionados com confiabilidade e

manutenibilidade de equipamentos. O primeiro deles é o conceito de falha que, segundo a norma, “é caracterizada pela incapacidade de um item em desempenhar uma função requerida”.

O relatório referente a figura 1, destaca as seguintes tipologias de falhas:

- Falha para recuperar e eliminar o desgaste – 33,19%.
- Falha na observação das condições de operações – 21%.
- Falta de condições básicas de PM – 19,31%.
- Influência Externa – 8,81%.
- Falha de Projeto – 6,81%.
- Erro humano na manutenção – 5,88%.
- Falta de condições básicas de AM – 4,97%.
- Erro humano do operador – 3,31%.
- Erro humano do especialista – 1,69%.

Identificam-se oportunidades, principalmente com os problemas referentes a manutenção profissional, que representam 58,38% das falhas/quebras por manutenção, onde consideram-se as seguintes:

- Falha para recuperar ou eliminar o desgaste;
- Falta das condições básicas do PM;
- Erro humano na manutenção.

Desta forma, justifica-se a implementação deste estudo de caso, onde as iniciativas referentes a obsolescência do parque fabril precisam ser revistas para a diminuição da incidência de falhas, e se porventura alguma falha ocorrer, o plano de manutenção e o almoxarifado de manutenção devem estar aptos a suportar as devidas ações por parte dos técnicos e da engenharia de manutenção.

Contudo, o planejamento técnico e o financeiro precisam serem elaborados, para a obtenção dos recursos e o alinhamento estratégico do negócio e também com o portfólio de projetos globais. Este projeto de obsolescência atenderia as expectativas tecnológicas referenciadas pela transformação digital e Indústria 4.0, e

ao fator de manutenibilidade dos equipamentos e no suporte ao desenvolvimento das pessoas em novas tecnologias e com aplicação de metodologias ágeis.

1.4 Organização da pesquisa

Este trabalho de dissertação foi estruturado de maneira a facilitar a compreensão e análise sobre o estudo de caso de obsolescência industrial na área de usinagem e sobre a implementação do projeto piloto de gestão na área de manutenção.

A pesquisa foi elaborada em 7 tópicos distintos conforme descrição a seguir:

1. **Introdução:** A Introdução da pesquisa enfatiza o momento crítico da pandemia do Covid-19 e o impacto global. Detalha o contexto e os objetivos e traz a justificativa para este trabalho.
2. **Fundamentação Teórica:** Engloba assuntos relevantes para o melhor entendimento da dissertação.
3. **Revisão Tecnológica:** Apresentação dos temas relacionados com a dissertação e sua relevância em aplicações práticas.
4. **Metodologia Aplicada e Materiais:** Nesta etapa, aborda-se como foi idealizado o projeto de obsolescência na área de usinagem, apresentando o uso das ferramentas e materiais utilizados.
5. **Estudo de Caso:** Nesta etapa, descreve-se como foi implementado o projeto de obsolescência com detalhamento dos passos e aplicação das ferramentas utilizadas.
6. **Apresentação dos Resultados Obtidos:** Abordagem referente aos resultados atingidos com esta dissertação e os detalhes sobre a aplicação do projeto piloto da metodologia Ciclo IDEA na área de manutenção e engenharia de manutenção.
7. **Conclusão do Trabalho:** É apresentada a conclusão final dos trabalhos com base na metodologia aplicada e nos resultados encontrados, além das recomendações e indicações para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

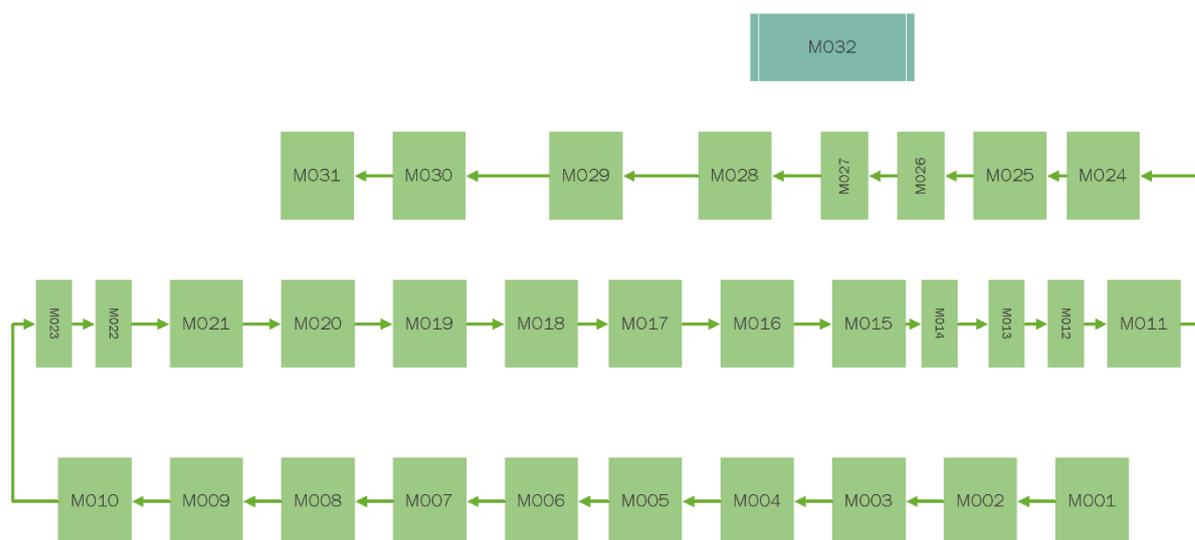
2.1 Processo de Usinagem

Segundo Machado (2009), até meados do século XVIII a madeira era o principal material utilizado para confecção de peças em engenharia, raramente utilizava-se aço-carbono e com a revolução industrial, mais materiais surgiram impulsionando o desenvolvimento dos tipos de aços e ligas metálicas, bem como das ferramentas de corte.

De acordo com Prado (2019), o termo usinagem é definido como um processo de fabricação que se inicia de uma peça bruta maior do que aquilo que se deseja produzir. Desta forma, com ferramentas de corte produz-se uma nova peça com as formas e dimensões desejadas. Este processo, é muito utilizado na área automotiva, na fabricação de eletrodomésticos e na fabricação mecânica em geral.

De forma básica e sumarizada, o processo de usinagem de uma linha de motores possui um sequenciamento, onde cada máquina tem sua responsabilidade. Segue como exemplo a descrição do processo de usinagem utilizada neste projeto, composto por 34 operações, representada pela figura 2.

FIGURA 2 - EXEMPLO DE UMA LINHA DE USINAGEM.



FONTE: O autor (2021).

O processo inicia-se de forma manual pelo operador, utilizando-se de talha elétrica. A transferência do bloco bruto ocorre pela esteira de entrada da primeira operação. Ao longo da linha de montagem temos 5 portais que são responsáveis pela transferência dos blocos entre as máquinas. Todo o processo é automatizado, inclusive a estação de tratamento do *coolant* (óleo utilizado para o processo de usinagem), onde ocorre a filtração do óleo e separação do cavaco.

A máquina CNC, tem como principal responsabilidade realizar os desbastes da face frontal e traseira do bloco e as furações dos indexadores para a pega do portal que transfere o bloco para a próxima operação, que faz a preparação dos diâmetros dos 6 cilindros do motor e faz também o desbaste da face do cabeçote do bloco.

Na próxima máquina, são realizadas as furações da face do cárter e o desbaste para encaixe da bronzina. Em sequência, é realizada a operação de “brochamento”, ou seja, é preparado o canal para a colocação da capa dos mancais do motor. A máquina a seguir é responsável pelas furações profundas de galerias de óleo. Então, a próxima operação realiza a verificação se os furos foram realizados corretamente na operação anterior. Em sequência, realiza-se as furações na face do cárter e do cabeçote.

A próxima operação, por sua vez é responsável pelas furações, onde serão montados os componentes externos do motor, tais como: mangueiras, tubos, abraçadeiras etc.

A operação seguinte, tem responsabilidade em realizar a usinagem das roscas da face frontal e traseira do bloco. A operação seguinte, realiza as furações e roscas laterais e frontais do bloco. E por sua vez, a máquina seguinte é responsável por furação e rosqueamento das faces laterais.

A próxima operação, também realiza furações e rosqueamento para a fixação das capas dos mancais. Na sequência, a próxima máquina, tem responsabilidade de limpeza dos furos onde serão montadas as capas dos mancais. A operação seguinte realiza as montagens das capas dos mancais. Na próxima, usina-se o diâmetro dos mancais e é o local onde será alojado o virabrequim do motor.

Na sequência de operação, realiza-se a medição dos mancais que foram usinados na operação anterior e libera para o próximo processo, que ocorre na seguinte operação e que tem como responsabilidade algumas furações nas laterais do bloco. A próxima operação, é o equipamento gargalo da linha de produção e é responsável por fazer o acabamento nas laterais do bloco e preparar para a usinagem

dos cilindros que será realizado no processo seguinte e realiza a furação e rosca na face do cabeçote do motor.

Na sequência, realiza-se o acabamento dos diâmetros dos cilindros e da face do cárter. A operação seguinte, possui dois robôs responsáveis pela rebarbação das partes usinadas do bloco. Em sequência, ocorre-se o processo de lavagem geral do bloco. A próxima máquina é responsável pela secagem a vácuo do bloco usinado. E para concluir o processo de usinagem de blocos a última operação é responsável pela inspeção visual e liberação do bloco para a linha de montagem.

2.2 Obsolescência na Manutenção Industrial

Segundo Lima e Barreto (2004), inovar, criar ou mudar significa realizar uma alteração a partir de algo já existente e que com o passar do tempo necessita se submeter as alterações tecnológicas para garantir a competitividade no negócio. A necessidade tecnológica força a inovação de forma que as empresas precisem estar preparadas em termos de investimento e capacitação técnica aos colaboradores.

O desenvolvimento socioeconômico das organizações ocorre, a partir do entendimento dos empresários sobre a dedicação na implementação de um plano de negócios e de investimentos sustentáveis para alavancar os avanços em tecnologia.

Na década de 90, identificaram-se maior flexibilidade, modernização e humanização após o investimento em ações para melhorar a estrutura organizacional, os métodos de gestão de pessoas e as implementações das novas tecnologias (JUNIOR, 2004).

De acordo com Leite (2007), em alguns casos, a inovação de máquinas e equipamentos se faz necessária, não somente para alterações ou desenvolvimentos de novos produtos, mas devido a obrigatoriedade em adequação tecnológica de partes das máquinas, em especial nos dispositivos eletrônicos ou de automação industrial. Neste caso, utilizamos o processo de *retrofit*, que significa, alterar parte das máquinas que precisam passar por alterações, preservando as partes mecânicas, as quais, podem manter as suas condições básicas.

De acordo com Pingle (2015), o efeito da obsolescência envolve altos custos para manutenção do ciclo de vida dos equipamentos. Uma estimativa da US Navi em 2015, apresenta custos em torno de \$750 milhões anualmente. Desta forma, a gestão da obsolescência é definida como:” Atividades que são realizadas para mitigar os

efeitos da obsolescência”. A figura 3, qual foi adaptada do IEC – 62402, 2004 e mostra o processo do gerenciamento da obsolescência.

FIGURA 3 - PROCESSO DE GERENCIAMENTO DA OBSOLESCÊNCIA.



FONTE: Adaptado da seleção da estratégia de resolução de obsolescência com base em um modelo de decisão de vários critérios (Pingle, 2015).

O ciclo acima, referente ao processo de gerenciamento da obsolescência, é baseado no conhecido ciclo PDCA, onde, cada uma das letras descreve a ação a ser realizada. Neste caso, o PLANEJAR faz referência ao planejamento do projeto ou atividades. FAZER refere-se ao ato a ser realizado ou implementado. CHECAR significa a verificação da eficácia das ações implementadas e o AGIR seria a padronização e o fechamento do ciclo.

Outro ponto a considerar seria a gestão de projetos que é uma atividade que faz parte do dia a dia das organizações, sendo para desenvolver novos produtos, adequações industriais, alterações de *layout* ou substituição de máquinas e revitalização de linhas de produção. Normalmente, as organizações de grande porte possuem departamentos responsáveis por gerir projetos e manutenção dos processos de manufatura. Empresas de menor porte costumam contratar empresas terceirizadas ou consultorias para suporte na tomada de decisões, onde envolvem alterações nos processos industriais e aquisição de novos equipamentos. A vantagem em possuir um departamento dedicado para atentar-se as tendências tecnológicas é que pode se definir o planejamento estratégico a médio e longo prazo, para a tomada de decisão

assertiva em linha com as necessidades do negócio, economizando em tempo, dinheiro e principalmente desenvolvendo as pessoas.

Trabalhar em alinhamento com as premissas da organização em referência ao planejamento estratégico, quando envolve muitas pessoas e vários departamentos, é sempre um desafio. Para tal, a implementação de metodologias ágeis e ferramentas de gestão de projetos são fundamentais para o atendimento dos objetivos e clareza na comunicação. De acordo com o Project Management Institute (2004, p.05) o projeto “é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo”. Os projetos devem ser “conduzidos por pessoas para atingir seus objetivos respeitando os parâmetros de prazos, custo e qualidade”, extraído do artigo escrito por Thielmann e Silva (2013).

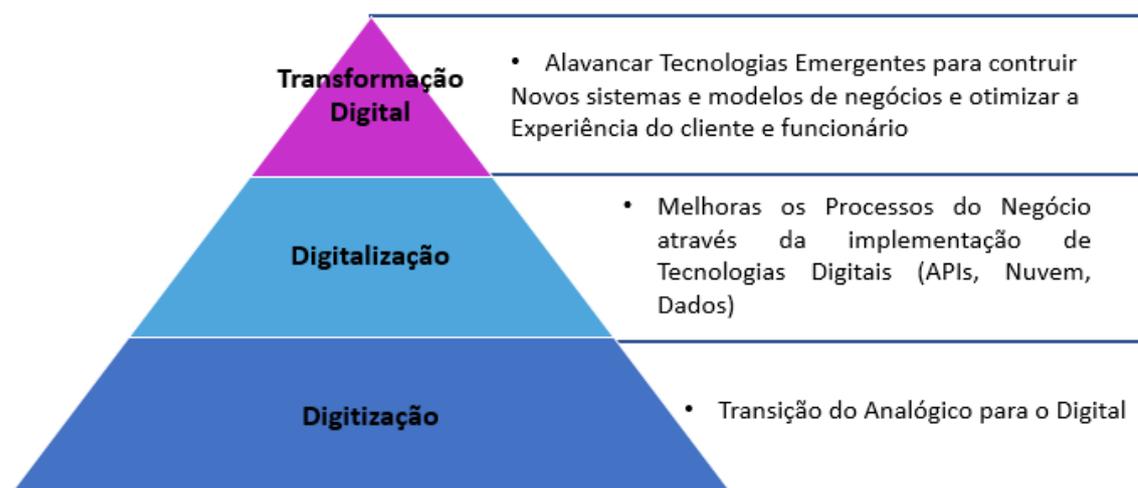
2.3 Gestão do Conhecimento e Transformação Digital

Segundo Cieslak (2019), no livro *Gestão do Conhecimento e Inovação*, apresenta-se uma abordagem sobre como empresas com cultura inovativa, interage a respeito de boas práticas e trocas de experiência, conhecimento e inovação. Desta forma, fortalece que a cooperação e o trabalho em equipe estão intimamente ligados à estratégia corporativa e é transversal a todas as pessoas e processos.

Conforme, Magalhães (2021) a área de recursos humanos possui o papel fundamental em suportar a liderança a criar e manter o ambiente seguro e inclusivo, onde os times são envolvidos desde o início na participação no processo de transformação das organizações com visão em tecnologia, inovação e modelos ágeis.

Tratando de tecnologia e inovação, a gestão do conhecimento é a base para se alcançar voos mais altos no que diz respeito a competitividade no nosso negócio e a retenção dos nossos talentos. Atentos às demandas da transformação digital e da importância em entender quais são as necessidades para os profissionais do momento presente e do futuro, a seguir temos a figura 4, ilustrando as 3 principais fases deste processo para o atingimento da transformação digital.

FIGURA 4 - FASES DE IMPLEMENTAÇÃO DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL.



FONTE: Adaptado de Prabhakar (2020).

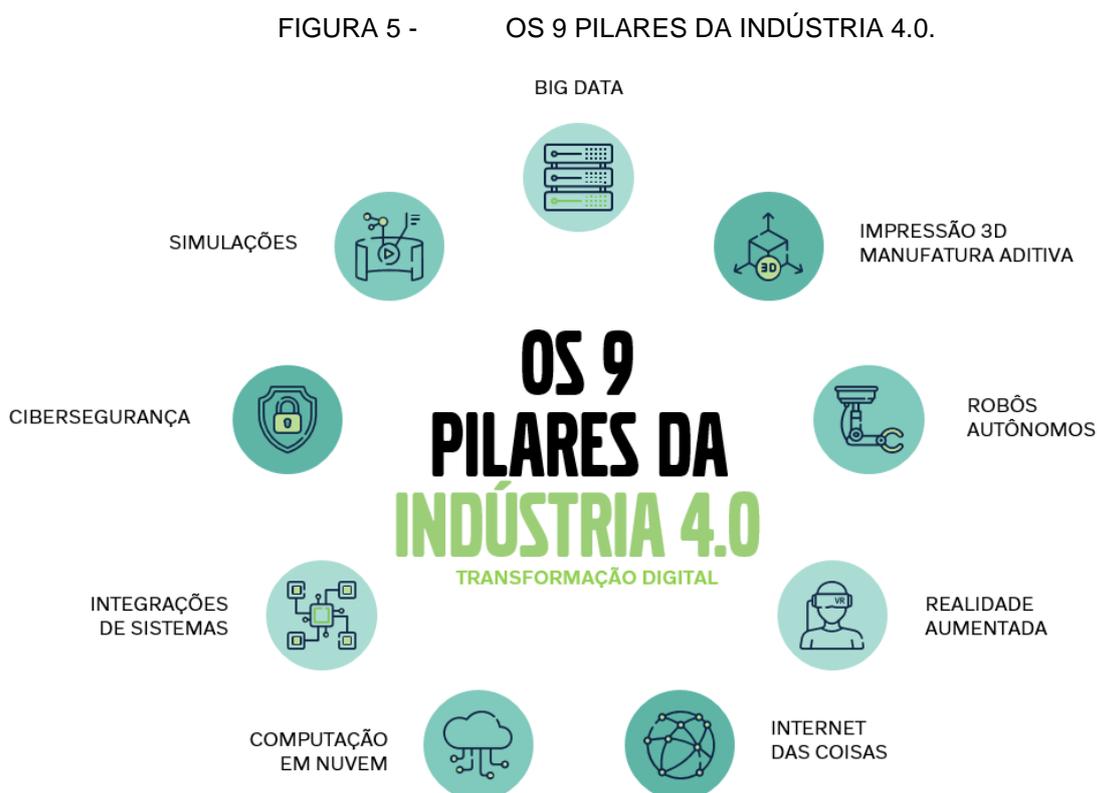
Segundo Prabhakar (2020), no artigo, Transformação Digital, Digitização e Digitalização, o autor difere os níveis de maturidade de implementação e clarifica estes níveis a fim de situar os objetivos das organizações com base no entendimento do nível de inovação e tecnologia a ser empregado por fases e de acordo com a necessidade ou de recursos humanos, técnicos e financeiros.

De acordo com Fernandes (2019) a PWC (PricewaterhouseCoopers), define a digitização como um termo utilizado para representar a transformação das empresas por meio das ferramentas digitais, partindo do zero ou por meio de transformações profundas em sua estratégia e nos instrumentos que a habilitam, tais como processos, estruturas, sistemas e ferramentas de colaboração. Esta palavra difere de “digitalização”, mais associada à passagem de dados físicos para algum formato digital. Ambas as palavras fazem parte do contexto da transformação digital.

Com base neste entendimento, é possível perceber que para cada nível de implementação há necessidade de conhecimentos diferentes, é escalar e necessita de um plano de desenvolvimento de competências para os colaboradores e, em alguns casos, também a criação de posições ou funções mais ligadas ao desenvolvimento de iniciativas em transformação digital, a fim de acelerar este processo e conectar o cliente como o maior beneficiário deste desenvolvimento, recebendo produtos ou serviços com alto padrão de qualidade e custo benefício.

2.4 Os 9 Pilares da Indústria 4.0

De acordo com o site da WEG, uma empresa brasileira do setor elétrico e de automação industrial, o termo Indústria 4.0 foi mencionado pela primeira vez na feira de Hannover, em 2011, em virtude de um projeto de estratégia de alta tecnologia na Alemanha, país que é referência em inovação tecnológica. A seguir, temos a figura 5 que retrata os 9 pilares da Indústria 4.0.



FONTE: Adaptado de Lorenz (2015).

Os 9 pilares da Indústria 4.0, segundo Lorenz (2015) são definidos da seguinte forma:

- Robôs Autônomos – Também conhecidos como robôs inteligentes ou colaborativos. São capazes de realizar tarefas no mundo por si só sem controle humano explícito;
- Simulações – É definida como a imitação da operação de um processo ou sistema em ambiente virtual, sendo uma das principais referências da Indústria 4.0;

- Integrações de Sistemas – Entende-se como a integração de vários sistemas de TI para o apoio e implementação de diferentes processos de agregação de valor;
- Internet das Coisas – Tem como premissa a integração de objetos físicos e virtuais em redes conectadas a Internet permitindo a coleta, troca e armazenagem de dados que, após processados e analisados, gerem informações que possam otimizar o relacionamento entre humanos com objetos e máquinas;
- Cibersegurança – Comunicações confiáveis e seguras, bem como identidades sofisticadas e gestão de acesso de máquinas e de usuários serão essenciais (Rubmann, 2015);
- Computação na Nuvem – O armazenamento na nuvem possibilita recursos e serviços de armazenamento baseados em servidores remotos;
- Impressão 3D Manufatura Aditiva – Stucker (2014) define Manufatura Aditiva como uma técnica automatizada para a conversão direta de dados CAD 3D em objetos físicos usando uma variedade de abordagens. As indústrias utilizam essa tecnologia para reduzir os tempos de ciclo de desenvolvimento de seus produtos e obtê-los no mercado de forma mais rápida;
- Realidade Aumentada – A estratégia na indústria 4.0 é integrar toda a cadeia de valor para atender uma demanda crescente da indústria mundial e a RA é uma das principais novas tecnologias abordadas por esse conceito por ajudar os processos industriais a se tornarem mais inteligentes;
- Big Data – A coleta e avaliação abrangente dos dados de várias fontes diferentes em tempo hábil vai se tornar procedimento padrão para a tomada de decisão em tempo real (Rubmann, 2015).

As principais vantagens da implementação da Indústria 4.0, de acordo com a empresa WEG (2019) seriam:

- Aumento da produtividade e economia;
- Maior capacidade de prever falhas no processo;
- Descentralização do controle dos processos produtivos;

- Integração de toda a cadeia de produção e logística;
- Processos de manufatura mais flexíveis e autoajustáveis às demandas customizadas;
- Capacidade de análises e operações em tempo real;
- Redução do tempo de equipamento parado;
- Melhores condições de trabalho.

Neste contexto de transformação digital e Indústria 4.0 temos a Inteligência Artificial e a *Machine Learning*, como ferramentas para a tratativa dos dados através de algoritmos e suporte na tomada de decisão utilizando as informações ou dados dos equipamentos.

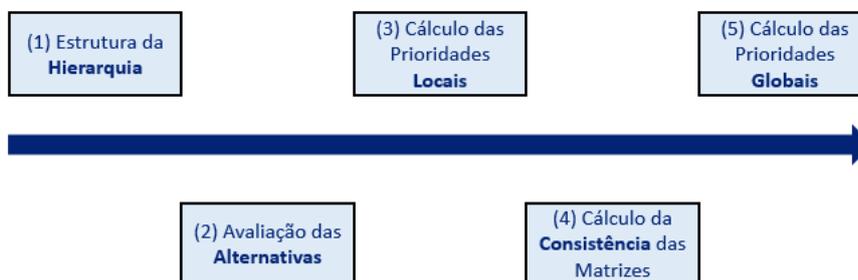
Usualmente, a Inteligência Artificial vem sendo utilizada com êxito para solucionar problemas, identificação de falhas e na automatização de trabalhos, segundo Gomes (2018). O *Machine Learning* é uma modalidade da inteligência artificial que apresenta a ideia que sistemas podem aprender com as máquinas e tomar decisões sem a interferência do homem. Por outro lado, o *Deep Learning* define que após as máquinas terem a capacidade de reconhecer padrões, elas podem também criar padrões e conectar-se com diferentes tipos de dados. Ou seja, abre uma infinidade de opções para utilização destas ferramentas no ambiente industrial, em especial, em projetos que envolvem obsolescência.

2.5 Análise Hierárquica de Processo

Segundo Saaty (1980), para a solução de um problema é importante medir todos os fatores sendo eles tangíveis ou supostamente intangíveis de forma quantitativa ou qualitativa. O Método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) é um método multicritérios muito útil no auxílio à tomada de decisões, em virtude do seu caráter de distribuição de pesos entre os critérios pré-estabelecidos. Foi desenvolvido na década de 1970 pelo professor e matemático Thomas Lorie Saaty.

Para a implementação do Método AHP, seriam necessários um total de 5 Passos, de acordo com Saaty (1980), representados pela figura 6.

FIGURA 6 - PASSOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO AHP.



FONTE: Adaptado curso Udemty ministrado pelo professor Edson Pacholok (2019).

Segue o breve descritivo sobre cada um dos passos.

1º Passo - Definir a sua hierarquia do problema, ou seja, qual o objetivo, ou quais os critérios de análise e quais são os objetos de análise aos quais serão atribuídos os critérios.

2º Passo - Serve para atribuir o valor de cada um dos critérios, para cada um dos objetos e na sequência calcular uma matriz de comparação par a par, para termos os valores das prioridades locais.

3º Passo - Deve-se voltar aos critérios iniciais e avaliar quais são os pesos de prioridades entre eles, e pode ser obtido em três formas: Aproximado, geométrico e autovalor. Por exemplo: O critério A tem um peso 2 vezes maior que o B, que por sua vez tem o peso 3 vezes maior que o C.

4º Passo - Complementa a análise do terceiro, em suma, é calculado o Índice CR (*Consistency Ratio*) referente a consistência da matriz que visa entender se os comparativos dos critérios têm pesos coerentes. Se C1 é mais preferível que C2 e C2 é mais preferível que C3, seria incoerente afirmar que C3 seja mais preferível que C1. Pela teoria de Saaty (1980), esse valor da razão deve ficar na faixa de 10%. A figura 7, apresenta a fórmula de correlação.

FIGURA 7 - FÓRMULA DO COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO.



FONTE: *Udemy* curso sobre análise hierárquica de processo para *Python* ministrado pelo professor Edson Pacholok (2019).

5° Passo - Tendo o peso para cada um dos critérios individualmente para cada objeto de análise e a referência global desse critério, podemos calcular as prioridades globais, as quais vão definir quais serão os itens mais críticos, ou que tenham o maior número AHP.

Seguindo os cinco passos descritos, obtêm -se o resultado AHP para auxiliar na tomada de decisão complexa em qualquer área de atuação, tais como: Governo, negócios, indústria, saúde ou educação.

2.6 Metodologias Ágeis

A metodologia ágil surgiu das empresas de tecnologia da informação e de acordo com Beedle (2001), neste ano foi assinado o “Manifesto para o Desenvolvimento Ágil de Software”. Estabeleceram-se 4 fundamentos chave:

- Indivíduos e interações acima de processos e ferramentas;
- Software funcionando acima de documentação abrangente;
- Colaboração com o consumidor/cliente acima de negociação de contratos;
- Resposta às transformações/mudanças, mais do que seguir o plano.

E mais 12 princípios:

1. Ter como prioridade a satisfação do cliente por meio de entregas de valor contínuas e rápidas;
2. Ser receptivo a alterações nos requisitos em qualquer fase do processo. Aliás, ambientes mutáveis são empregados em toda etapa do projeto para entregar ao cliente vantagem competitiva;
3. Realizar entregas frequentes (do produto ou serviço) no menor tempo possível;
4. Manter a colaboração das partes envolvidas em todo o projeto, diariamente;
5. Fornecer o ambiente, as ferramentas e o suporte necessários aos indivíduos do projeto, além de acreditar neles para realizar as atividades;
6. Estimular a comunicação pessoal, que transmite as informações necessárias ao time de colaboradores, sendo o meio mais eficiente. Nesse ponto, atenção especial para reuniões presenciais, consideradas mais eficazes para o sucesso do projeto;
7. Um produto final de trabalho corresponde à medida final do êxito. No caso da tecnologia, a medida primária de progresso consiste no software em funcionamento;
8. Os profissionais envolvidos no processo precisam manter um ritmo constante, de modo indefinido, pois fluxos ágeis estimulam um desenvolvimento sustentável. Da mesma maneira, o desenvolvimento sustentável é feito por intermédio de processos ágeis, por meio dos quais as partes interessadas conseguem manter um ritmo contínuo e cíclico;
9. Manter atenção frequente à excelência de design e técnica eleva ou aprimora a agilidade;
10. Eliminar o máximo de esforços que não geram valor ao produto, pois a simplicidade é fundamental;
11. Equipes auto-organizáveis propiciam os melhores designs e arquiteturas, além de atenderem aos requisitos do projeto,
12. Por meio de intervalos regulares, o time de colaboradores do projeto reflete sobre como melhorar a sua eficiência e eficácia para otimizar o seu comportamento.

Existem várias metodologias ágeis, as quais se adequam às necessidades das organizações ou atividade. Seguem alguns exemplos:

- *Kanban*;
- *Scrum*;
- *Design Thinking*;
- *Lean*;
- *DSDM (Dynamic Systems Development Method)*;
- *FDD (Feature-driven Development)*;
- *ASD (Adaptative Software Development)*;
- *SAF (Scaled Agile Framework)*.

Segundo Furuhielm (2015), a Saab, empresa Sueca de defesa e segurança, introduziu as metodologias ágeis em 2005. Eles iniciaram a implantação com times pequenos, utilizando o *Scrum* que é uma das ferramentas mais utilizadas no desenvolvimento de *software*, a qual é segmentado em ciclos mensais.

O nível de maturidade dentro dos conceitos do ágil é considerado, criando maior autonomia aos times e colaboradores. Na Saab, os times possuem um ritmo comum e o rigor na implantação e no acompanhamento das atividades, reforçam o alinhamento e comprometimento da entrega das atividades de acordo com o planejado.

As metas são estabelecidas por trimestre e existe um sistema estruturado de reuniões para checagem e escalonamento quando necessário. O *feedback* frequente, garante o aperfeiçoamento do processo de desenvolvimento do produto ou projeto.

Na metodologia ágil, o planejamento estratégico é “vivo” com constante necessidade de modificação, isso força o time estar atento à execução e as oportunidades que surgem durante o desenvolvimento do projeto. Não há micro gerenciamento e plano de longo prazo.

Em suma, a prática ágil na Saab traz inúmeros benefícios para os colaboradores que priorizam as mais importantes atividades, diminuindo os riscos na fase de implementação e criando uma excelente atmosfera para o desenvolvimento, engajamento e comprometimento do time, em consequência a produção de aeronaves com custo reduzido e excelentes padrões de qualidade.

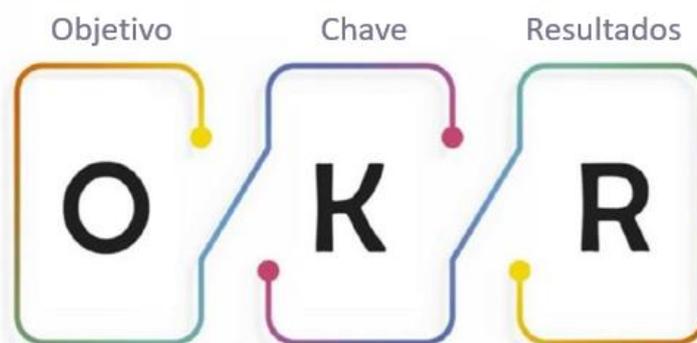
2.7 OKR – Objetivos e Resultado Chave

As empresas Intel, Google, Amazon, Microsoft, LinkedIn, Netflix, Facebook, Spotify e as fundações Bill e Melinda Gates têm em comum o uso da metodologia OKR, pois acreditam que esta metodologia tem o princípio organizador para as empresas, especialmente na era digital.

Enfatiza-se a empresa Google no aspecto quebra de paradigma. No início da empresa seus fundadores os engenheiros Larry Page e Sergey Brin, segundo Doerr (2019), no livro *Avalie o que Importa*, relata que eles tinham como meta “Organizar as informações do mundo e torná-las universalmente acessíveis e úteis”. A figura 8, apresenta o significado de OKR.

FIGURA 8 - DEFINIÇÃO DA OKR.

Objetivos e Resultados Chave
(Ou pela sigla : OKR) é um framework de atingimento de objetivos utilizado individualmente ou por times / organizações cujo objetivo é mensurar metas atingíveis e acompanhar suas evoluções.



FONTE: Adaptado de Digital Cubic (2022).

Com esta ideia de John Doerr, a Google implementou a metodologia OKR em sua estratégia corporativa. Esclarece-se o que significa OKR's na visão dele: “Uma metodologia de gestão que ajuda a garantir que a empresa concentre esforços nas mesmas questões importantes em toda a organização”.

O lendário CEO da Intel o Andy Grove é considerado o pai das OKR's pelo John Doerr, por ter conseguido mudar o patamar da empresa e definido a OKR como ferramenta estratégica em sua gestão. Doerr (2019) conta que Peter Drucker na década de 1950, desenvolveu a metodologia MBO (*Management by Objectives*) que originou as OKR's e Andy Grove implementou as OKR's na Intel com base nas MBO's na década de 70.

Entre todas as empresas usuárias das OKR's, a Google, pode-se dizer que se tornou a mais popular pela forma de administração e marketing dos seus negócios sempre buscando o pioneirismo.

Em suma, é possível dizer que a metodologia OKR é aplicável para organizações de qualquer setor com e sem fins lucrativos. O fortalecimento do senso comum, a busca pela solução de problemas e à agilidade de implementação, bem como a facilidade de acompanhamento das ações, tornam os resultados uma consequência e trazem satisfação aos colaboradores, pois ações e dados são o Norte para o atendimento dos objetivos e os gestores, nesta metodologia, são mais ativos podendo ser *coachings* e mentores, suportando as iniciativas.

2.8 Lean Manufacturing

Segundo Liker (2007), o sucesso da Toyota está bem documentado e para garantir o sucesso de um projeto, solução de um problema complexo, iniciativa ou uma alteração de processo, é preciso seguir os princípios do *Lean Manufacturing*, em todas as suas etapas. A partir desta consideração, reconhecemos ao longo dos últimos 30 anos que as grandes empresas adotaram os princípios do TPS (*Toyota Production System*), ou em português STP (Sistema Toyota de Produção), em seus processos e também adaptaram esta filosofia criando o seu próprio sistema *Lean*, como por exemplo: A Electrolux, líder mundial em fabricação de eletrodomésticos que desenvolveu o EMS (*Electrolux Manufacturing System*), ou em português Sistema de Manufatura Electrolux, a Bosch criou o BPS (*Bosch Production System*), ou o Sistema Bosch de Produção. Complementando-se, tem-se a Volvo, empresa da área automobilística, que adaptou o VPS (*Volvo Production System*), ou o Sistema Volvo de Produção.

O sistema *Lean* de forma geral, foi sendo condicionado em todos os níveis e áreas das organizações, possibilitando otimizações de tempo, recursos financeiros e estabelecendo padronizações na forma de realizar as tarefas. Os conceitos básicos de 5S ou organização do local de trabalho até a implementação de ferramentas de gestão e controle são exemplos de sucesso em organizações que aplicam esta metodologia de trabalho.

“Nós não construímos apenas carros, nós construímos pessoas” (Liker, 2007). É uma frase impactante, onde ressalta um dos principais valores do STP que é o

desenvolvimento das pessoas nas organizações, ou seja, a criação da cultura *Lean* com todo o seu significado e empoderamento. Por isso, a importância em interligar fortemente os conceitos de inovação e transformação digital com a preparação das pessoas para gerir o negócio com harmonia, respeitando os princípios técnicos, de processos, de projetos e principalmente de pessoas.

2.9 WCM (World Class Manufacturing)

O WCM é oriundo do *Lean Manufacturing* com base nos princípios da melhoria contínua dos processos industriais, da engenharia industrial e de manufatura. Tem como base critérios e padrões mundiais para validação e verificação desta metodologia.

A metodologia do WCM foi criada pelo Dr. Hajime Yamashina e difundida a partir de 1982 por Richard Schonberger, que foi o precursor nos Estados Unidos das tendências da indústria japonesa no processo automotivo.

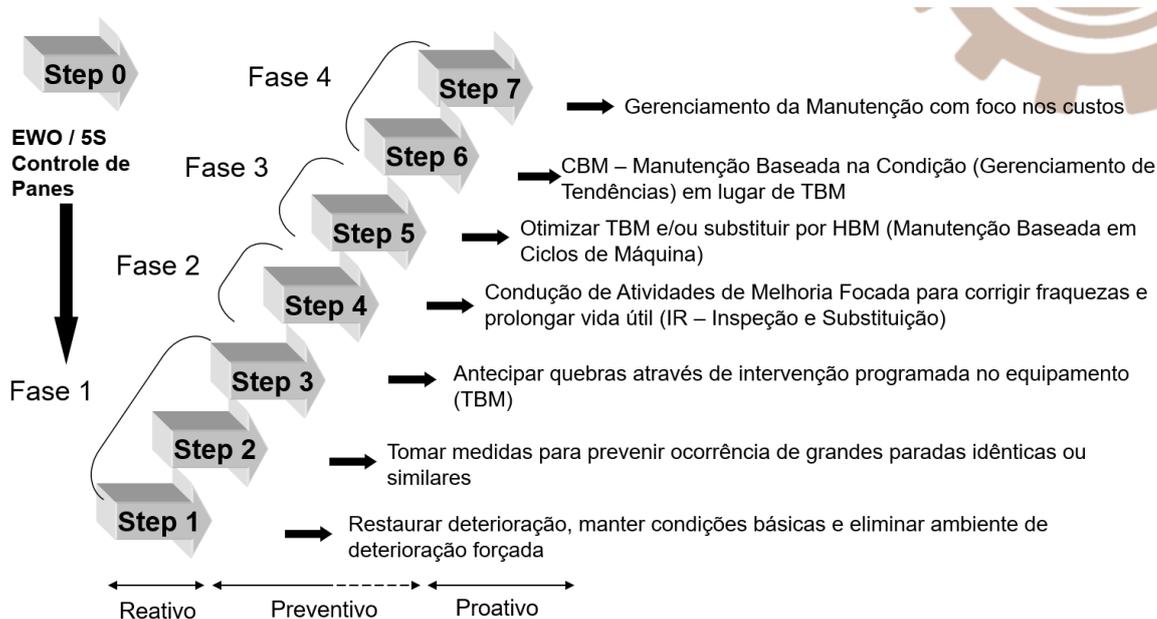
A sua aplicabilidade é verificada através de ferramentas diversas baseadas no controle da qualidade, soluções de problemas, monitoramento de processos e também auditorias das áreas operacionais e de suporte à operação.

2.10 Tipos de Manutenção Industrial

Dentro da filosofia *Lean*, a manutenção industrial segue as diretrizes do WCM e tem como prioridade o atendimento das premissas baseadas nos 7 passos da Manutenção Profissional (PM) para implantação e gestão da área.

O objetivo da manutenção profissional é maximizar a confiabilidade e a disponibilidade do equipamento a um custo economicamente viável, eliminando as atividades de manutenção não planejadas ou manutenções emergenciais, buscando “zero perdas” por quebra ou falha de equipamentos trabalhando em conjunto com os pilares do AM (Manutenção Autônoma) e da qualidade. A seguir, tem-se a figura 9 com os 7 passos da manutenção profissional.

FIGURA 9 - 7 PASSOS DA MANUTENÇÃO PROFISSIONAL.



Com base na descrição dos 7 *steps* da manutenção profissional, podemos aplicar o tipo correto de manutenção de acordo com a classificação das máquinas, o plano de manutenção e sistema de gestão de manutenção.

2.10.1 Sistema de Gestão da Manutenção CMMS

Para a gestão da manutenção tem-se os sistemas baseados no CMMS (*Computerized Maintenance Management System*). Estes sistemas são específicos e criados para informatizar, gerenciar e otimizar uma série de procedimentos do setor de manutenção e almoxarifado. Integrados a toda a grade de processos, agilizam o trabalho dos colaboradores e permitem que outros setores acompanhem, através de gráficos e relatórios, a performance das áreas contempladas por seus serviços.

Fazendo uso de tais softwares, torna-se possível realizar o levantamento de diversos indicadores de manutenção e obtendo informações precisas sobre o desempenho da manutenção na empresa.

2.10.2 Manutenção Corretiva

Segundo Pinto e Nascif (2001), a manutenção corretiva é o tipo de manutenção que gera maior impacto ao processo produtivo, pelo fato de não ser uma

parada planejada e interrompe o lucro contínuo da organização. Este tipo de manutenção ocorre devido à falta de percepção ao risco de parada, falha na análise dos indicadores de desempenho ou diagnóstico de falha ou pela não execução do plano de manutenção preventiva. Uma quebra ou falha inesperada precisa ser investigada e diagnosticada com a sua causa raiz validada, para que haja a possibilidade de evitar a recorrência da mesma e a geração de contramedidas para revisão, inclusão de atividades no calendário de manutenção profissional e autônoma e com acompanhamento pelo time da engenharia de manutenção.

A ferramenta que utilizamos para analisar a quebra ou falha chama-se EWO (*Emergency Work Order*), conforme a figura 10.

FIGURA 10 - DOCUMENTO EWO (EMERGENCY WORK ORDER).

| Ordem de Serviço Emergencial (EWO) | | | | | | | | | | N° | | |
|---|-------------------|------------------|----------------|----------------------|--|---|------------------------------|--------------|-------------------------|--------------------|-------------------|--|
| Localização e Área: | | Equipamento: | | Estação: | | Conta: | | Aceite | Aprovação | Sistema | | |
| | | | | NC | | 5511-01 | | Produção | Manutenção | Controle | | |
| Solicitante: | | Atendido por: | | Data/Hora da emissão | | | | | | | | |
| Problema: | | | | | | | | | | | | |
| Descrição do Problema / Anomalia | | | | | Descrição da Intervenção (Constramedidas) | | | | | | | |
| 5W1H (coleta de dados/fatos na máquina) | | | | | Descrição e Esboço ou Desenho do Fenômeno Baseado no 5W1H | | | | | | | |
| Definição do Fenômeno (Defeito) | O que: | | | | | | | | | | | |
| | Quando: | | | | | | | | | | | |
| | Onde: | | | | | | | | | | | |
| | Quem: | | | | | | | | | | | |
| | Qual Frequência: | | | | | | | | | | | |
| | Como: | | | | | | | | | | | |
| Listagem e Teste de Possíveis Causas | | | | | OK / NOK | Análise da Causa Raiz (5 Por quês) - no teste NOK | | | | | OK / NOK | |
| 1- | | | | | 1- | | | | | | | |
| 2- | | | | | 2- | | | | | | | |
| 3- | | | | | 3- | | | | | | | |
| 4- | | | | | 4- | | | | | | | |
| 5- | | | | | 5- | | | | | | | |
| Componentes Utilizados: | | | | | | | | | | | | |
| Ações Complementares | | | Quem | Quando | | | | | | | | |
| | | | | | <p>Desgaste ou Deterioração Sobrecarga ou Uso Anormal Sub-Dimensionado</p> <p>Falha para Manter Condições Básicas > Contaminação > Lubrificação > Aberto</p> <p>Falha na Observação das Condições de Operação > Temperatura nok > Pressão nok > Ajustes e desvios > Diferença</p> <p>Falha para Restaurar/ Eliminar Deterioração > Desgaste em: Componente Elétrico Componente Mecânico > Ausência de</p> <p>Habilidade Insuficiente do Operador ou Manutentor > Erro Humano Operação > Erro Humano Manutenção > Erro Humano Especialista</p> <p>Fraqueza do Projeto > Erro ou Fraqueza de Projeto ou Construção</p> <p>Influência Externa > Compon. Novo > Meio Ambiente > Matéria Prima > Utilidades (ex. energia, combustíveis, etc.)</p> | | | | | | | |
| Ações de Sustentação | | | Quem | Quando | <p>Expansão</p> <p>AM - Implementar ou rever o calendário de AM</p> <p>PD - Restabelecer a máquina ou criar e treinar OPL / SMP:</p> <p>PM - Implementar ou rever o calendário de PM</p> <p>PD - Analisar a causa raiz do erro humano e/ou rever matriz conhecimento</p> <p>FI/EEM - Implementar melhoria ou novo projeto aperfeiçoar a TS via Mpi</p> <p>PM - Informar a Engemman para contactar fornecedor</p> | | | | | | | |
| MTTR | Dia e Hora Início | Dia e Hora Final | Tempo Operador | Tempo Segurança | Tempo Deslocamento | Tempo Diagnóstico | Tempo Ferramentaria e Almox. | Tempo Reparo | Tempo Teste e Liberação | Tempo Total Reparo | Tempo Máq. Parada | |
| | | | | | | | | | | | | |
| Mão de Obra | Dia/Mês | | | | | | | | | | | |
| | Centro de Custo | | | | | | | | | | | |
| | Horas | | | | | | | | | | | |
| | Executante | | | | | | | | | | | |
| Outros Comentários | | | | | | | | | | | | |

FONTE: O autor (2021).

No formulário EWO, temos informações importantes que serão armazenadas no nosso sistema de manutenção CMMS para histórico e futura consultas. A EWO é o documento mais importante dentro do processo de manutenção e uma das mais primordiais dentro da filosofia do WCM, pois é onde registra-se a origem de todo o problema que geram perdas e serão utilizadas no pilar do desdobramento de custos, para a abertura de projetos de melhoria.

2.10.3 Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva ou TBM (Manutenção Baseada no Tempo) é importante para minimizar os riscos de falhas em máquinas e linhas de produção. Existem 2 formas de atuação para a manutenção preventiva, podendo ser de inspeção ou de execução.

A manutenção de inspeção ou detecção pode ser realizada com o equipamento em funcionamento, ou seja, não possui intervenção e pode ser realizada pelo grupo da manutenção profissional ou pela manutenção autônoma, via operador. As principais atividades são:

- Verificações básicas de componentes elétricos e mecânicos;
- Vazamentos de mangueiras e sistemas hidráulicos;
- Vazamentos de ar comprimido;
- Verificações de níveis do reservatório de óleo;
- Limpeza do equipamento.

Estas atividades têm a finalidade de reduzir quebras de máquina por falha nas condições básicas de operação.

Por outro lado, a manutenção preventiva de execução possui um plano detalhado e um cronograma específico para cada equipamento ou subsistema da máquina. É uma manutenção com custo considerável em até 3 vezes superior ao custo da manutenção preditiva e pode ser aplicada em apenas 11% dos equipamentos. A sua aplicação é indicada apenas aos equipamentos onde as falhas estão relacionadas diretamente a idade do equipamento, Segundo Teles (2019).

Um bom plano de manutenção preventiva precisa observar os eventos relatados nas EWO's para que seja realizada continuamente a revisão destes planos de manutenção com inclusões de atividades que não haviam sido previstas previamente, possibilitando a não reincidência destas falhas. Desta forma, a inclusão de verificação de componentes e substituições de peças em tempos determinados, contribuiu para que as máquinas trabalhem de forma supervisionada e minimizando perdas nos processos produtivos.

As ordens de manutenção preventiva são disparadas de acordo com o calendário da manutenção profissional dentro do sistema do CMMS, onde geram às demandas semanais para o planejamento e execução das atividades.

2.10.4 Manutenção Preditiva

Segundo Teles (2019), a manutenção preditiva ou CBM (Manutenção Baseada por Condição) é o tipo de manutenção menos invasivo e de menor custo comparado com a manutenção preventiva. É o tipo de manutenção baseado em dados para suporte na decisão de como e quando intervir no equipamento. Há necessidade de mão de obra especializada para a realização de análises dos relatórios e históricos dos equipamentos. Os principais tipos de manutenção preditivas são:

- Análise de óleo hidráulico;
- Termografia de componentes, cabos elétricos e painéis;
- Análise de vibração de motores e fusos de máquinas;
- Ultrassom.

O principal objetivo da manutenção preditiva é identificar falhas de forma antecipada, facilitando o diagnóstico e identificando o fenômeno causador e possibilitando a manutenção planejada, evitando paradas e reduzindo custos de manutenção e operação.

2.11 Gestão da Manutenção e Estrutura

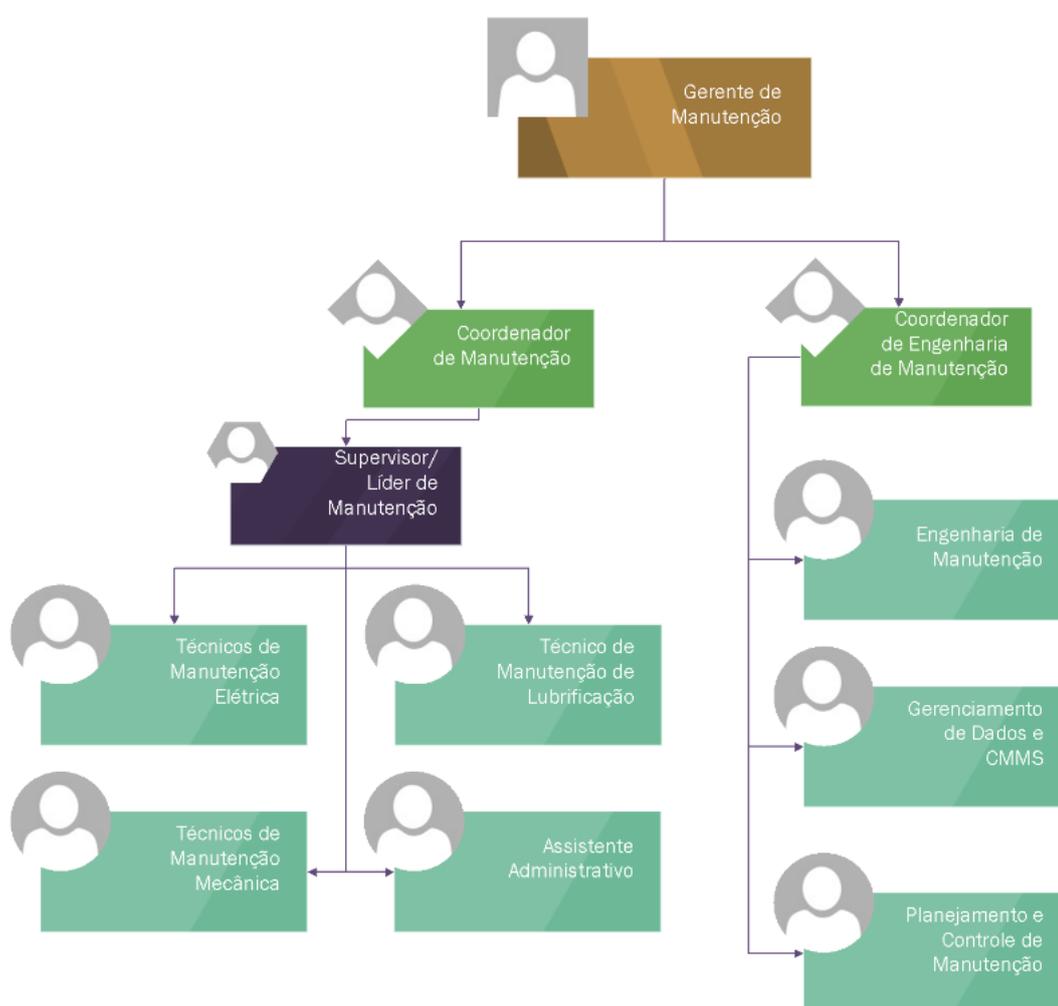
Segundo Viana e Ribeiro (2017), a manutenção industrial é estratégica dentro do processo produção nas organizações, da mesma forma que qualidade, engenharia e logística, independente da área de negócio. O entendimento desta importância

estratégica, pode resultar no sucesso ou insucesso operacional e financeiro das empresas.

Estruturas de departamentos variam de acordo com o momento econômico podendo ser mais enxuta ou completa. Estruturas enxutas de manutenção com falta de recursos materiais, humanos ou sistêmicos fazem com que o dia a dia do manutentor e da engenharia de manutenção sejam complexos e sem direção.

A seguir, na figura 11, apresenta-se como exemplo uma estrutura ideal para o atendimento das demandas de manutenção e operação de acordo com o WCM.

FIGURA 11 - ORGANOGRAMA DA MANUTENÇÃO PROFISSIONAL.



FONTE: Adaptado de Wireman (2003).

De acordo com a figura 11, a estrutura de manutenção deve contar com técnicos especializados no atendimento das linhas de produção, com relação as manutenções corretivas ou emergências e a engenharia de manutenção possuir

profissionais capacitados em gestão de ativos e pode ser dividida em 3 partes, conforme descrição abaixo:

1. Engenharia de manutenção – Tem a responsabilidade técnica do departamento de manutenção, execução dos projetos de manutenção, aprovação dos planos de manutenção, iniciativas de transformação digital e execução do plano de implantação do PM.
2. Gerenciamento de dados e CMMS – Tem a responsabilidade em gerar os relatórios de manutenção, desenvolver ferramentas de análise de dados e custos de manutenção, desenvolvimento e acompanhamento dos indicadores de manutenção, acompanhamento dos projetos kaizen na manutenção e desenvolvimento de treinamentos.
3. Planejamento e controle da manutenção – Tem a responsabilidade em suportar tecnicamente o time da manutenção operacional, revisão dos planos de manutenção preventiva, gerenciamento da execução dos planos de lubrificação, garantir a execução do plano de preventiva e planejar as manutenções programadas.

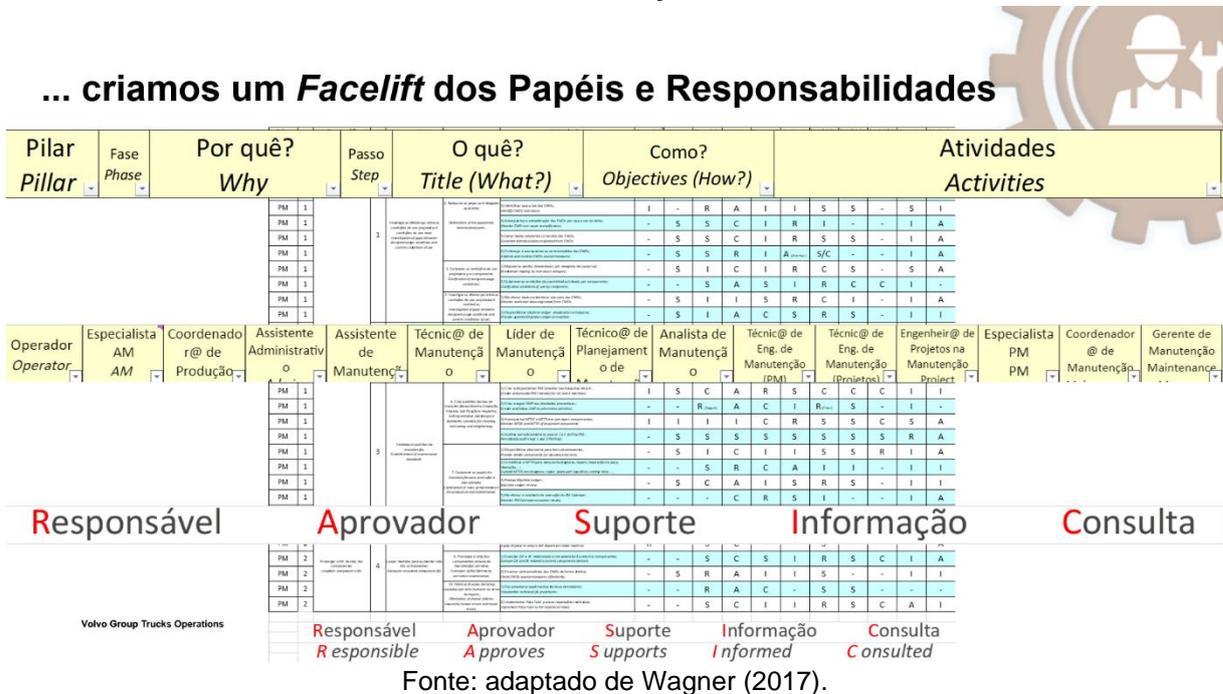
A manutenção preventiva deve atuar minimamente com 16 horas consecutivas ou 2 turnos disponíveis para execução do plano de manutenção preventiva/preditiva e manutenções planejadas.

A governança da manutenção deve observar sempre os indicadores de manutenção com base no SQDCEP (Segurança, Qualidade, Entrega, Custo, Meio Ambiente e Pessoas), em reuniões diárias e avaliando as EWO's. Esta reunião deve ter em média a duração mínima de 30 minutos e apontando as prioridades diárias, a fim de mitigar impactos às áreas de produção.

Dentro do departamento de manutenção industrial as responsabilidades e os papéis de cada profissional devem estar bem claros e definidos para a otimização de tempo no momento de crise ou intervenção e sobre o processo de escalonamento de suporte ou informação. A Matriz RASIC (figura 12) é a ferramenta que de forma muito simples e direta apresenta, por níveis de atuação, o grau de responsabilidade e envolvimento, por exemplo: quem seria o responsável (R) pela atividade, ou o aprovador (A) desta atividade, quem seria o suporte para execução (S) desta atividade,

e a pessoa que precisa ser informada (I) e a pessoas que precisam ser consultadas (C) para a tomada de decisão.

FIGURA 12 - MATRIZ RASIC DA MANUTENÇÃO COM ENFOQUE NO PILAR AM E PM.



O processo de escalonamento, ou solicitação de suporte interno ou externo, é fundamental para a somatória de forças para o restabelecimento do equipamento e alinhamento da informação.

2.12 Indicadores de Manutenção

A medição de desempenho é importante em todas as áreas operacionais e os indicadores de manutenção normalmente são utilizados para evidenciar a efetividade dos planos de manutenção e a eficácia do time ao longo das intervenções em máquinas, dispositivos ou linhas de montagem. Segundo Viana (2021), em seu livro Manual da Gestão da Manutenção, a etapa de “Controle da Manutenção” é responsável por monitorar os processos realizados, avaliando o cumprimento das demandas e os objetivos traçados, sendo o ponto de partida para novos planos de melhorias e correções.

A engenharia de manutenção, em conjunto com a área de manutenção industrial, trabalha para atingir os indicadores de manutenção principais, que são:

- a) OEA (Disponibilidade Geral do Equipamento).
 - Responde a pergunta: Como está a disponibilidade das nossas máquinas e equipamentos ?
- b) MTTR (Tempo médio para reparo).
 - Responde a pergunta: Qual o tempo médio para reparar uma máquina?
- c) MTBF (Tempo Médio de Falhas).
 - Responde a pergunta: Qual o tempo médio para uma máquina voltar a quebrar?

2.13 Custo da Manutenção

Com relação aos custos de manutenção, é fortemente recomendado que os departamentos das organizações tenham conhecimento sobre os impactos nos processos de produção, pois corrobora com o resultado financeiro de toda a empresa.

Segundo Filho (2010), a composição dos custos de manutenção apresenta grande variabilidade, como por exemplo: Custo de peças de reposição, estoque das peças no almoxarifado da manutenção, mão de obra especializada, projetos, adequações, serviços terceirizados e treinamento. Além do fato de que as interrupções no fluxo produtivo impactam diretamente o lucro cessante da empresa.

A quebra de máquinas de forma inesperada ou não planejada, é um dos maiores problemas que os processos operacionais enfrentam no dia a dia. A engenharia de manutenção atua no estudo das causas de quebra e na possibilidade de prever falhas, utilizando técnicas ou estudos de confiabilidade.

Segundo Teles (2019), a manutenção centrada na confiabilidade consiste na seleção de estratégias de manutenção para cada ativo, visando manter um determinado processo em funcionamento de forma confiável, segura e dentro dos parâmetros estabelecidos.

A melhor forma para acompanhar a performance dos equipamentos é quando se possui histórico e pode-se fazer comparações, análises e tomar decisões com base em informações acuradas. Desta forma, o painel de controle é uma ferramenta importante para o time de engenharia de manutenção, em especial ao planejador de manutenção que tem a responsabilidade em planejar as atividades com a devida prioridade.

Segundo Irani (2020), a terotecnologia é uma ciência que se preocupa com a confiabilidade e durabilidade dos equipamentos, processos de instalação,

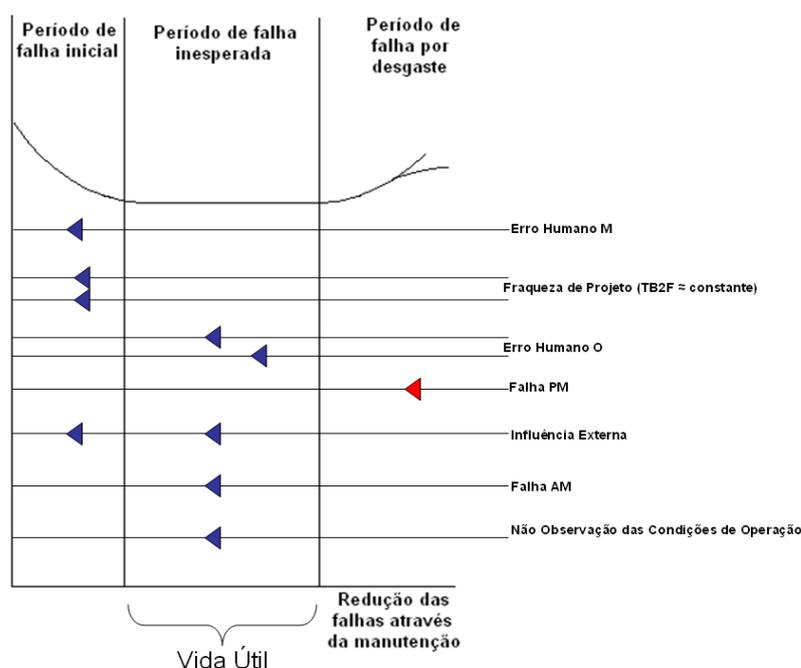
comissionamento, operação, manutenção, modificação, substituição das peças e principalmente pelo LCC (*Life Cycle Cost*), ou o custo do ciclo da vida do ativo, onde historicamente refletirá nos gastos referentes ao CAPEX e OPEX.

Segundo Viana (2021), o CAPEX representa todos os gastos envolvendo os investimentos em projetos, protótipos, estoque inicial, testes, documentações, melhorias e aquisições de ativos e o OPEX são os gastos com operação e manutenção do ativo físico. Normalmente, a depreciação de um novo equipamento leva em torno de 10 anos.

O departamento de manutenção, normalmente participa de todos os projetos envolvendo novos equipamentos, adequações ou *retrofits*. Um especialista da área de eletrônica e um da área de mecânica são responsáveis por garantir que a especificação técnica do equipamento ou do projeto sejam seguidas à risca, para garantir que todas as normas regulamentadoras sejam respeitadas e que a funcionalidade do equipamento esteja de acordo com as especificações.

Uma forma de entender melhor como a terotecnologia age no ativo das empresas é pela curva da banheira, conforme a figura 13, a seguir.

FIGURA 13 - CURVA DA BANHEIRA, REPRESENTA O FENÔMENO QUE OCORREM COM OS COMPONENTES EM SEU TEMPO DE VIDA ÚTIL.



FONTE: O autor (2019).

Com a curva da banheira, é possível entender o fenômeno das falhas em componentes. As falhas podem ocorrer em 3 períodos distintos após a entrega do

equipamento: período de falha inicial, período de falha inesperada e período de falha por desgaste.

- Período de falha inicial – Neste período as falhas podem ocorrer devido a erros de projeto, defeito das peças, erros de instalação ou manutenção deficitária;
- Período de falha inesperada – Neste período, normalmente as falhas ocorrem devido ao erro humano, que pode ser do operador ou manutentor;
- Período de falha por desgaste – As falhas por desgaste normalmente ocorrem devido as falhas na execução dos planos de manutenção preventiva ou preditiva;

Na área de usinagem especialmente, os planos de manutenção precisam ser seguidos exemplarmente, por tratar-se de equipamentos que exigem alta precisão. As intervenções de manutenção planejadas normalmente são de custo elevado e exigem um planejamento minucioso, apontando as necessidades de recursos, materiais, pessoal especializado e de serviços.

2.14 Projetos de Manutenção

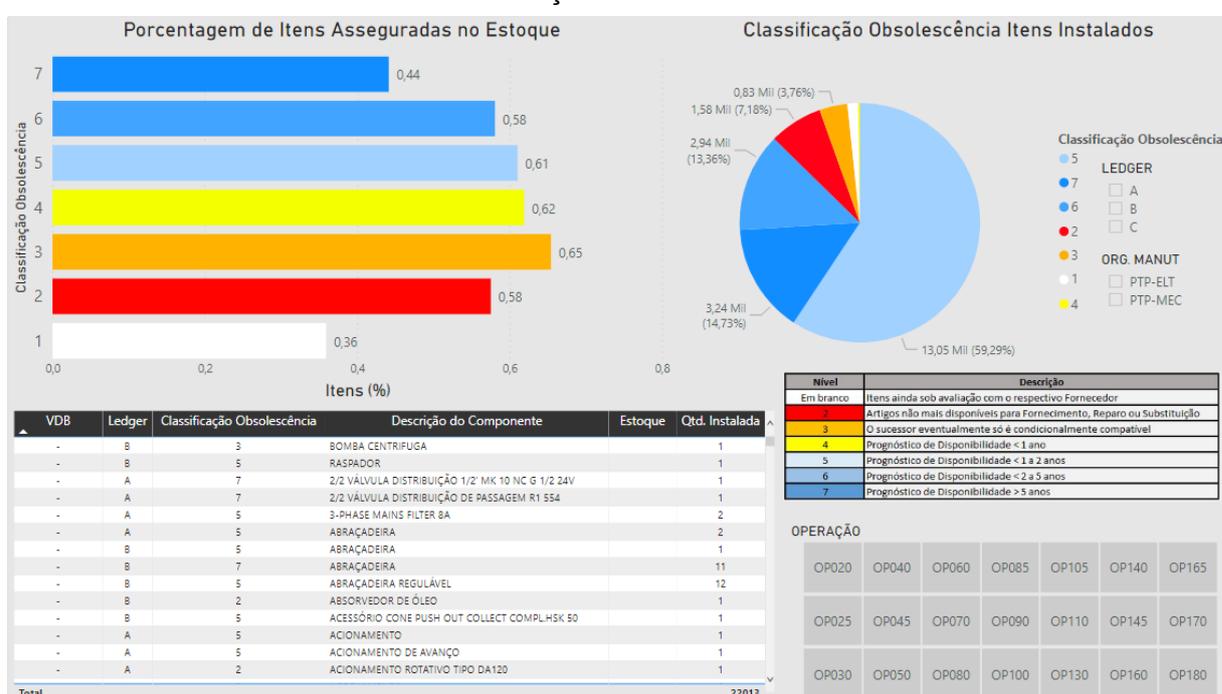
Segundo Bucaneve (2016), o pilar do desdobramento de custos tem a responsabilidade em transformar as perdas e desperdícios dos processos produtivos, manutenção e logística, em projetos dentro de todos os departamentos. A manutenção e logística possuem importante responsabilidade em termos de custos dentro da organização. A manutenção devido às quebras e interrupção do processo de produção e a logística, devido ao elevado custo de inventário imobilizado de fretes aéreo e marítimo e devido à falta de peças no ponto de uso na linha de montagem.

Desta forma, cada colaborador das áreas de suporte, tais como manutenção, qualidade e logística, tem como responsabilidade entregar anualmente projetos kaizen, que podem ser: *Quick Kaizen* (melhorias simples), *Standard Kaizen* (projetos simplificados), *Major Kaizen* (projetos de nível médio), *Advanced Kaizen* (Projetos de maior complexidade).

Por outro lado, um dos pontos importantes a serem considerados é a gestão do almoxarifado de manutenção. Este item está associado ao custo de manutenção e

à obsolescência dos itens armazenados que tem a função de suprir as quebras de máquinas e do processo operacional. A figura 14, a seguir, reporta o relatório do *Power BI* consolidado sobre o estoque de peças disponível no almoxarifado da manutenção, onde tem-se a porcentagem de itens assegurados no estoque de acordo com os critérios pré-estabelecidos pela manutenção profissional e a classificação da obsolescência por itens instalados em todas as nossas máquinas da linha de produção.

FIGURA 14 - CLASSIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS BASENDO-SE NOS PRINCIPAIS FORNECEDORES DE PEÇAS ELETRÔNICAS E MECÂNICAS.



FONTE: Dados estratificados da área de Engenharia de Manutenção da montadora em estudo (2021).

Na figura anterior, também é possível verificar o filtro por máquina para obtenção de informações detalhadas e individuais, tais como: Código dos itens, qual a classificação do componente e sua criticidade, a sua descrição e quantidade no estoque do almoxarifado da manutenção.

Infelizmente, as empresas não costumam ter todos as peças instaladas em estoque como itens sobressalentes. Existem critérios para definição de quais peças devem ser adquiridas, ainda no projeto da máquina e de acordo com o estoque de peças disponível.

Neste projeto de dissertação, o estudo apresentado poderá indicar quais peças deveremos adquirir para compor o nosso estoque do almoxarifado a fim de

suprir as necessidades que não foram previstas no momento de projeto ou que surgiram ao longo dos anos de operação das máquinas.

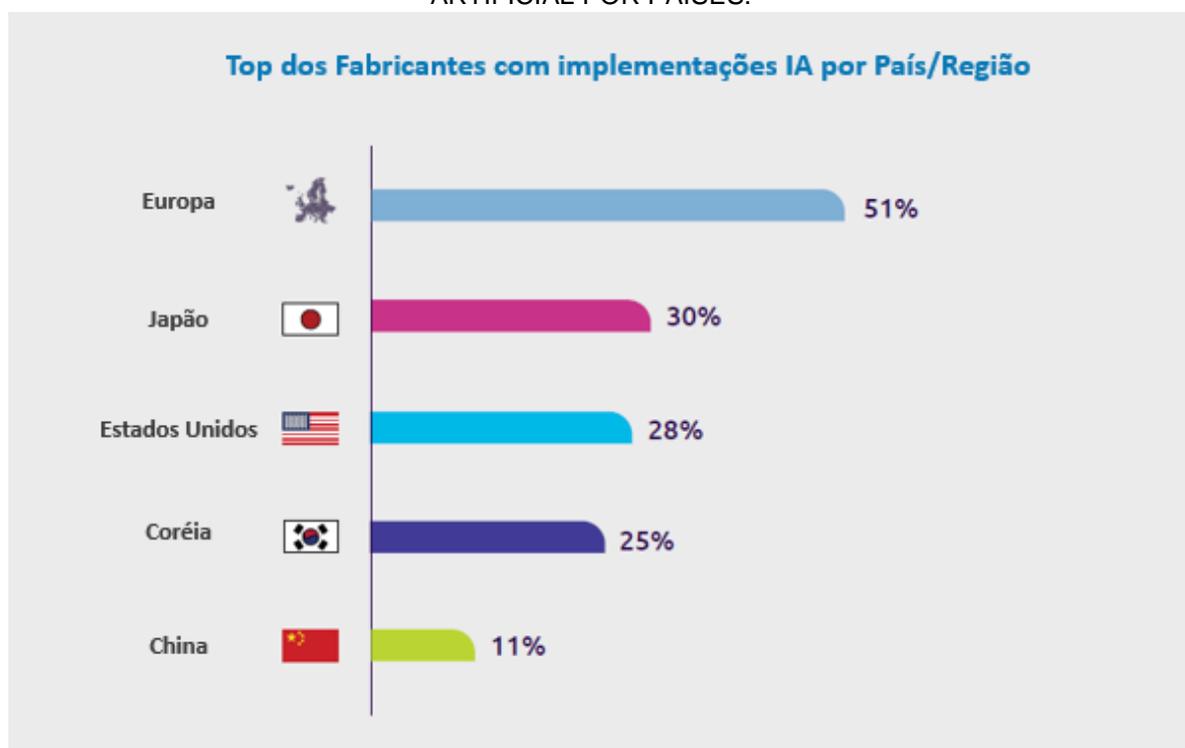
3 REVISÃO TECNOLÓGICA

3.1 Smart Maintenance

A definição de *Smart Maintenance* (Manutenção Inteligente), de acordo com Bokrantz (2020), resume-se ao aproveitamento de novas tecnologias aplicando os pilares da Indústria 4.0 e utilizando aplicativos para tratativa de dados das máquinas e equipamentos, utilizando recursos da internet das coisas para que a produção opere com 100% de eficiência em todos os momentos.

Segundo a pesquisa realizada pela Capgemini (2021), na qual envolveu mais de 300 fabricantes líderes globais em quatro segmentos principais: automotivo, manufatura industrial, produtos de consumo e aéreo espacial, a Europa vem liderando implementações utilizando a inteligência artificial, seguidos pelo Japão, Estados Unidos, Korea e China, conforme mostra a figura 15, a seguir.

FIGURA 15 - INFOGRÁFICO REFERENTE ÀS IMPLEMENTAÇÕES DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL POR PAÍSES.



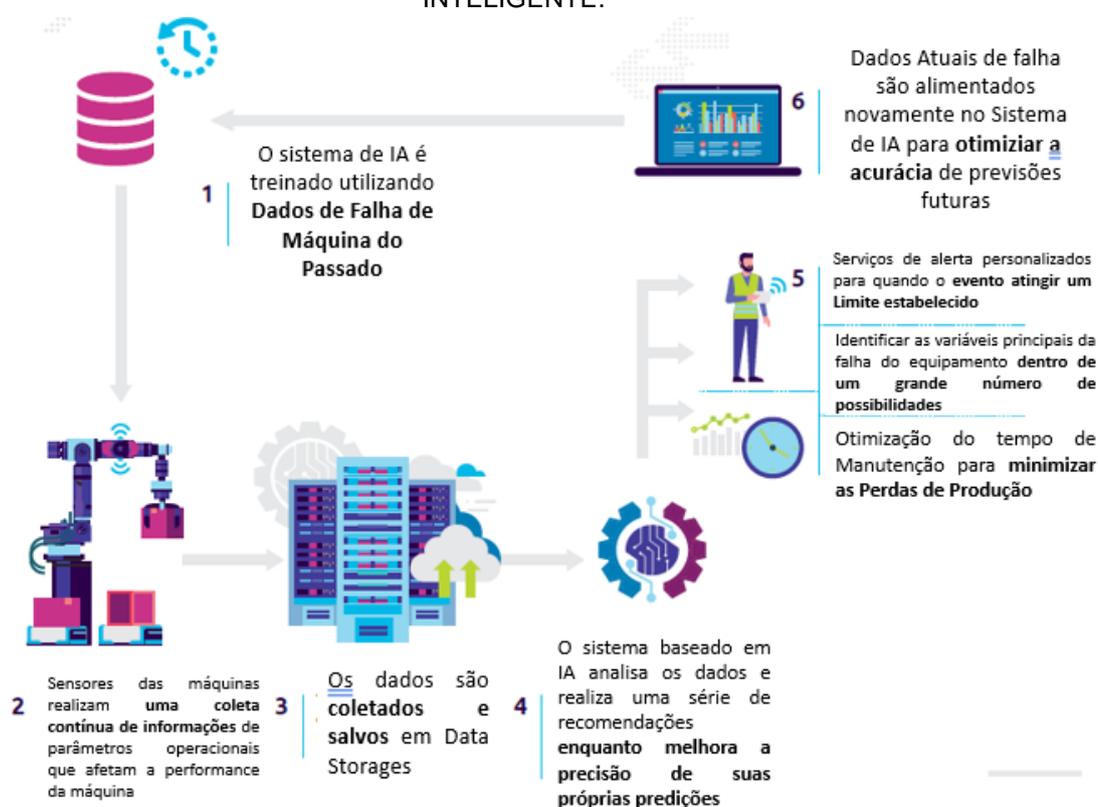
FONTE: adaptado de Capgemini (2021).

Capgemini (2021) apresenta um estudo referente a manutenção inteligente, onde relata que máquinas e equipamentos da planta são o “fruto mais fácil” da adoção

de inteligência artificial de todos os setores fabris. Pois, é relativamente fácil de implementar, devido a disponibilidade de dados de boa qualidade e a experiência para analisá-lo no contexto do negócio, além de trazer redução de custos de manutenção e aumento da produtividade.

A seguir, a figura 16 apresenta um exemplo com as etapas do uso da inteligência artificial na manutenção inteligente.

FIGURA 16 - USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DISPOSITIVOS DA MANUTENÇÃO INTELIGENTE.

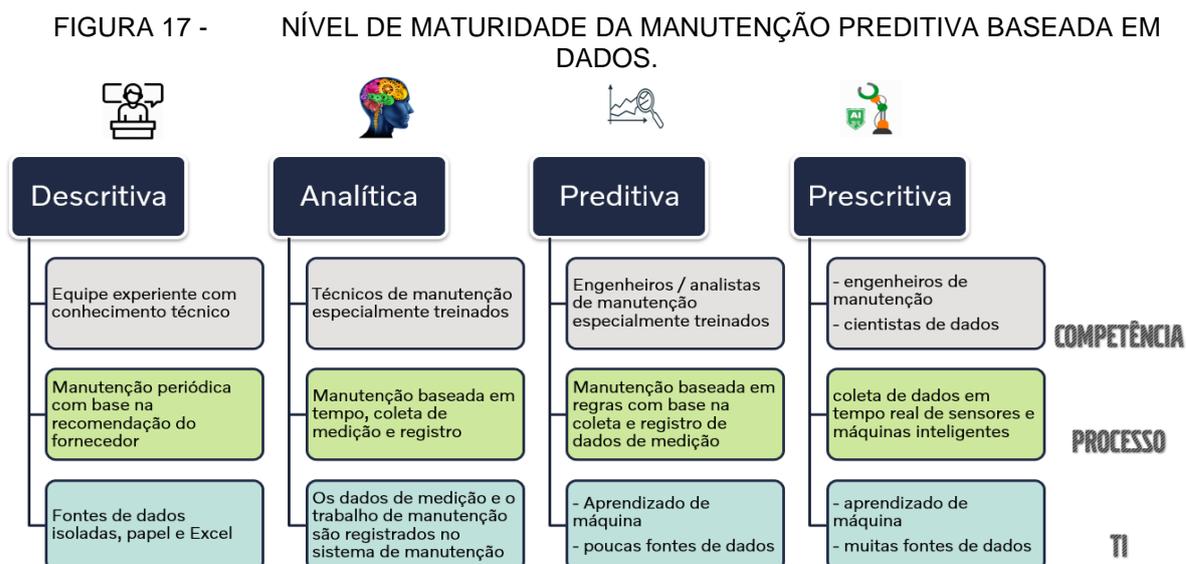


FONTE: adaptado de Capgemini (2021).

O uso da tecnologia para aplicação da manutenção inteligente aprimora as técnicas de manutenção preventiva e preditiva transformando estes tipos de manutenção em uma nova categoria denominada manutenção prescritiva, ou seja, o nível de maturidade da manutenção preditiva com o uso dos dados para tomada de decisão.

Ao longo do tempo, à área de manutenção vem passando por transformações em sua estrutura organizacional, nas funções dos manutentores e suas especialidades. Desta forma, nitidamente conseguimos perceber estas mudanças e

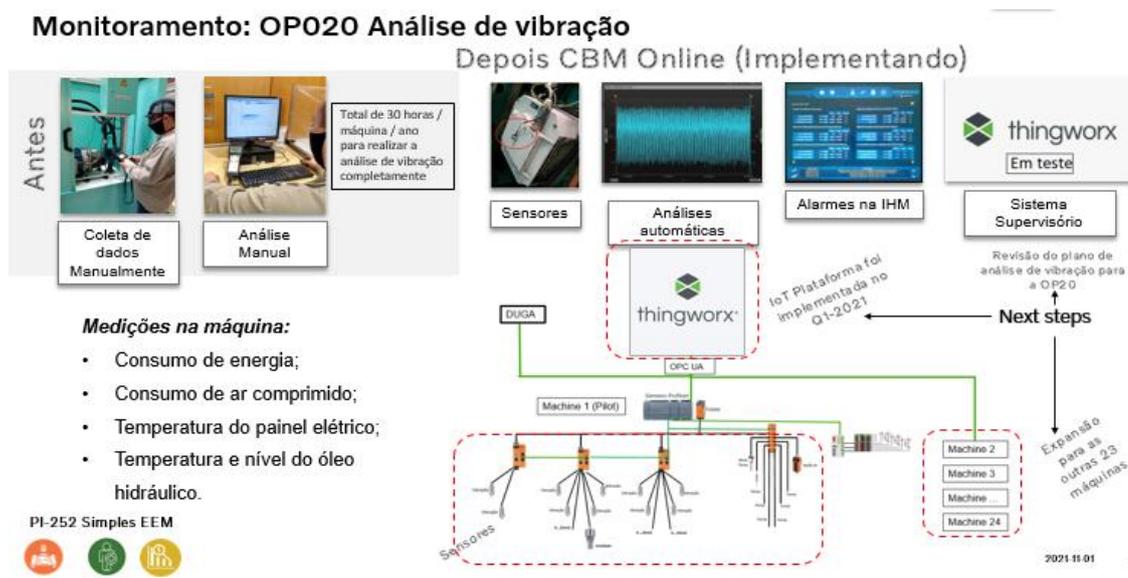
postular à área de manutenção como um pilar estratégico para as organizações. A seguir, na figura 17, é apresentado um exemplo das fábricas da Europa com relação a evolução da maturidade na manutenção preventiva. Este estudo foi conduzido pelo Gerente Global de Tecnologia da Manufatura Johan Wiggins (2019) que atualmente é responsável pela condução das principais atividades e projetos de manutenção dentro da montadora em estudo, em documento interno e confidencial.



FONTE: O autor, adaptado do *benchmark* realizado pelo Johan Wiggins (2019).

Para um melhor entendimento do conceito de manutenção prescritiva, é apresentado um exemplo da mesma montadora em questão, que se encontra em fase de implantação. Este projeto apresenta o conceito do CBM online (manutenção baseada em condição utilizando sensores inteligentes) via uma plataforma IoT (internet das coisas) e com a tratativa de dados com *Big Data*, coletando e armazenando dados para futura análise e tomada de decisão, utilizando um sistema supervisorio de controle. Na sequência temos a figura 18, que mostra o antes e depois da implementação.

FIGURA 18 - ARQUITETURA DA ANÁLISE DE VIBRAÇÃO NA MÁQUINA OP20.



FONTE: O autor (2021).

De acordo com o documento interno a RFQ (*Request For Quotation*), o objetivo deste projeto é apresentar uma solução para processar os dados e informações coletados de forma preditiva na operação da máquina CNC 20. Esta operação envolve a máquina modelo para a manutenção profissional, e o projeto propõe estratégia de análise mais apropriada de forma a auxiliar o planejador de manutenção na tomada de decisão no que diz respeito a priorização de atividades de manutenção, visando o aumento da disponibilidade dos ativos e ao controle dos custos de manutenção. Esta análise permitirá ao usuário do sistema cruzar variáveis e/ou acompanhá-las ao longo do tempo a fim de identificar tendências de falha antecipando a indisponibilidade do componente.

Este equipamento já está monitorando variáveis de vibração, temperatura, nível, vazão e energia de forma local, com sensores fisicamente instalados, coletando dados que são convertidos em informação pela unidade IFM (acelerômetros) e Módulo Wago (consumo de energia), disponibilizados ao CLP (Controlador Lógico Programável) Siemens S71500, sendo este responsável também pela coleta de dados dos sensores de vazão, temperatura e nível, sendo programado através do software TIA Portal V14.

O CLP da Siemens é conectado à rede industrial da montadora, utilizando comunicação OPC UA sendo este local de coleta de informações para o tratamento dos dados.

Este projeto está sendo desenvolvido em parceria com o HUB – IA do Senai de Londrina-PR, através de uma PoC (*Proof of Concept*, em tradução livre Prova de conceito), ou seja, é uma análise exploratória de viabilidade para futura implementação a ser realizada internamente pelo time de manutenção e engenharia de manutenção.

Todas estas iniciativas apresentadas são etapas importantes para a implementação de um sistema de confiabilidade automatizado e com base nos dados obtidos pelos sensores inteligentes. Atualmente, existem várias iniciativas isoladas ou com obtenção de dados parciais que ainda exigem muito dos analistas, engenheiros e especialistas para uma tomada de decisão em intervenções ou problemas de alta complexidade.

A manutenção centrada em confiabilidade é uma forma de gestão avançada dos ativos e que traz inúmeros benefícios para estabilidade dos equipamentos, redução de custos e predição de quebras. Porém, ainda é raro de se obter os conceitos de confiabilidade sendo computados de forma online fazendo acontecer os princípios da manutenção prescritiva. Nesta ótica, a proposta do CBM online, alinhado com calendário de PM (manutenção profissional), apresentado na figura 19, será uma grande oportunidade para integração de dados coletados instantaneamente das máquinas, e o cruzamento com o histórico dos dados armazenados e alinhados com os cálculos de confiabilidade, fazendo da manutenção industrial o departamento mais alinhado com as tendências de transformação digital e a Indústria 4.0 para predição de falhas e aumento da disponibilidade dos ativos. A seguir, temos a figura do calendário de PM.

O estudo de caso em questão, foi realizado na empresa PT IIS que trabalha com terceirização, oferecendo peças de reposição, matrizes e forjamento. Para este estudo, foi considerado três equipamentos de área de usinagem sendo eles: Fresadora, torno e lavadora. Ambas as máquinas com inúmeras falhas entre 2018 e 2019, sendo que a fresadora é o equipamento mais crítico com 27 falhas e impactando com alto custo de manutenção e no resultado produtivo.

Neste projeto, definiu-se em usar a técnica de manutenção baseada no risco, ou seja, foi identificado qual equipamento e componentes apresentaram mais problemas ao longo do período analisado. Identificou-se também que o período para manutenção de 2880 apresentava um risco alto acima da tolerância da empresa. Desta forma, com a aplicação do método AHP, redefiniu-se as políticas de manutenção, onde identificou-se que a manutenção baseada em condição (CBM) para componentes do tipo *spindle* e mangueiras de refrigeração seriam mais apropriadas, além de reduzir o período de manutenção para 1100 horas.

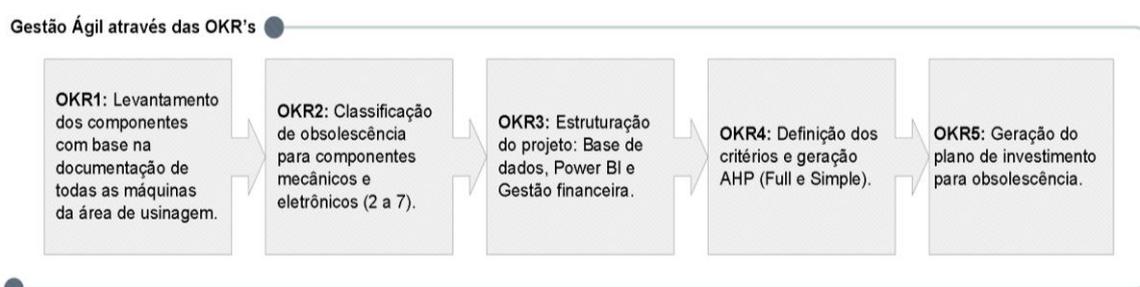
Contudo, a utilização do método AHP e a técnica de manutenção baseada no risco aplicadas em conjunto apresentaram boa eficácia na definição de alternativas para a empresa PT IIS, onde a partir deste projeto poderá aplicar diferentes tipos de manutenção, em especial a manutenção baseada em condição, onde a redução de custo é tangível, devido ao acompanhamento mais frequente dos componentes críticos.

4 METODOLOGIA APLICADA E MATERIAIS

4.1 Fluxograma da Metodologia Aplicada

O Projeto de Obsolescência foi implementado com base no fluxograma da metodologia aplicada através da utilização de 5 etapas utilizando-se das OKR's, conforme descrito na figura 20.

FIGURA 20 - FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA APLICADA



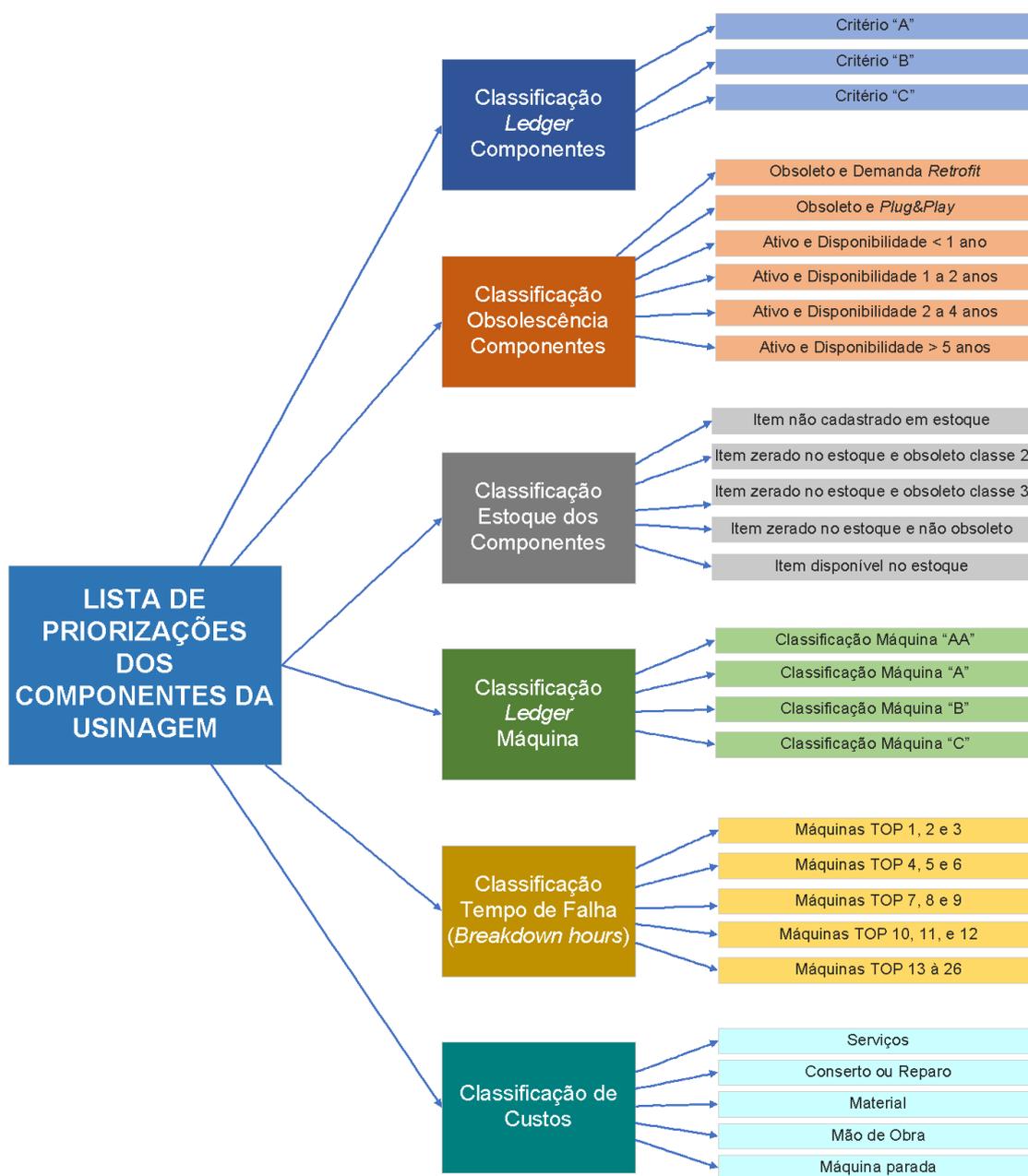
FONTE: O autor (2021).

Com base na aplicação da metodologia ágil, possibilitou-se a descrição das atividades de forma cronológica e com prazos definidos para cada etapa da gestão do projeto.

4.2 Descrição da Metodologia Aplicada

Com suporte dos especialistas da área de engenharia de manutenção definiu-se os critérios e pesos para a obtenção da priorização ou criticidade a nível de componente das máquinas, conforme a árvore AHP da figura 21.

FIGURA 21 - ÁRVORE AHP.



FONTE: O autor (2021).

A árvore AHP deste projeto tem a finalidade de obtenção da lista de prioridades dos componentes da área de usinagem. Para o Projeto de Obsolescência, definiu-se primeiro abstrair uma série de critérios relevantes para a análise da situação dos componentes das máquinas da mesma área. Ao todo, foram definidos 6 (seis) critérios e seus respectivos subcritérios, conforme seguem:

1. Critério da Classificação de Máquina;
2. Critério da Classificação do Componente (*Ledger* – Fluxograma dos componentes das máquinas);
3. Critério da Classificação de Obsolescência;
4. Critério da Classificação de Estoque;
5. Critério da Quantidade de Horas de *Breakdowns* (Nível Máquina);
6. Critério de Custos (Nível de Máquina).

4.2.1 Critério da Classificação de Máquina

Para classificação de máquinas de acordo com o WCM, são necessárias algumas considerações e critérios, tais como: MTTR, tempo de produção, efeito sobre os KPI's, custo, perdas de energia, impacto na avaria, frequência de parada e criticidade do maquinário. A figura 22 a seguir, é um exemplo sobre a classificação das máquinas na área de usinagem.

FIGURA 22 - DEFINIÇÃO DE CRITICIDADE DOS COMPONENTES.

| | | MATRIZ PARA CLASSIFICAÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------------------------|--|---------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------|-----------|--|------------------------------|----------------------|-------------------------|------|---|----|---|-----|---|
| REGISTRO | MÁQUINA | SETOR | FÁBRICA | (MTTR) (T) | | Uso da | | Efeito sobre a KPI de qualidade (CQa) AA = 5 A = 3 B = 1 C = 0 | G | | | | | | | | |
| | | | | 1 Turno = 1 | 2 Turnos = 3 | Custo da não | Perdas de | | Impacto sobre a | Impacto da | | | | | | | |
| | | | | MTTR ≤ 0,5 h/falha = 5 | 0,5 h/falha < MTTR ≤ 1,0 h/falha = 15 | | | < R\$3.000,00 = 1 | consumption/cycle < 5kWh = 1 | % De perdas ≤ 15 = 1 | Gera risco de acidente? | | | | | | |
| | | | | 1,0 h/falha < MTTR ≤ 2,0 h/falha = 25 | 2,0 h/falha < MTTR ≤ 2,5 h/falha = 35 | 3 Turnos = 5 | | >= R\$3.000,00 & <= R\$30.000,00 = 3 | >= 5kWh & <= 10kWh = 3 | % De perdas > 15 = 5 | Não = 0 Sim = 5 | | | | | | |
| | | | | MTTR > 2 h/falha = 35 | | | | > R\$30.000,00 = 5 | > 10kWh = 5 | | | | | | | | |
| OP020 | CNC-Machine | Usinagem | Motores | 4,0 | 35 | 3 | 5 | AA | 5 | 35000 | 5 | 2,5 | 1 | 20 | 5 | SIM | 5 |
| OP060 | Gundrilling machine | Usinagem | Motores | 2,4 | 35 | 3 | 5 | A | 3 | 35000 | 5 | 14,0 | 5 | 20 | 5 | SIM | 5 |
| OP200 | Cylinder boring machine | Usinagem | Motores | 1,6 | 25 | 3 | 5 | AA | 5 | 35000 | 5 | 2,5 | 1 | 20 | 5 | SIM | 5 |
| OP170 | Crank-shaft boring machine | Usinagem | Motores | 9,1 | 35 | 3 | 5 | AA | 5 | 35000 | 5 | 1,0 | 1 | 20 | 5 | SIM | 5 |
| OP198 | Pressure rolling machine | Usinagem | Motores | 2,1 | 35 | 3 | 5 | A | 3 | 3500 | 3 | 3,8 | 1 | 20 | 5 | SIM | 5 |
| OP110 | CNC-Machine | Usinagem | Motores | 1,4 | 25 | 3 | 5 | B | 1 | 3500 | 3 | 2,8 | 1 | 20 | 5 | SIM | 5 |
| OP190 | CNC-Machine | Usinagem | Motores | 2,1 | 35 | 3 | 5 | B | 1 | 3500 | 3 | 2,5 | 1 | 20 | 5 | SIM | 5 |
| OP090 | CNC-Machine | Usinagem | Motores | 1,1 | 25 | 3 | 5 | B | 1 | 3500 | 3 | 1,9 | 1 | 20 | 5 | SIM | 5 |
| OP140 | Revolver Multi-head machine | Usinagem | Motores | 4,6 | 35 | 3 | 5 | B | 1 | 3500 | 3 | 0,7 | 1 | 20 | 5 | SIM | 5 |
| OP050 | Broaching machine | Usinagem | Motores | 1,0 | 15 | 3 | 5 | AA | 5 | 35000 | 5 | 0,6 | 1 | 20 | 5 | SIM | 5 |

FONTE: O autor (2021).

4.2.2 Critério da Classificação do Componente (*Ledger*)

De acordo com o WCM, os Componentes das máquinas devem ser classificados e ponderados por três critérios: Probabilidade de quebra, impacto no processo e detectabilidade e são mensurados de 1 a 5. Desta forma, a somatória total dos pesos define se o componente é do Tipo A, B ou C. A seguir, temos a figura 23, que define e clarifica estes critérios.

FIGURA 23 - DEFINIÇÃO DE CRITICIDADE DOS COMPONENTES.

| Probabilidade de Quebra | | Impacto no Processo | | Detectabilidade de Quebra | |
|-------------------------|--|---------------------|--------------------------------------|---------------------------|---|
| 1 | Vida Útil do Componente praticamente imprevisível (Tempo Quebra < 1 ano) | 1 | Tempo de Breakdown > 8 Horas | 1 | Alerta de Impacto direto. Sem possibilidade de detecção Direta |
| 2 | Vida Útil do Componente ainda muito Curta (Tempo Quebra < 1 a 3 anos) | 2 | Tempo de Breakdown entre 1 e 8 Horas | 2 | Breakdown de difícil detecção, pode ser detectado com utilização de um software |
| 3 | Vida Útil do Componente Médio (Tempo Quebra < 1 a 3 anos) | 3 | Tempo de Breakdown < 1 Hora | 3 | O Controle detecta sintomas e a máquina dá o alarme / notifica |
| 4 | Componente mais Robusto, durabilidade razoável (Tempo Quebra < 8 a 12 anos) | 4 | Tempo de Breakdown < 10 Minutos | 4 | Defeito pode ser detectado através de controles visuais |
| 5 | Componente mais Robusto com alta durabilidade (Tempo Quebra < 8 a 12 anos) | 5 | Sem Impacto no Processo | 5 | Operador pode facilmente identificar um Breakdown |

FONTE: O autor (2021).

4.2.3 Critério da Classificação de Obsolescência

Para o critério de obsolescência, foi adotada uma escala entre 1 ao 7. O objetivo desta escala é contemplar não somente os itens obsoletos *versus* itens não obsoletos, mas também dividir entre os itens que demandam um projeto de *retrofit*, pois não possuem atualizações disponíveis por parte dos seus fabricantes e os itens obsoletos que possibilitam uma atualização *Plug&Play*, conforme a figura 24, a seguir.

FIGURA 24 - CLASSIFICAÇÃO DE OBSOLESCÊNCIA.

| Classificação | Descrição |
|---------------|--|
| 1 | Itens ainda sob avaliação com o respectivo fornecedor |
| 2 | Artigos não mais disponíveis para Fornecimento, Reparo ou Substituição |
| 3 | O sucessor só é condicionalmente compatível |
| 4 | Prognóstico de Disponibilidade < 1 ano |
| 5 | Prognóstico de Disponibilidade < 1 a 2 anos |
| 6 | Prognóstico de Disponibilidade < 2 a 5 anos |
| 7 | Prognóstico de Disponibilidade > 5 anos |

FONTE: O autor (2021).

4.2.4 Critério da Classificação de Estoque

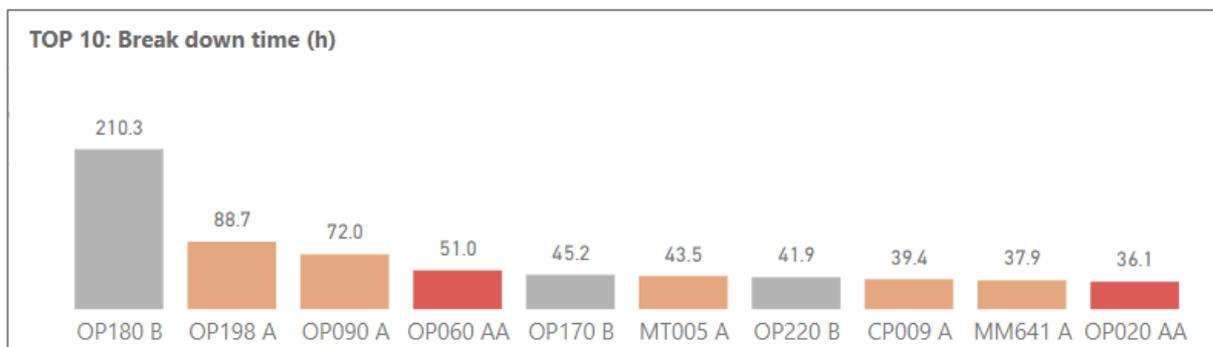
O critério de estoque é influenciado diretamente pelo critério de obsolescência, em virtude de um item obsoleto sem substituição ser muito mais crítico que outro ainda disponível no mercado. Em uma escala decrescente de criticidade, temos o **Peso 05**

atribuído aos itens que não possuem cadastro em estoque, **Peso 04** para os itens que estão com o estoque zerado e são obsoletos, *retrofit* refere-se à classe 02 de obsolescência, **Peso 03** para os itens que estão com o estoque zerado e são obsoletos e podem ser classificados como *Plug&Play*, estes são considerados classe 3 de obsolescência, **Peso 02** para os itens não obsoletos, porém que possuem estoque zerado e **Peso 01** para os itens com estoque acima de 01 disponível no almoxarifado.

4.2.5 Critério da Quantidade de Horas de *Breakdowns* (Nível Máquina)

O critério da quantidade de horas de *breakdowns* para o nível de máquina, foi elaborado através do relatório extraído pelo **Power BI** da área de manutenção denominado “*Maintenance KPI's*” e na sequência ranqueado conforme as horas de equipamento parado. A figura 25 a seguir, representa a quantidade de horas de máquina parada.

FIGURA 25 - QUANTIDADE DE HORAS DE MÁQUINA PARADA.



FONTE: O autor (2021).

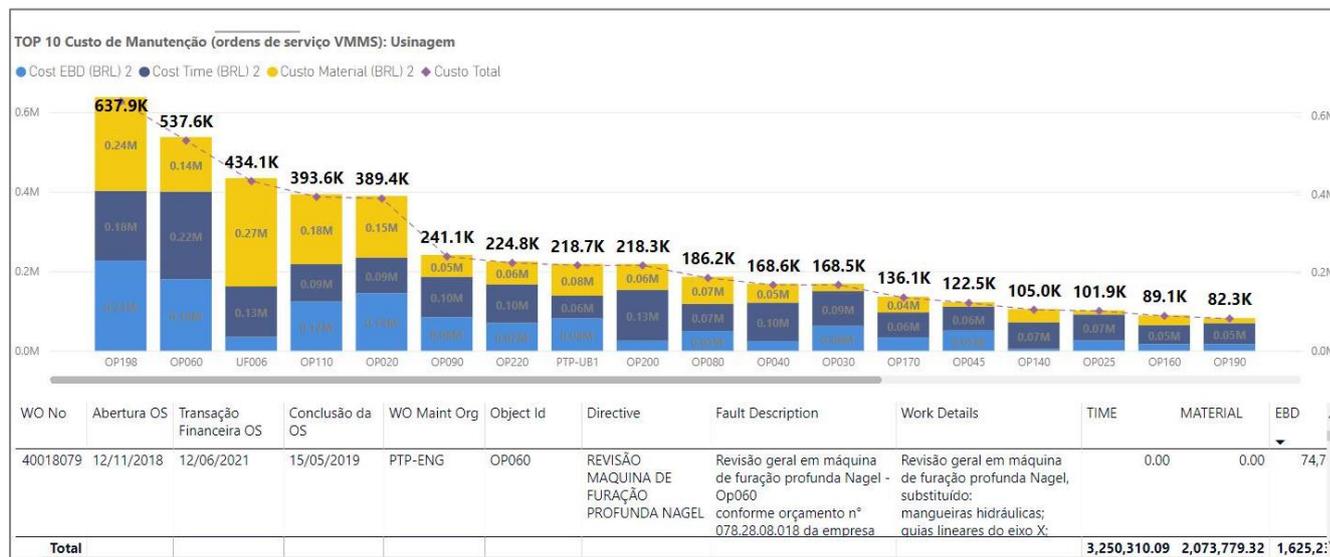
Com base nas informações da figura 25, avalia-se que os equipamentos apresentam certa diversidade entre as proporções de quebra, por esse motivo é um critério importante a ser analisado.

4.2.6 Critério de Custos (Nível de Máquina)

Para o critério de custos, utilizou-se o relatório também extraído do **Power BI** “Custos da Manutenção”, onde constam os seguintes custos: Custo de compra de

serviço especializado ou de conserto de peças reparáveis, custo de mão de obra para o restabelecimento da máquina parada e o custo de material. A figura 26 a seguir, representa todo o custo empregado por equipamento.

FIGURA 26 - CUSTOS DE MANUTENÇÃO POR MÁQUINA.



FONTE: O autor (2021).

Uma vez com os critérios, objetos e objetivos definidos. Calculou-se a matriz de comparação par a par, ou seja, foi comparado para cada um dos itens da lista qual o peso do critério para o outro item em paralelo. Tendo em vista uma base de itens de 22.014 mil componentes elétricos e mecânicos, realizou-se uma limpeza dos itens duplicados de forma a aumentar a performance do script, resultando em um base de 5.196 itens. Separou-se as matrizes de comparação em documentos diferentes a fim de, rodar o script de VBA obtendo o cálculo par a par das prioridades locais. A seguir, temos a figura 27 apresentando os arquivos utilizados.

FIGURA 27 - INDICADORES DE MANUTENÇÃO.

| | | | | |
|----------------------|---|------------------|----------------------|------------|
| 1.Máquina.xlsx | ✔ | 24/11/2021 12:19 | Microsoft Excel W... | 94.637 KB |
| 2.Ledger.xlsx | ✔ | 25/08/2021 14:58 | Microsoft Excel W... | 89.113 KB |
| 3.Obsolescência.xlsx | ✔ | 25/08/2021 15:04 | Microsoft Excel W... | 88.905 KB |
| 4.Estoque.xlsx | ✔ | 25/08/2021 15:13 | Microsoft Excel W... | 90.941 KB |
| 5.Breakdown.xlsx | ✔ | 25/08/2021 15:17 | Microsoft Excel W... | 119.218 KB |
| 6.Custo.xlsx | ✔ | 25/08/2021 15:23 | Microsoft Excel W... | 118.417 KB |

FONTE: O autor (2021).

Através da figura 28 a seguir, é possível verificar o comparativo par a par que se baseia na transposição da base. Sempre o resultado aparecerá na diagonal

principal com o valor 1, pois os itens a serem comparados são os mesmos. A seguir, a matriz de correlação de componentes.

FIGURA 28 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO DOS COMPONENTES.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U |
|----|-------|---|-----|-----|-----|-----|-----|---|-----|----------|-----|-----|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | PY_ID | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 17224 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 19593 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 19776 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | 17917 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 6 | 17918 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 7 | 17886 | 1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 1 | 0,2 | 0,333333 | 0,2 | 0,2 | 0,333333 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 8 | 16836 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 9 | 21681 | 3 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 3 | 0,6 | 1 | 0,6 | 0,6 | 1 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| 10 | 20665 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 11 | 5763 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 12 | 402 | 3 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 3 | 0,6 | 1 | 0,6 | 0,6 | 1 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| 13 | 19481 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 14 | 13074 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 15 | 14505 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 16 | 13080 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 17 | 13088 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 18 | 14597 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 19 | 14600 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 | 14500 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1,666667 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

FONTE: O autor (2021).

Para os próximos passos, envolve-se o cálculo dos pesos entre os critérios, e o cálculo dos autovetores para os pesos entre os objetos. Para obter o cálculo da matriz de consistência, utilizou-se a linguagem de programação Python na Plataforma Jupyter Notebook, visando rodar o procedimento de forma segura e rápida. A seguir a figura 29, representa o comparativo entre os critérios com os respectivos pesos.

FIGURA 29 - COMPARATIVO ENTRE OS CRITÉRIOS COM OS RESPECTIVOS PESOS.

| | Obsolescência | Estoque | Classificação Componente | Breakdown | Custo | Classificação Máquina |
|--------------------------|---------------|---------|--------------------------|-----------|-------|-----------------------|
| Obsolescência | 1,00 | 5,00 | 4,00 | 3,00 | 2,00 | 1,00 |
| Estoque | 0,83 | 1,00 | 1,25 | 1,67 | 2,50 | 5,00 |
| Classificação Componente | 0,67 | 0,80 | 1,00 | 1,33 | 2,00 | 4,00 |
| Breakdown | 0,50 | 0,60 | 0,75 | 1,00 | 1,50 | 3,00 |
| Custo | 0,33 | 0,40 | 0,50 | 0,67 | 1,00 | 2,00 |
| Classificação Máquina | 0,17 | 0,20 | 0,25 | 0,33 | 0,50 | 1,00 |

FONTE: O autor (2021).

Com base na análise dos especialistas, tais como: técnicos, analistas e engenheiro de manutenção obteve-se a definição do ranqueamento dos critérios mais importante para o menos importante, conforme a matriz dos critérios e seus respectivos pesos.

Aplicando a análise de correlação entre os pesos dos critérios, obtém-se o índice CR para essa configuração que ficou cravado em 10,07%. A seguir, temos a figura 30 representando o script do software Jupyter.

FIGURA 30 - SCRIPT DO SOFTWARE JUPYTER.

```

In [10]: 1 import numpy as np
2
3 def Consistencia(matriz):
4     if matriz.shape[0] and matriz.shape[1] > 2:
5         # Teorema de Perron-Frobenius
6         lambda_max = np.real(np.linalg.eigvals(matriz).max())
7         ic = (lambda_max - len(matriz)) / (len(matriz) - 1)
8         ri = {3: 0.52, 4: 0.89, 5: 1.11, 6: 1.25, 7: 1.35, 8: 1.40, 9: 1.45,
9              10: 1.49, 11: 1.52, 12: 1.54, 13: 1.56, 14: 1.58, 15: 1.59}
10        rc = ic / ri[len(matriz)]
11    else:
12        lambda_max = 0
13        ic = 0
14        rc = 0
15
16    return rc
17
18 matrix_criterios = [[1,5,4,3,2,1],[0.83,1,1.25,1.67,2.50,5],[0.67,0.80,1,1.33,2,4],[0.5,0.6,0.75,1,1.5,3],[0.33,0.4,0.5,0.67
19 matrix_criterios_array = np.array(matrix_criterios)
20
21 print(Consistencia(matrix_criterios_array))

```

0.1007816856579622

FONTE: O autor (2021).

A fórmula do coeficiente de correlação entre CI/RI (Index de consistência / Taxa de consistência), onde confirma-se um bom nível de CR, ou seja, um nível de consistência baixo ou inexistente com base nos critérios e pesos selecionados, e pré-estabelecidos pelo time da engenharia de manutenção.

4.3 Materiais

Para este projeto de dissertação foram utilizados os materiais, conforme abaixo:

- Documentação técnica das máquinas da linha de usinagem;
- Arquivos em formato Excel;
- Arquivos em Power BI;
- Método AHP (*Full* e *Simple*);
- Software Jupyter;
- Questionário Irrestrito, realizado pelo Google Forms;
- Apresentações em Power Point.

5 ESTUDO DE CASO

O projeto de obsolescência é um dos mais importantes projetos dentro da área de manutenção industrial, pois trata-se da continuidade da operação através de atualizações do parque fabril. Grande parte das empresas, preocupam-se em entender os riscos e as oportunidades com base na evolução tecnológica ou a simples necessidade de troca de peças devido a indisponibilidade de mercado. Cada organização possui o seu método e plano de investimento de acordo com a necessidade para tratar a obsolescência.

A contribuição deste projeto de dissertação engloba dois principais pontos, para a comunidade acadêmica e organizações de forma geral, sendo eles:

1. Utilização de Metodologia Ágil na área de manutenção e gestão de projetos industriais;
2. Metodologia para priorização dos projetos de *retrofit* ou substituição de máquinas e a aquisição de peças sobressalentes.

Tendo em vista o escopo deste projeto, devido a diversidade de critérios avaliados, o custo envolvido e por estar atrelado com a estratégia da organização, optou-se na utilização da metodologia ágil com o uso das OKR's para o gerenciamento do projeto.

Para melhor entendimento das fases do projeto, foi criado um OKR na forma de sumário, onde divide-se o projeto em 5 principais KR's evidenciando as etapas de levantamentos iniciais, follow-up com os respectivos fornecedores, criação das plataformas de *Business Intelligence* e a geração do plano de investimentos.

A seguir, temos a figura 31 com o sumário das OKR's do projeto de obsolescência.

FIGURA 31 - SUMÁRIO OKR'S PROJETO DA OBSOLESCÊNCIA.

| | Subject | Objective | Key Results |
|--|-----------------------------|--|--|
| <i>Obsolescência (Resp.: Anderson Lopes)</i> | | | |
| O K R - 0 0 1 - 2 0 2 1 | PROJETO DE OBSOLESCÊNCIA | Buscar "Zero perdas" devido à Obsolescência | <i>KR1 : Levantamento dos Componentes com base na Documentação de Todas as Máquinas</i> |
| | | | <i>KR2 : Classificação de Obsolescência para Componentes Mecânicos e Elétricos / Eletrônicos (2 a 7)</i> |
| | | | <i>KR3 : Estruturação do Projeto : Base de Dados, Power BI e Gestão Financeira Iniciativas</i> |
| | | | <i>KR4 : Definição dos Critérios e Geração AHP (Simple / Full)</i> |
| | | | <i>KR5 : Geração do Plano de Investimento de Obsolescência</i> |

FONTE: O autor (2021).

Na sequência do trabalho, serão abordados as respectivas KR's com maior detalhamento.

5.1 KR1 – Levantamento dos componentes com base na documentação de todas as máquinas da área de usinagem

Considerando uma Linha de Usinagem com mais de 20 anos em produção, realizou-se um estudo preliminar com início em 2019 com a empresa alemã Siemens, maior fabricante de componentes eletroeletrônicos presente no parque industrial representando mais de 80% dos componentes eletrônicos instalados na área de usinagem, que apontava uma situação crítica de obsolescência. Com base neste levantamento inicial, percebeu-se que este estudo por fabricante deveria ser expandido para todos os componentes elétricos e mecânicos.

O primeiro passo do projeto foi o de levantar dados e informações à nível de componente junto a estrutura das máquinas da linha de usinagem, concentrando este mapeamento em uma base no arquivo Excel. Embora a área de manutenção pudesse basear-se com os *Ledgers* das Máquinas, que são os documentos representativos de toda a estrutura de componentes, sub-unidades e unidades, ainda assim foi necessário cruzar as informações desses arquivos com o restante dos diagramas elétricos, mecânicos, lubrificação, pneumática, hidráulica e de refrigeração e com os levantamentos e verificações em campo para que fosse validado o que estava sendo mapeado e se estava condizente com a estrutura das máquinas.

Com base na definição de criticidade dos componentes, possibilitou-se a análise da disponibilidade, tempo de reparo, e a detectabilidade da falha eminente. Na sequência, avaliou-se a disponibilidade do item no almoxarifado de manutenção e o seu respectivo código de almoxarifado. A figura 32 a seguir, descreve as atividades realizadas no KR1.

FIGURA 32 - ATIVIDADES DO KR1.

| | Subject | Objective | Key Results |
|---|---|---|--|
| | <i>Obsolescência (Resp.: Anderson Lopes)</i> | | |
| O | PROJETO DE OBSCOLESCÊNCIA KR 1 | <i>Levantamento dos Componentes com base na Documentação de Todas as Máquinas</i> | <i>KR1 : Mapeamento dos Itens Eletrônicos e Mecânicos no Levantamento de Obsolescência</i> |
| K | | | <i>KR2 : Levantamento do Ledger das Máquinas</i> |
| - | | | <i>KR3 : Levantamento da Documentação / Diagramas para as máquinas sem Ledger</i> |
| 0 | | | <i>KR4 : Confronto Ledger x Diagramas</i> |
| 2 | | | <i>KR5 : Revisão da Classificação do Componente Ledger (A,B,C) e VDB</i> |
| 2 | | | |
| 0 | | | |
| 2 | | | |
| 1 | | | |

FONTE: O autor (2021).

5.2 KR2 – Classificação de Obsolescência para componentes mecânicos e eletrônicos (2 a 7)

Esta etapa do trabalho foi desenvolvida em alguns meses, utilizando três recursos da engenharia de manutenção que foram alocados para este projeto e demais suporte esporádico ou conforme demanda dos técnicos de manutenção, que auxiliaram nas verificações de campo checando os TAG's das máquinas e instalações dos componentes nos equipamentos.

Desta forma, a primeira base de dados que orientaria o Projeto de Obsolescência estava finalizada, e nela continha todos os componentes das máquinas com seus respectivos códigos de almoxarifado (se existissem), e sua classificação A, B, C. A seguir temos a figura 33, referente ao KR2.

FIGURA 33 - ATIVIDADES DO KR2.

| | Subject | Objective | Key Results |
|---|---------------------------------------|--|--|
| | Obsolescência (Resp.: Anderson Lopes) | | |
| O K R - 0 0 2 0 1 3 - 2 | PROJETO DE OBSCOLESCÊNCIA KR 2 | Classificação de Obsolescência para Componentes Mecânicos e Elétricos/Eletrônicos (2 a 7) | KR1 : Definição da Classificação Obsolescência para todos os componentes |
| | | | KR2 : Envio e Follow Up da relação de componentes para os fabricantes |
| | | | KR3 : Atualização da Obsolescência nos Itens Mecânicos |
| | | | KR4 : Atualização da Obsolescência nos Itens Eletrônicos |

FONTE: O autor (2021).

5.3 KR3 – Estruturação do Projeto: Base de dados, Power BI e Gestão financeira

Com a base preliminar montada, foi necessário entender o grau de obsolescência de cada um dos componentes mapeados. Esse entendimento se deu através de acompanhamento técnico com todos os fornecedores relevantes do parque, tais como: Bosch Rexroth, Festo, Siemens, Heidenhain, IFM, etc. Estes fornecedores indicaram o status de seus respectivos componentes de acordo com o critério de classificação de obsolescência de 1 até 7 apresentado anteriormente.

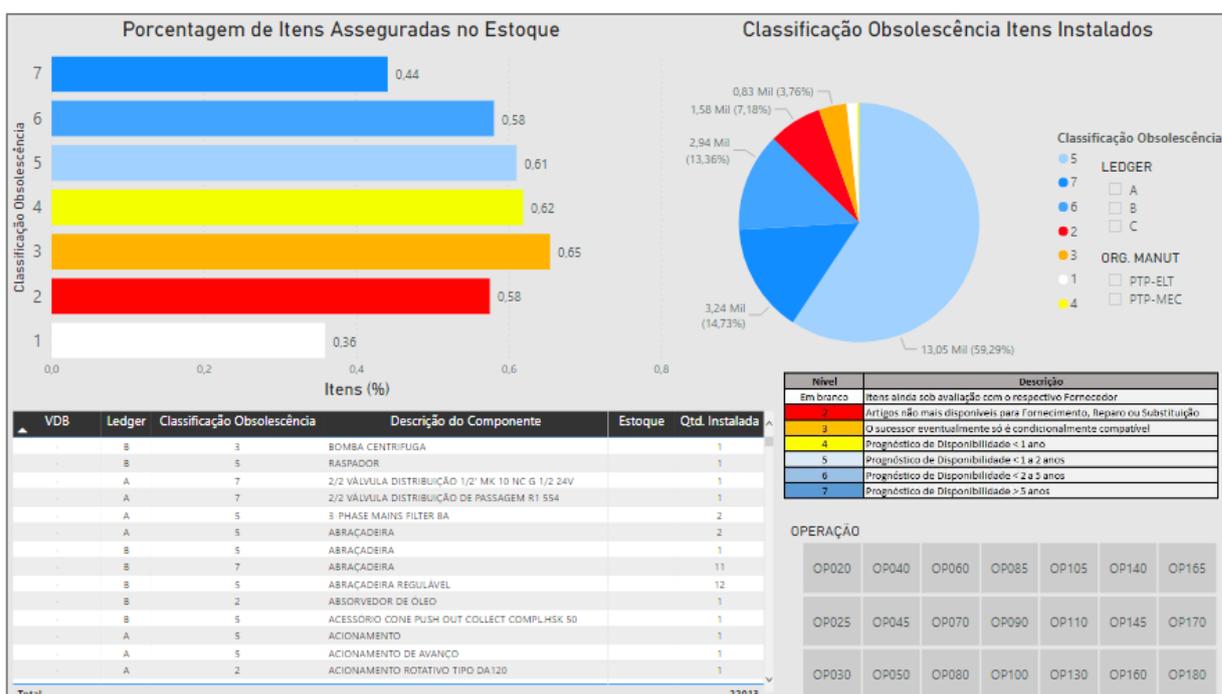
Tendo em vista que a linha de usinagem é muito antiga, temos uma distribuição de criticidade muito ampla para os itens: Enquanto temos itens obsoletos e sem atualizações disponíveis pelo fabricante (Classe 02) que demandam *retrofit* da unidade, como por exemplo: alguns casos dos itens Siemens, também possuem componentes obsoletos que podem ter uma atualização *Plug&Play* (Classe 03), que não demanda grandes alterações ou projetos na máquina para sua instalação.

Contudo, os itens de (Classe 04) em diante que não são obsoletos e tem um prognóstico de vida útil variado, podem ser adquiridos no mercado. Os itens de Classificação 01 são itens que ainda se encontram, pontualmente sob avaliação do fornecedor e são de baixa criticidade.

Com a base do projeto montada, classificando seus respectivos componentes com relação à sua disponibilidade ou criticidade de obsolescência, foram gerados alguns arquivos adicionais para facilitar a gestão de obsolescência em iniciativas futuras. São eles: o Power BI para termos uma gestão visual da criticidade do parque e distribuição das classificações de obsolescência e a Base de Gestão Financeira das

Iniciativas, que vão nos ajudar a distribuir os custos por projeto de *retrofit*/aquisição de peças de reposição no decorrer dos próximos anos e podem contribuir para a gestão do departamento. A figura 34, representa a classificação da obsolescência em nossa fábrica e determina a classificação da obsolescência por componente, onde é possível identificar a situação do nosso estoque do almoxarifado de manutenção, com base nos níveis de 1 a 7.

FIGURA 34 - CLASSIFICAÇÃO DA OBSOLESCÊNCIA.



FONTE: O autor (2021).

1. Classificação Tipo 1 - 36% dos itens, assegurados em estoque e 64% não possuímos em estoque ou estão com estoque indisponível;
2. Classificação Tipo 2 - 58% dos itens, assegurados em estoque e 42% não possuímos em estoque ou estão com estoque indisponível;
3. Classificação Tipo 3 - 65% dos itens, assegurados em estoque e 35% não possuímos em estoque ou estão com estoque indisponível;
4. Classificação Tipo 4 - 62% dos itens, assegurados em estoque e 38% não possuímos em estoque ou estão com estoque indisponível;
5. Classificação Tipo 5 - 61% dos itens, assegurados em estoque e 39% não possuímos em estoque ou estão com estoque indisponível;
6. Classificação Tipo 6 - 58% dos itens, assegurados em estoque e 42% não possuímos em estoque ou estão com estoque indisponível;

7. Classificação Tipo 7 - 44% dos itens, assegurados em estoque e 56% não possuímos em estoque ou estão com estoque indisponível.

De acordo com o gráfico de pizza da figura 34, apenas cerca de 10,94% da base de dados apresenta prioridade imediata para aquisição/atualização ou *retrofit* do equipamento.

Com base nas informações obtidas na figura 34, identificou-se a necessidade de um estudo aprofundado para identificar quais seriam as necessidades de compra de peças sobressalentes. Para tal, se fez necessário um trabalho de priorização com base em histórico de quebras e criticidade do componente, para assim iniciar o planejamento financeiro para os próximos anos. A figura 35 a seguir, representa a proposta para a gestão financeira das iniciativas e projetos de obsolescência.

FIGURA 35 - BASE DA GESTÃO FINANCEIRA OBSOLESCÊNCIA.

| | | Descrição | | ADICIONAR INICIATIVA | | ATUALIZAR FLUXOS | | |
|------------------------------------|--|-----------|-------------|----------------------|----------|------------------|------------|--------------------------|
| 0 | Obsoleto e sem Spare Part | | | | | | | |
| 1 | Necessário Acompanhamento | | | | | | | |
| 2 | Sob Controle porém sem Spare Part | | | | | | | |
| 3 | Sob Controle e com Spare Part | | | | | | | |
| 4 | Atualizado Tecnicamente e com Spare Part | | | | | | | |
| OVERVIEW SPARE PARTS OBSOLESCÊNCIA | | | | | | | | |
| Item | Componente / Equipamento | Operação | Responsável | Status | Situação | Estratégia | VMMS (VDB) | DIRETÓRIO |
| Y01-2021 | 344228-03 Cabo 1Vpp/TTL 12p MA/RI D=6mm c=3,00m | USINAGEM | Adilson | Iniciado | 0 | Spare Part | UB00020433 | Y01-2021 |
| Y01-2021 | 364914-02 Conversor de sinal 1Vpp/11uA FE/RE-MA/RI | USINAGEM | Adilson | Iniciado | 0 | Spare Part | UB00020434 | Y01-2021 |
| Y01-2021 | 344228-06 Cabo 1Vpp/TTL 12p MA/RI D=6mm c=6,00m | USINAGEM | Adilson | Iniciado | 0 | Spare Part | UB00020435 | Y01-2021 |

FONTE: O autor (2021).

Defronte a esta situação, em tomar uma decisão com uma base de itens superior a 22 mil componentes e considerando, principalmente, que cada um desses componentes tem uma classificação de obsolescência diferente, uma quantidade em estoque diferente, estão instalados em máquinas diferentes e possuem uma classificação *Ledger A, B e C* diferente, definiu-se a partir deste problema considerar-se uma análise hierárquica. A seguir temos a figura 36, a respeito do KR3.

FIGURA 36 - ATIVIDADES DO KR3.

| | Subject | Objective | Key Results |
|------------|--|---|--|
| | <i>Obsolescência (Resp.: Anderson Lopes)</i> | | |
| OKR 202014 | PROJETO DE OBSOLESCÊNCIA KR 3 | Estruturação do Projeto : Base de Dados, Power BI e Gestão Financeira Iniciativas | KR1 : Consolidação da Base de Dados via Excel ----- KR2 : Consolidação da Gestão Visual (Power BI) ----- KR3 : Consolidação da Tabela para Gestão Financeira das Iniciativas |

FONTE: O autor (2021).

5.4 KR4 – Definição dos Critérios e Geração AHP

O AHP (Análise Hierárquica de Processos) foi uma excelente opção, pois utilizou-se da diversidade de critérios por componente e a partir desta análise, ranqueou-se os componentes, através dos diversos critérios que compõem cada um, e dessa forma pode-se distribuir o custo de aquisição e projetos no decorrer dos próximos anos baseados em uma decisão quantitativa eficiente.

Em conjunto com o time de projeto e especialistas, entendeu-se a relevância em trazer critérios a nível da operação onde o componente estaria instalado, pois um componente que pode falhar em uma máquina gargalo da linha é muito mais crítico que um item defeituoso em uma máquina secundária.

Uma vez com os critérios definidos, teve-se outro desafio que envolvia o processamento da matriz AHP e dos seus seis critérios, enquanto rodamos a macro do método AHP completo, calculamos o que foi denominado de SIMPLE AHP em paralelo.

O SIMPLE AHP é uma matriz também de critérios, porém que define o parque a nível de máquina, e não mais a nível de componente.

Contudo, obteve-se os números AHP previstos para cada um dos 5196 componentes da base de obsolescência e como consequência a sua respectiva criticidade, conforme a figura 37 a seguir.

FIGURA 37 - ANÁLISE AHP.

| PY_ID | Source | AHP | CLASSIFICAÇÃO | DESCRIÇÃO DO COMPONENTE VOLVO |
|-------|----------|-------------|---------------|---|
| 5027 | BASE MEC | 0,000261718 | PTP-MEC | CILINDRO HIDRAULICO |
| 3117 | BASE MEC | 0,000261718 | PTP-MEC | ROLAMENTO AXIAL CONTATO ANGULAR |
| 3116 | BASE MEC | 0,000261718 | PTP-MEC | ROLAMENTO AXIAL CONTATO ANGULAR |
| 3119 | BASE MEC | 0,000261718 | PTP-MEC | ROLAMENTO AXIAL CONTATO ANGULAR |
| 423 | BASE MEC | 0,000261718 | PTP-MEC | CILINDRO HIDRAULICO |
| 433 | BASE MEC | 0,000261718 | PTP-MEC | CILINDRO HIDRÁULICO |
| 6520 | BASE MEC | 0,000261718 | PTP-MEC | CILINDRO HIDRÁULICO |
| 4737 | BASE MEC | 0,000261718 | PTP-MEC | BOMBA DE PARAFUSO |
| 430 | BASE MEC | 0,000261718 | PTP-MEC | CILINDRO HIDRÁULICO |
| 18143 | BASE MEC | 0,000259613 | PTP-MEC | FUSO DE ESFERAS COM PORCA RECIRCULANTE |
| 19173 | BASE MEC | 0,000259613 | PTP-MEC | ROLO TENSIONADOR |
| 8294 | BASE MEC | 0,000259613 | PTP-MEC | VALVULA REGULADORA DE VAZÃO |
| 8237 | BASE MEC | 0,000259613 | PTP-MEC | VALVULA REDUTORA DE VAZÃO UNIDIRECIONAL |
| 19221 | BASE MEC | 0,000259613 | PTP-MEC | ROLAMENTO RIGIDO DE ESFERAS DIN625 |
| 19219 | BASE MEC | 0,000259613 | PTP-MEC | ROLAMENTO RIGIDO DE ESFERA |
| 7658 | BASE MEC | 0,000259613 | PTP-MEC | GUIA LINEAR |
| 19220 | BASE MEC | 0,000259613 | PTP-MEC | ROLAMENTO RIGIDO DE ESFERA |

FONTE: O autor (2021).

Como próximos passos nesta iniciativa AHP, definiu-se em validar os componentes em campo nas áreas eletroeletrônica e mecânica. O objetivo é validar a lista de itens com iniciativas de *retrofit*, aquisição componentes novos, gestão de peças de reposição de forma a assegurar a disponibilidade dos nossos equipamentos e principalmente a disponibilidade de peças no almoxarifado da manutenção.

5.5 O Método *Simple AHP*

Durante a execução do cálculo par a par das matrizes dos critérios para cada um dos itens da base, foi identificado uma dificuldade em processar as informações tendo em vista a proporção dos cálculos que as matrizes deveriam realizar. Supondo uma matriz 22.014 por 22.014, a fim de realizar todas as divisões entre os itens, o computador deveria processar um total de 484.616.000 milhões de cálculos por critério, tornando o processamento oneroso. Como consequência, para a obtenção da priorização em nível de componente e para a estruturação da priorização de máquina foi utilizada a mesma base de dados AHP, porém de forma proporcional no cálculo dos critérios.

Em resumo, para cada critério foi somado a quantidade total de itens na máquina e realizada uma avaliação da distribuição em % e multiplicado este percentual pelo peso do critério e aplicou-se a somatória dos produtos resultando no número AHP para o critério específico e por máquina, por exemplo: Para o critério de

Ledger, que segundo o WCM é uma lista de peças ou componente, a máquina OP20, com um total de 1247 componentes, sendo 645 Tipo A, 537 Tipo B e 65 Tipo C. Avaliando a proporção de cada tipo de componente, obtém-se, uma proporção de 51,7% (Tipo A), 43,1% (Tipo B) e 5,2% (Tipo C) respectivamente. Para a obter o AHP da máquina soma-se todos os critérios e compara-se entre eles.

Na figura 38 a seguir, pode ser identificado o *Simple AHP* por critério e por máquina.

FIGURA 38 - SIMPLE AHP POR CRITÉRIO E POR MÁQUINA.

| | Critério | Peso | OP020 | OP025 | OP030 | OP040 |
|--|----------------------------|------|--------|--------|--------|--------|
| Critério 01 Ledger Componentes | A | 5 | 0,517 | 0,341 | 0,406 | 0,375 |
| | B | 3 | 0,431 | 0,507 | 0,567 | 0,566 |
| | C | 1 | 0,052 | 0,151 | 0,027 | 0,060 |
| | | | 1247 | 416 | 749 | 801 |
| | | | 3,930 | 3,380 | 3,758 | 3,629 |
| Critério 02 Classif. Obsolescência | 2 | 5 | 0,0658 | 0,0745 | 0,0814 | 0,0674 |
| | 3 | 4 | 0,0417 | 0,0409 | 0,0441 | 0,0449 |
| | 4 | 3 | 0,0008 | 0,0024 | 0,0000 | 0,0012 |
| | 5 | 2 | 0,4627 | 0,7067 | 0,5754 | 0,6841 |
| | 6 | 1 | 0,2654 | 0,0216 | 0,1842 | 0,1348 |
| | 7 | 1 | 0,1636 | 0,1538 | 0,1148 | 0,0674 |
| | | | 1247 | 416 | 749 | 801 |
| | | | 1,852 | 2,132 | 2,033 | 2,091 |
| Critério 03 Situação Estoque | NOK | 5 | 0,285 | 0,313 | 0,434 | 0,469 |
| | OK (Zerado - Retrofitting) | 4 | 0,007 | 0,019 | 0,017 | 0,026 |
| | OK (Zerado - Plug&Play) | 3 | 0,006 | 0,012 | 0,003 | 0,006 |
| | OK (Zerado) | 2 | 0,253 | 0,228 | 0,164 | 0,115 |
| | OK | 1 | 0,449 | 0,428 | 0,382 | 0,382 |

FONTE: O autor (2021).

Uma das vantagens do *Simple AHP*, é que apesar de não olhar a máquina a nível de componente, tal como o AHP Completo, a sua base de cálculo e proporção dos pesos *versus* critérios, possibilitou-se estimar quais são as operações mais críticas dentro do projeto de obsolescência. Com base nessas informações foi possível, gerar o plano de investimento para os próximos 5 anos. A seguir, temos a figura 39, apresentando as prioridades por máquina.

FIGURA 39 - SIMPLE AHP CRITÉRIO POR MÁQUINA.

| | AHP M |
|-------|--------|
| OP198 | 20,573 |
| OP090 | 18,903 |
| OP040 | 18,636 |
| OP060 | 18,513 |
| OP200 | 18,276 |
| OP220 | 18,110 |
| OP020 | 17,300 |
| OP180 | 16,906 |
| OP170 | 16,482 |
| OP030 | 16,473 |
| OP190 | 16,275 |
| OP080 | 15,884 |
| OP140 | 15,472 |
| OP110 | 15,381 |
| OP210 | 15,085 |
| OP130 | 13,936 |
| OP160 | 13,858 |
| OP050 | 13,554 |

FONTE: O autor (2021).

A seguir, temos a figura 40, com a descrição das ações referente ao KR4.

FIGURA 40 - ATIVIDADES DO KR4.

| | Subject | Objective | Key Results |
|--|-------------------------------------|---|--|
| | | | <i>Obsolescência (Resp.: Anderson Lopes)</i> |
| O K R - 0 0 5 - 2 0 2 1 | PROJETO DE OBSOLESCÊNCIA KR 4 | Definição dos Critérios e Geração AHP (Simple / Full) | KR1 : Definição Inicialmente de 06 Critérios : Obsolescência, Estoque, Máquina (AA,A,B,C) e Componente (A,B,C) , Breakdown Hours e Custo |
| | | | KR2 : Amadurecimento dos Critérios c/ Analista e Engenheiro |
| | | | KR3 : Definição do Método AHP para priorização a nível de Componente |
| | | | KR4 : Definição do Método Simple AHP para priorização a nível de Máquina |
| | | | KR5 : Geração das 2 Bases de Priorização (jupyter) |

FONTE: O autor (2021).

5.6 KR5 – Geração do plano de investimento para obsolescência.

Após a definição da forma de ranqueamento dos componentes e máquinas mais críticas quantitativamente e obtendo maior assertividade nas tomadas de decisões, iniciou-se o processo de cotação, de acordo com a RFQ (*Request for Quotation*) do dia 10 de setembro de 2021, que foi estimado junto aos fabricantes de máquinas e de projeto os custos de *retrofit*. Nos próximos passos, definiu-se junto às outras áreas quais seriam as prioridades à nível de máquina internamente, e com o decorrer da análise da Classificação AHP para as áreas de mecânica e eletrônica, definiu-se quais seriam as prioridades a nível de componente para os próximos anos. A seguir, temos a figura 41, apresentando as ações desenvolvidas no KR5.

FIGURA 41 - ATIVIDADES DO KR5.

| | Subject | Objective | Key Results |
|--|---------------------------------------|---|--|
| | Obsolescência (Resp.: Anderson Lopes) | | |
| K R - 0 0 6 - 2 0 2 | PROJETO DE OBSOLESCÊNCIA KR 5 | Geração do Plano de Investimento de Obsolescência | KR1 : Estudar máquinas que serão impactadas pelo Projeto CGI KR2: Levantar junto com Compras o Budget Quotation dos Retrofittings (CGI, Retrofitting Manut. e Spare Part) KR3 : Mapear máquinas que, após retrofitting, vão abastecer o parque com suas Spare Part KR4 : Análise de Obsolescência em todos os itens da Última Base (5196 itens) |

FONTE: O autor (2021).

Em paralelo, o Projeto de Obsolescência está expandindo-se para as demais linhas da fábrica, com isso, pretende-se ter uma visão holística de todo o parque fabril sob o aspecto de obsolescência, garantindo assim a eficiência e disponibilidade de máquina e linha de montagem.

6 RESULTADOS

6.1 Projeto de Obsolescência

O projeto de obsolescência trouxe como resultado um plano de investimento para os próximos 5 anos em nossa organização. Este plano de investimento, foi construído com base metodológica desenvolvida através do projeto de obsolescência e validado com as áreas operacionais, processo, engenharia de manufatura e em conjunto com o time da engenharia de manutenção. Possui robustez e é confiável, pois foram 2 anos de estudos e dedicação para elaboração desse trabalho.

A seguir, temos a figura 42 que apresenta a plano de investimento para *retrofit* de máquinas.

FIGURA 42 - PLANO DE INVESTIMENTO.

| Obsolescence Investment Plan | | | Current | | | | Mid-term | | | | | |
|------------------------------|--|----------------|------------------------|------|-----------|------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Area Process | | | 2020 | | 2021 | | 2022 | | 2023 | | 2024 | |
| Total per Year | | Custo Estimado | Kbrl | Ksek | Kbrl | Ksek | Kbrl | Ksek | Kbrl | Ksek | Kbrl | Ksek |
| Station | | | Block Machining | | | | | | | | | |
| OP198 | Sempulco Turn Table Q4 2019 (Closed) | | 385 | 616 | | | | | | | | |
| OP198 | Pressure Rolling Unit Q1 2020 (Canceled) | | | 0 | | | | | | | | |
| OP180 | Obsolete Marposs System (Closed) | | 450 | 720 | Execution | | | | | | | |
| OP200 | Obsolete Marposs System + Cable Carriers OP025 and OP165 | | | | 350 | 560 | Execution | | | | | |
| OP030 | Obsolete Marposs System | | | | 50 | 80 | Execution | | | | | |
| OP040 | Obsolete Marposs System | | | | 50 | 80 | Execution | | | | | |
| OP025 | Cable Carrier Deterioration | | | | 120 | 192 | Execution | | | | | |
| OP165 | Cable Carrier Deterioration | | | | 160 | 256 | Execution | | | | | |
| OP160 | Obsolete Bosch Electronic Nut Runner (On Going) | | 420 | 672 | Execution | | | | | | | |
| OP040 | Retrofitting CNC Grob TES | R\$ 3.000,00 | | | | | Study | | 3000,0 | 4800,0 | | |
| OP210 | Obsolete ABB Robot | R\$ 2.600,00 | | | | | Study | | 2600,0 | 4160,0 | | |
| OP090 | Retrofitting CNC Grob BZ | R\$ 3.000,00 | | | | | Study | | 3000,0 | 4800,0 | | |
| OP220 | Retrofitting + Change Design | R\$ 1.200,00 | | | | | | Study | | | 1200,0 | 1920,0 |
| OP060 | Equipment Retrofitting (CNC, Filter, Table Index) | R\$ 5.000,00 | | | | | | | | | Study | Study |
| OP198 | Retrofitting CGI | R\$ 4.000,00 | | | | | | | | | Study | Study |
| OP020 | Retrofitting CNC Grob BZ CGI | R\$ 3.000,00 | | | | | | | | | Study | Study |
| OP200 | Retrofitting CNC CGI | R\$ 4.000,00 | | | | | | | | | Study | Study |
| OP020 | Obsolete Punch Machine | R\$ 300,00 | | | | | | | | | | |
| All | CBM Online | R\$ 2.600,00 | | | Study | | 650,0 | 1040,0 | 650,0 | 1040,0 | 650,0 | 1040,0 |

Fonte – o Autor (2021).

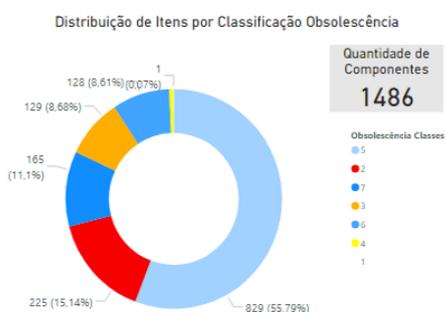
Com relação ao plano de investimento para a aquisição dos componentes eletrônicos e mecânicos para garantia do estoque de manutenção, continuamos analisando os 5196 componentes obsoletos, temos o resultado parcial desta análise para as peças eletrônicas, conforme a figura 43 a seguir, com relação aos componentes eletrônicos.

FIGURA 43 - EVOLUÇÃO COMPONENTES ELETRÔNICOS.

Planejamento Gestão de Spare Part

Cenário AHP : Análise de 5.196 Itens da Usinagem

Peças Eletrônicas



FONTE BREAKDOWN

- Cortinas de Luz (Status : OK)
- Réguas Heindenhein e Enconders (Status : OK)

FONTE AHP

- **Total 355 itens Obsoletos (2,3)**
- Motores Elétricos (Total : 167 Motores estão sendo avaliados – 130 avaliados por enquanto – nenhuma compra)
- Família Siemens (Total 2 e 3 : 140 Itens serão avaliados) (58% Itens)
- Eletrônico Geral (A partir da AHP novamente)
- **Prazo Avaliação/Compras : Q2 / 2022**

FONTE: O autor (2021).

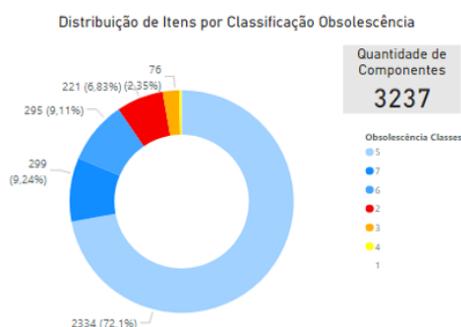
A seguir temos a evolução da análise até o momento para os componentes da área mecânica, conforme a figura 44 a seguir, com relação aos componentes mecânicos.

FIGURA 44 - EVOLUÇÃO COMPONENTES MECÂNICOS.

Planejamento Gestão de Spare Part

Cenário AHP : Análise de 5.196 Itens da Usinagem

Peças Mecânicas



FONTE AHP

- **Total 399 itens Obsoletos (2,3)**
- Com base na Higienização do Almox. da FESTO, avaliar itens a serem adquiridos (Avaliar o que precisa adquirir e depois cross check na Máquina)
- ESTUDO Itens Bosch Rexroth : Está sendo avaliado pelo Xavier junto ao fornecedor as estimativas (Compra de Kit, Deixar em Estoque, Atualizar os Cilindros)
- Próximos Fabricantes HYDAC, VOGEL, SKF, COAX (58% Itens)
- **Prazo Avaliação/Compras : Q2 / 2022**

FONTE: O autor (2021).

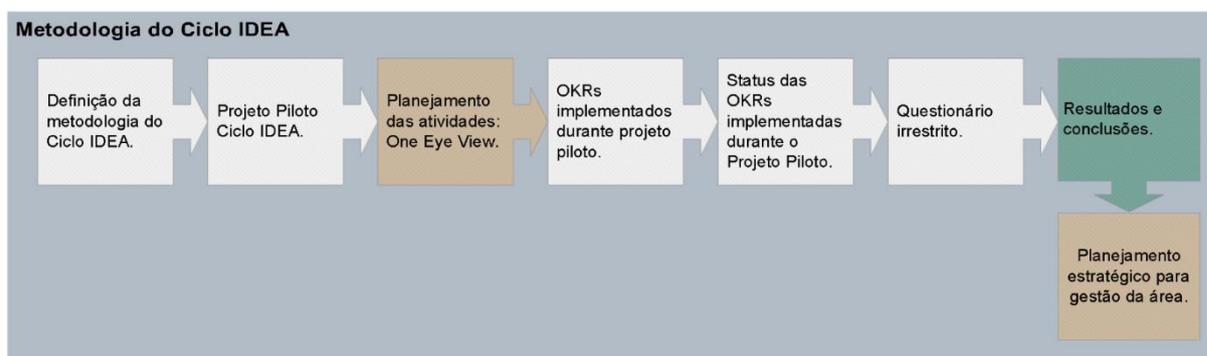
A conclusão da análise das peças sobressalentes, trará a necessidade da elaboração de um plano de investimento para garantir a estabilidade e a sustentabilidade do almoxarifado de manutenção e conseqüentemente da fábrica. O

plano é concluir toda a análise e solicitação dos orçamentos, bem como definir as prioridades de compra até julho de 2022.

6.2 Metodologia de Gestão – Ciclo IDEA

O Projeto de Obsolescência oportunizou a implantação de uma nova metodologia de gestão de times, chamada de Ciclo IDEA e foi a metodologia utilizada na implementação do projeto de obsolescência e adotada no projeto piloto na área de manutenção, a fim de testar sua eficácia em outras iniciativas do departamento de manutenção e engenharia de manutenção. A figura 45, representa o fluxograma de implantação da metodologia Ciclo IDEA.

FIGURA 45 - FLUXOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO PILOTO DA METODOLOGIA CICLO IDEA.



FONTE: O autor (2021).

A Metodologia Ciclo IDEA é o acrônimo das palavras Inovação, Desenvolvimento, Execução e Acompanhamento. Esta metodologia foi desenvolvida com base nos princípios do Ciclo PDCA.

A abordagem principal deste método de trabalho consiste em 4 focos principais: Performar, Transformar, Digitalização e Metodologia Ágil. A ideia principal desta metodologia é ampliar a autonomia e o empoderamento do time da manutenção e engenharia de manutenção, buscando a melhora no engajamento e aumento da sinergia entre departamentos, reforçando a importância quanto ao uso das ferramentas da gestão *Lean*.

O performar sugere que o dia a dia seja produtivo na busca constante de resultados consistentes e eliminando as causas de falhas em equipamentos,

agregando valor ao negócio e fortalecendo as diretrizes do grupo organizacional. O Transformar, significa avaliar possibilidades de futuro, ou seja, trabalhar em iniciativas inovadoras com auxílio da tecnologia que tragam soluções inteligentes e com suporte das demais áreas da empresa, ou seja todos buscando o mesmo objetivo alinhados com a inovação.

O envolvimento do time em iniciativas da Indústria 4.0 e da Digitalização corroboram com o momento tecnológico e o avanço da automação industrial em conjunto com as tendências digitais, a consequência é a obtenção de um ciclo virtuoso atingindo os resultados e atendendo as expectativas do departamento e da organização.

A experimentação da gestão ágil na implantação das iniciativas ou projetos de manutenção, reverberou o jeito diferente em pensar, planejar e executar as nossas ações. A praticidade, a redução do tempo de execução e acompanhamento constante e periódico demonstra uma maior capacidade de realização e redução do *backlog* trazendo conforto no planejamento da área.

Contudo, o mais importante deste processo consiste na dedicação e aplicação dos critérios de gestão já utilizados pela empresa em sua essência, garantindo os princípios e valores que são a base dos conceitos apresentados na metodologia *Lean*. Para melhor entendimento, seguem a seguir, os critérios de gestão:

1. Compromisso de Gestão;
2. Clareza dos objetivos;
3. *Roadmap*;
4. Alocação de pessoas altamente qualificadas;
5. Compromisso da organização;
6. Competências da organização;
7. Tempo e orçamento;
8. Nível de detalhes;
9. Nível de expansão;
10. Motivação das pessoas.

6.3 Reforçando os Valores da Gestão *Lean*

Apresentar uma nova metodologia para gestão de times buscando alta performance, e resultados de classe mundial não é uma tarefa fácil, ainda mais para empresas que conhecem e aplicam os conceitos do *Lean Manufacturing*. Por outro lado, é uma oportunidade em mostrar para aquelas organizações que não estão familiarizadas com estes conceitos e filosofia de trabalho, onde a busca pela melhoria contínua é algo que nunca pode cessar, bem como a solução de problemas e as oportunidades são uma constante no dia a dia.

Entende-se que a gestão de times é algo que pode ser sistematizado, deste modo, o uso de ferramentas são o complemento para que o gestor obtenha informações sobre as principais demandas e onde os colaboradores possam ter acesso a estratégia do departamento e da organização com riquezas em detalhes, e o Ciclo IDEA possibilita esta visibilidade ou inovação. A cultura baseada em critérios, premissas e com uso de ferramentas, visam o suporte na implementação de projetos ou atividades, buscando manter a unidade do time, moral elevada e o bom nível de motivação.

O Ciclo IDEA foi constituído de 4 quadrantes, que são eles: Inovação, Desenvolvimento, Execução e Acompanhamento. Para melhor entendimento sobre cada um desses quadrantes, segue um breve descritivo a seguir:

- Inovação – Despertar o interesse no time em pensar de forma disruptiva, experimentando em fazer as coisas de forma diferente com o foco no “performar” e “transformar”, buscando agregar valor em todas as ações;
- Desenvolvimento – Seria o “como” suportar os colaboradores em suas iniciativas, mantendo a motivação elevada buscando extrair o melhor de cada indivíduo e garantindo os princípios *Lean* e de gestão de times;
- Execução – Planejar as atividades com prazos mais curto, utilizando-se da filosofia de *sprints* e com reuniões de *follow up* para ajustes de percurso, quando necessário;
- Acompanhamento – Avaliação dos resultados com a oportunidade de registrar as mudanças nos documentos do departamento e reconhecer junto ao time as conquistas e o progresso nas iniciativas.

A figura 46, a seguir, representa a metodologia do Ciclo IDEA. Conforme mencionado anteriormente ela é uma adaptação na forma do Ciclo PDCA, porém aborda conceitos diferentes com foco na organização das iniciativas, onde contribui para a gestão de times de alta performance atingirem os resultados de forma estruturada e seguindo conceitos pré-estabelecidos pelas organizações, por isso apresenta facilidade em se adaptar a qualquer tipo de cultura organizacional.

FIGURA 46 - CICLO IDEA.



FONTE: O autor (2021).

Importante ressaltar, que neste modelo de gestão a liderança é transversal com o intuito de criar protagonismo ao time. Pois, os colaboradores possuem conhecimentos necessários para o desenvolvimento das atividades e devem ter autonomia profissional para tomada de decisão, tendo em vista que nem sempre haverá um gestor disponível para suportá-lo, como por exemplo: nos turnos de finais de semana e noturnos. A ideia central é considerar que todos os colaboradores podem exercer liderança, mesmo não possuindo cargos de gestão, este é um paradigma importante e libertador no sentido de crescimento profissional e reconhecimento.

Para mais fácil entendimento da aplicação da metodologia do Ciclo IDEA, foi elaborado uma descrição detalhada através de fluxos e etapas com breve descritivo

apresentando a ideia central de forma sumarizada e objetiva. A figura 47 a seguir, apresenta as descrições das etapas do Ciclo IDEA.

FIGURA 47 - DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO CICLO IDEA.

| ETAPAS - CICLO IDEA | | | |
|---------------------|-------|---|---|
| IDEIA | FLUXO | ETAPA | OBJETIVO |
| I | 1 | Criatividade - Ideias Disruptivas | Tentar, experimentar, falhar... fazer diferente para obtenção de resultados diferentes, se desafiar. |
| | 2 | Performar | Realizar as atividades do departamento, identificando novas formas/modelos a fim de, garantir a estabilidade do processo. |
| | 3 | Transformar(Digitalização) | Implementar projetos, iniciativas, kaizens utilizando as ferramentas de transformação digital e tendências tecnológicas. |
| | 4 | Geração de Valor | Objetivar ganhos econômicos para a organização e aumento de produtividade. Objetivar ganhos ao meio ambiente e sustentabilidade. Criar senso inovador - Impactando a diversidade, tecnologia, processo e as nossas pessoas. |
| D | 5 | Suporte na implementação | Acompanhar as iniciativas do time e participar de forma ativa nas etapas de implementação e escalar quando for necessário. |
| | 6 | Identificar Oportunidades | Uso de ferramentas de gestão para identificar oportunidades e reforçar a importância usando os KPI's, relatórios gerenciais, benchmark, etc. |
| | 7 | Motivação da Equipe | Conhecer a essência de cada colaborador e seu potencial a fim de, obter o melhor de cada um. Manter o nível de motivação e moral do time elevado e o engajamento individual e coletivo. |
| | 8 | Cultura Organizacional | Garantir um excelente clima organizacional e o respeito em todos os níveis da organização aplicando a filosofia do VPS/WCM. |
| E | 9 | Cronograma | Ter prazos claros e definidos a fim de, garantir a execução sem sobrecarga de trabalho ou riscos operacionais e de segurança. |
| | 10 | Gestão Ágil | Aplicação de ferramentas ágeis com sprints e targets definidos para execução das atividades/projetos. |
| | 11 | Efetividade | Avaliação da eficácia da implementação das ações e do cumprimento dos prazos. |
| A | 12 | Verificação dos Resultados | Comparar os KPI's ou target definido para a atividade/projeto e validar ou sugerir nova avaliação/solução. |
| | 13 | Padronização | Propor a criação do Standard work ou registro em documentos do departamento. |
| | 14 | Descrição da LUTI's (Learn, use, teach and Inspect) | Preparação do documento LUTI para treinamento e expansão do conhecimento, quando for possível. |
| | 15 | Fechamento do Kaizen | Concluir o projeto Kaizen desenvolvido, para registro e horizontalização da melhoria. |
| | 16 | Conclusão | Reconhecimento do colaborador/time e horizontalização da atividade se for possível. |

FONTE: O autor (2021).

O Ciclo IDEA foi concebido de forma simples e instrutiva para que possa ser implementado em qualquer área ou departamento, tais como: Qualidade, logística, engenharia, suprimentos e operações e em diferentes tipos de negócios. É de fácil entendimento por parte dos colaboradores e de simples expansão horizontal e vertical.

6.4 Projeto Piloto – Implantação da Metodologia Ciclo IDEA na Área de Manutenção e Engenharia de Manutenção

No dia 6 de agosto de 2021, via plataforma Teams da Microsoft, foi realizado o *kick-off* do projeto junto ao time gerencial, a área de recursos humanos, os times de manutenção, engenharia de manutenção e também com alguns convidados da nossa planta. Iniciou-se o projeto piloto de implementação da Metodologia Ciclo IDEA na área de Manutenção e Engenharia de Manutenção com prazo definido para conclusão no dia 06 de novembro de 2021, ou seja, uma *sprint* de 90 dias.

O principal objetivo deste piloto foi de colocar em prática os princípios da metodologia do Ciclo IDEA, agora, em atividades rotineiras e nas iniciativas que demandariam certo tempo e envolvimento de colaboradores de outros departamentos. Para tal, foi necessária uma preparação do time da manutenção em relação aos treinamentos das metodologias ágeis em especial das OKR's. Foram 5 seções com duração média entre 30-40 minutos, onde todos os colaboradores do time da manutenção e engenharia da manutenção participaram, previamente.

Este entendimento em como utilizar a metodologia ágil foi fundamental para que o time tivesse o discernimento e soubesse adotar o bom uso da teoria na tomada de decisão em eleger uma atividade a ser tratada como OKR. A figura 48 a seguir, apresenta um apanhado de iniciativas, as quais poderiam ser utilizadas neste projeto piloto e somadas com as demais ideias vindas dos times.

FIGURA 48 - PLANEJAMENTO EM MÉDIO PRAZO.

| MID TERM PLANNING | |
|---|--|
| Julho a Dezembro 2021 | |
| GESTÃO: | |
| Planejamento de troca de turno para 2022 (Rodízio) | |
| Avaliação dos Contratos determinados | |
| Piloto Ciclo IDEA – Manutenção e Engenharia de Manutenção | |
| Liderança Situacional (Coach com os Líderes) e Time | |
| Coach & mentoring para os Líderes técnicos | |
| Introdução a métodos Ágeis de Trabalho (sprints) | |
| MATRIZ DE COMPETÊNCIAS E TREINAMENTOS: | |
| Revisão da Skill Matriz da Manutenção (inclusão dos novos funcionários) | |
| Desenvolver a Skill Matriz da Engeman | |
| Planejamento de treinamentos para 2022 | |
| Criar um plano de desenvolvimento de treinamento envolvendo PM e AM | |
| Projeto de multiplicação do conhecimento | |
| Treinamento de PM | |
| PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO: | |
| Planejamento das férias 2021-2022 | |
| Top 6 <i>Main failures</i> (2 <i>per line</i>) | |
| Gestão de Lubrificação | |
| Gestão dos kaizens de manutenção e follow-up | |
| Otimização do plano de TBM para CBM e criação de novas CBMs | |
| Revisar o Roadmap para 2022 (Avaliar substituir Step to Milestone por OKR) | |
| ANÁLISE DE DADOS: | |
| Análise/Cálculo e estudo do Rework e Produtividade | |
| Desenvolver relatório de custo de manutenção e follow-up semanal | |
| Introdução ao uso da Confiabilidade para tomada de decisão | |
| Maintenance Crew (Avaliação de Cenários) | |
| BENCHMARK: | |
| Benchmark na área de Manutenção | |
| Calendário p/ workshop com fornecedores (novas tecnologias/reciclagem) | |
| PARCERIA UNIVERSIDADES: | |
| Projetos Transformação Digital com HUB IA Senai, POC2 e POC3 | |
| Projeto DMAIC-OP60 (UFPR) | |
| INTEGRAÇÃO: | |
| Participação da Revisão do AM Calendar na OP030, OP170 e OP198 | |
| PROJETOS: | |
| Mapa da Obsolescência (priorização de máquinas p/ retrofit ou substituição) | |
| Startup Straight Line (07/09) | |
| Tryout no fornecedor da MM656 e MM658 | |
| Pedido e tryout no fornecedor da MM643 e pedido da MA005 | |
| MM660, aprovação do escopo e fornecedor para o Euro VI | |
| NR12: Usinagem, máquinas a serem definidas; Linha Básica: MM655 e MM662 | |
| Retrofit das Apertadeiras da OP160 | |
| MT035, piloto na MT020 para eliminação do reservatório de óleo | |
| Transferência do DH12 para Reman P.150 | |
| Estudos do CGI para avaliação dos impactos nas máquinas | |

FONTE: O autor (2021).

O momento mais importante quando se refere a criação de OKR's, é o fato de descrever muito bem o objetivo, ou definir o problema que se deseja resolver. As descrições das KR's precisam utilizar um verbo de ação e objetividade para o atingimento dos resultados esperados. As KR's necessitam de uma meta coerente, com relação a possibilidade de conclusão dentro do período especificado, no caso 90 dias. Todo o processo deve ser acompanhado com uma frequência semanal ou quinzenal pelos responsáveis das OKR's. Neste momento, realiza-se três perguntas chaves:

1. O que evoluiu nas minhas OKR's desde o último encontro (evolução)?
2. Qual a entrega para o próximo encontro (dedicação)?
3. Quem pode ajudar na execução do próximo KR (escalonamento)?

A seguir temos a figura 49, com um exemplo de OKR implementada no projeto piloto.

FIGURA 49 - EXEMPLO DE OKR IMPLEMENTADA.

| Subject | Objective | Key Results | Responsible | From | To | Unit | Current | KRs Progress | |
|--------------------------------------|-------------------------------|--|--|-----------|----|------|-------------------|--------------|------|
| Zero breakdown (Resp.: José Cruz) | | 3-month target | | | | | | | |
| OKR 2 - 0 2 2 0 1 1 - | Top 6 Failures PTP foco PM | Reduzir perda de BD nas 2 máquinas com maior índice de falhas para a Usinagem | KR1: Definir as 2 máquinas (OP060 e OP090) mais críticas da Usinagem | José Cruz | 0 | 2 | Máquinas | 2 | 100% |
| | | | KR2: OP090 Medição isolamento de cabos dos servomotores | Giovani | 0 | 5 | Servomotores | 5 | 100% |
| | | | KR3: OP090 Medição tensão de alimentação geral | Giovani | 0 | 1 | Pontos de entrada | 1 | 100% |
| | | | KR4: OP090 Desligamento do Jumper entre terra e Neutro | Giovani | 0 | 2 | Jumpers | 2 | 100% |
| | | | KR5: OP090 Preventiva módulos de potencia (Autêntica) | José Cruz | 0 | 5 | Módulos | 5 | 100% |

FONTE: O autor (2021).

As OKR's podem ser divididas em 2 grupos, para melhor definir a estratégia de desenvolvimento das atividades:

- *Roofshots* (tiro no telhado) – Projeto complexo, mas em condições de desenvolvimento e implantação. Necessita ser concluído com 100% das ações;
- *Moonshots* (tiro na lua) – Projeto com previsão de longo prazo para o desenvolvimento e implantação, pode se considerar 70% do objetivo, como resultado parcial ou até mesmo concluído.

Desta forma, o principal objetivo de um projeto piloto é o de experimentar, testar, falhar e aprender para a implementação em definitivo. Este processo é muito bem representado através da Curva da mudança Kubler-Ross (1969), pois detalha as fases inerentes ao comportamento humano e que estão presentes em todos os momentos que exigem experimentar algo novo e até mesmo inesperado.

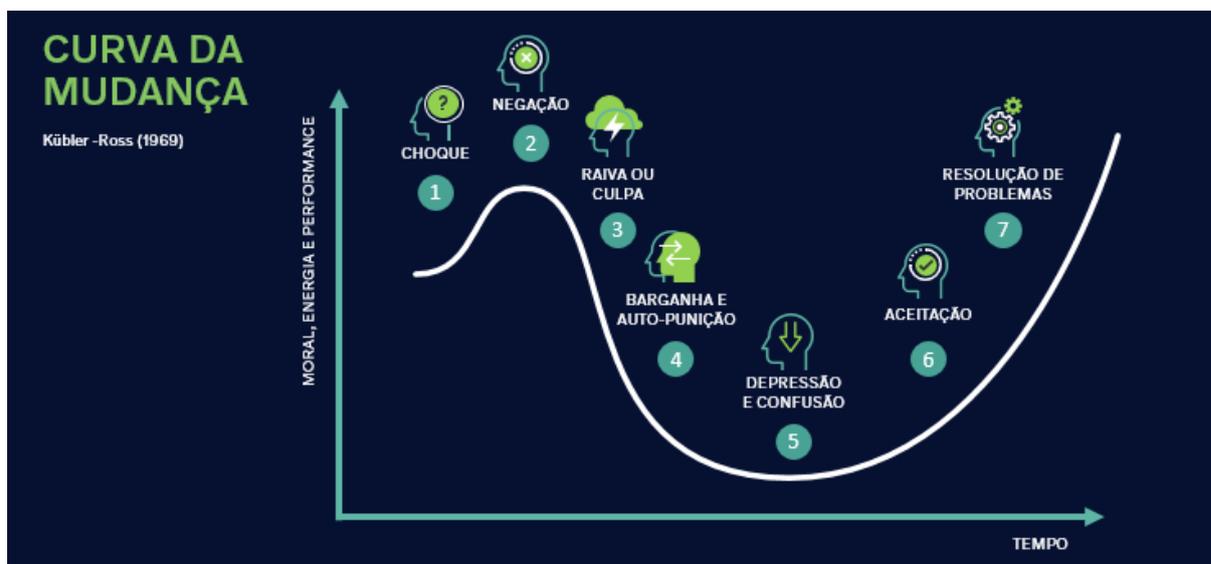
O momento do choque é percebido quando somos desafiados a sair da zona de conforto, automaticamente o nosso cérebro e corpo apresentam sinais de negação altamente perceptíveis. Este sentimento, muitas vezes involuntário, expressa a raiva ou culpa do indivíduo por estar passando por este processo de mudança. E naturalmente, o ser humano inicia o processo de barganha e autopunição que conduz

ao estado de depressão e confusão mental, na busca pelo entendimento e aceitação do fato novo e extraordinário em sua vida.

Contudo, este processo de amadurecimento é vital para que o ser humano esteja capacitado a perceber que todo o processo leva tempo e esforço físico e mental para que almeje e potencialize a resolução de problemas, que podem ser de ordem pessoal ou profissional.

Todo este processo foi identificado ao longo do projeto piloto, variando em tempo em amplitude e bem antes do seu início, por parte do time responsável pela condução e suporte das iniciativas. A seguir a figura 50, representa a curva da mudança.

FIGURA 50 - CURVA DA MUDANÇA.



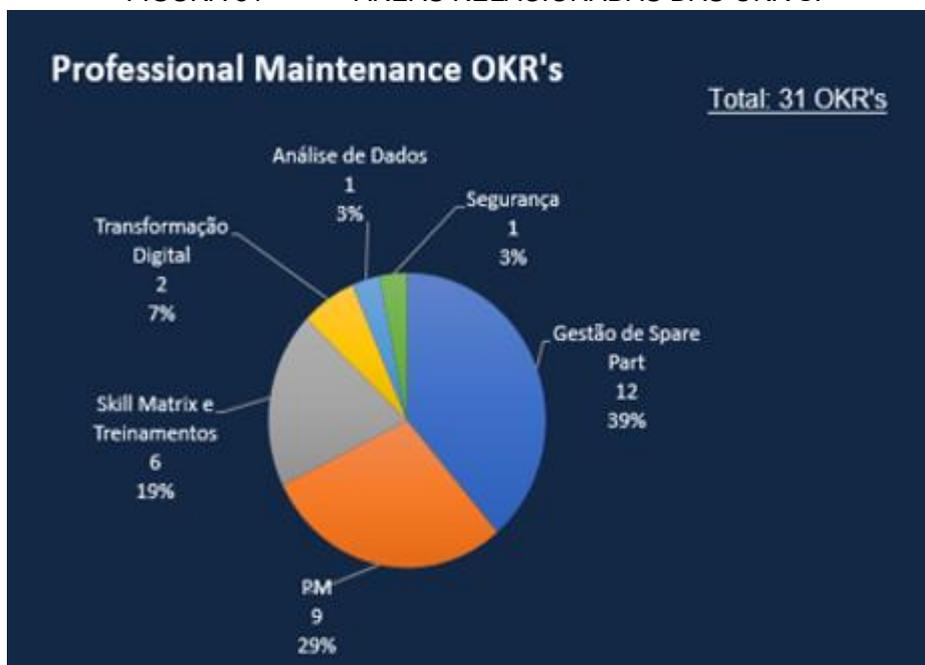
FONTE: Adaptado do artigo da Franciele Maftum.

No decorrer do projeto piloto, foram implementadas 31 iniciativas OKR's subdividas da seguinte forma:

- Uma atividade envolvendo Segurança;
- Uma atividade envolvendo Análise de dados;
- Duas atividades envolvendo Transformação Digital;
- Seis envolvendo matriz de habilidades e treinamentos;
- Nove atividades referentes a Manutenção Profissional (PM);
- Doze atividades sobre Gestão de Estoque do Almojarifado.

A figura 51 a seguir, representa o portfólio de iniciativas neste projeto piloto.

FIGURA 51 - ÁREAS RELACIONADAS DAS OKR'S.



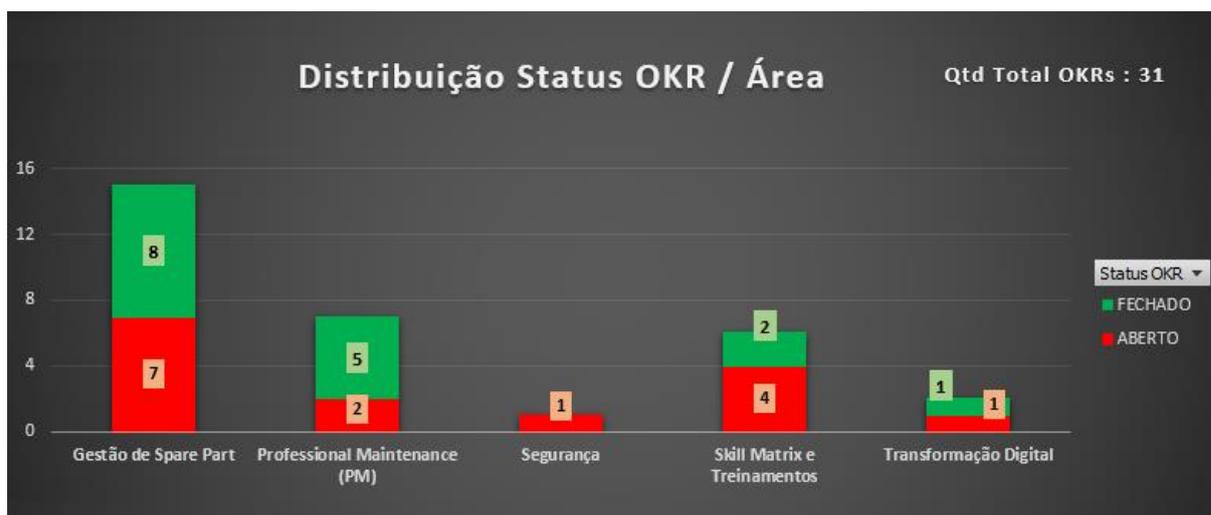
FONTE: O autor (2021).

Destas 31 iniciativas OKR's, atingiram-se os seguintes resultados:

- 1 OKR atingiu apenas 25% do objetivo;
- 27 OKR's ultrapassaram 50% do objetivo;
- 17 OKR's atingiram 75% do objetivo;
- 8 OKR's atingiram 100% do objetivo.

A figura 52, a seguir apresenta a distribuição das iniciativas OKR por área implementada no projeto piloto.

FIGURA 52 - DISTRIBUIÇÃO E STATUS DAS OKRS.



FONTE: O autor (2021).

Mesmo sem a conclusão de todos os projetos em sua totalidade, foi possível identificar o potencial para 19 *kaizens* que se encontram em desenvolvimento e poderão trazer benefícios financeiros para a organização.

6.5 Questionário Irrestrito

O questionário Irrestrito, é definido como uma técnica de investigação, onde elaboram-se questões por escrito a um determinado público, a fim de obter opiniões, interesses, expectativas e experiências sobre um determinado assunto ou prática aplicada em caráter de teste ou avaliação.

Para a pesquisa em questão, foi elaborado 1 questionário em meio eletrônico através da plataforma do Microsoft Office, denominado Forms, onde foi disponibilizado um link de acesso ao questionário. Aplicou-se 18 questões, ao time de manutenção e engenharia de manutenção, no total de 37 colaboradores, não houve distinção por parte de gênero ou posição hierárquica.

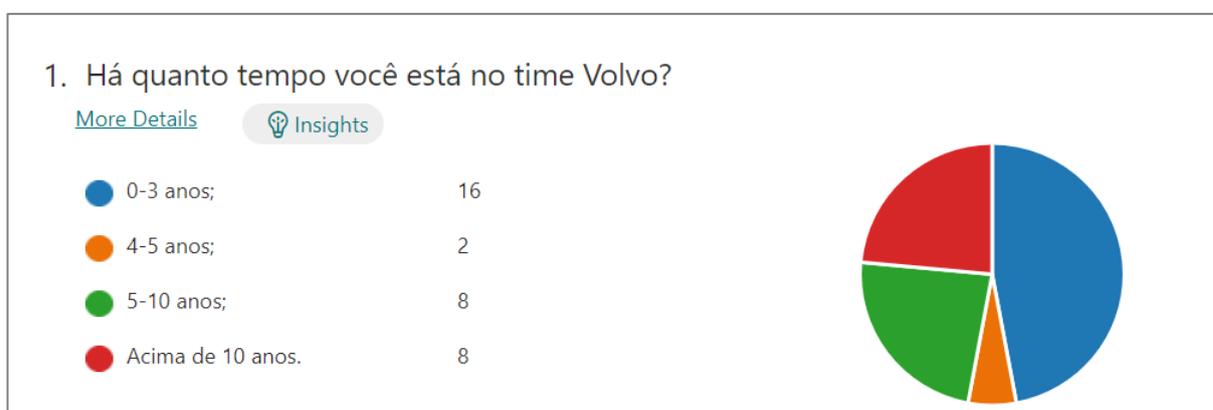
O questionário irrestrito foi elaborado com questões em forma de perguntas diretas, perguntas com múltipla escolha e também em forma gráfica. Com relação à política de confidencialidade adotada no questionário, os colaboradores foram informados com relação a finalidade da coleta dos dados para o entendimento sobre a implantação do piloto sobre a metodologia Ciclo IDEA, sem condições de identificar e divulgar dados sobre os respondentes.

6.6 Questões do Questionário Irrestrito

O questionário Irrestrito foi elaborado com base em 18 questões as quais serão abordadas a seguir. Era esperado um total de 37 respondentes, porém houve 34 respostas, totalizando 92% dos respondentes.

A **questão 1**, foi referente ao tempo de empresa dos colaboradores, observa-se que o time é relativamente novo, ou seja aproximadamente 50% do time tem menos de 3 anos de empresa. Este fato é importante, pois reflete em boa aderência em aceitar desafios novos. A seguir, temos a figura 53 a respeito da questão 1.

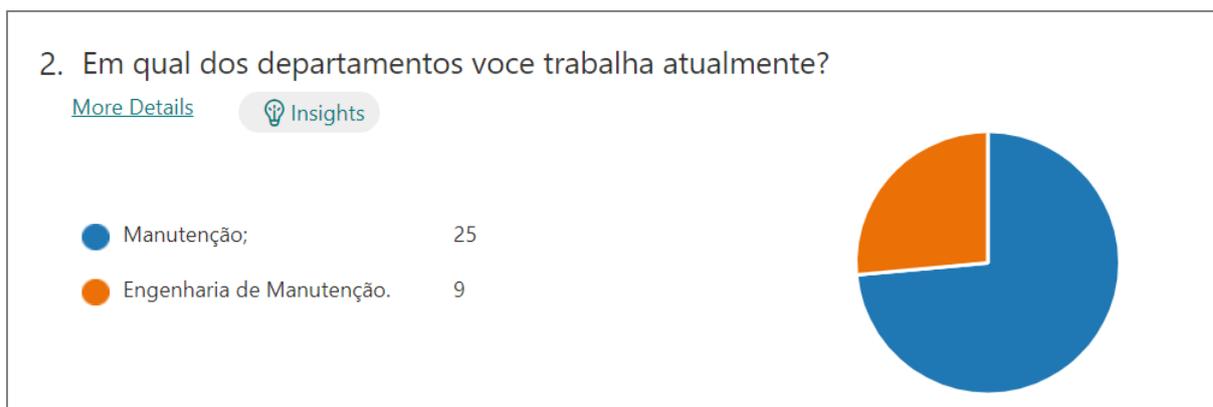
FIGURA 53 - QUESTÃO 1 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO.



FONTE: O autor (2021).

Com relação a **questão 2**, foi avaliada a distinção entre os departamentos que compõe a área de manutenção, que são a área de manutenção operativa e a engenharia de manutenção. No total, são 9 colaboradores na engenharia de manutenção e 27 na manutenção operativa. A seguir, temos a figura 54 a respeito da questão 2.

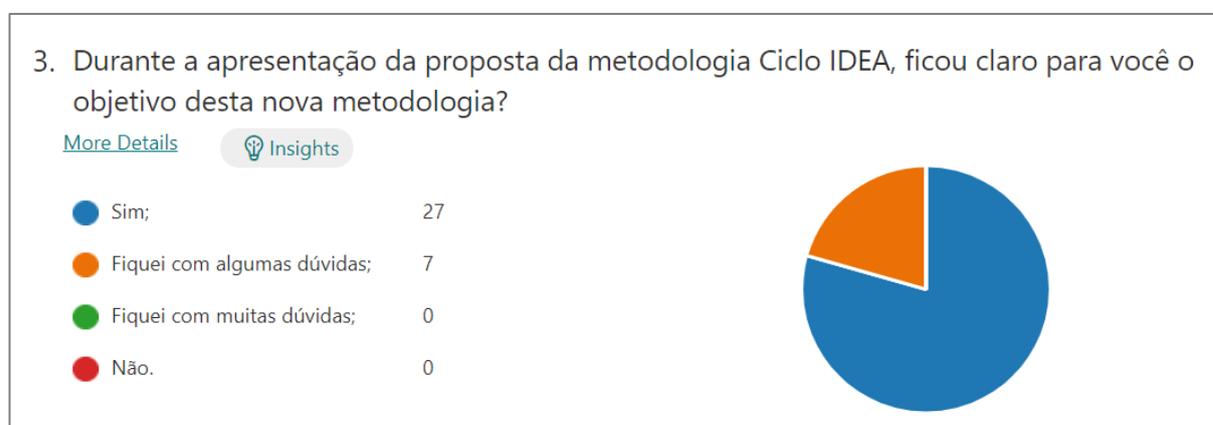
FIGURA 54 - QUESTÃO 2 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO.



FONTE: O autor (2021).

A respeito da **questão 3**, objetivou-se em avaliar o entendimento do time com relação a metodologia Ciclo IDEA. Observou-se que 7 colaboradores, ou seja 20% do time possuíam algum tipo de dúvida sobre a nova metodologia. Esta é uma informação importante para reforçar junto ao time ao longo dos próximos meses. A seguir, temos a figura 55 a respeito da questão 3.

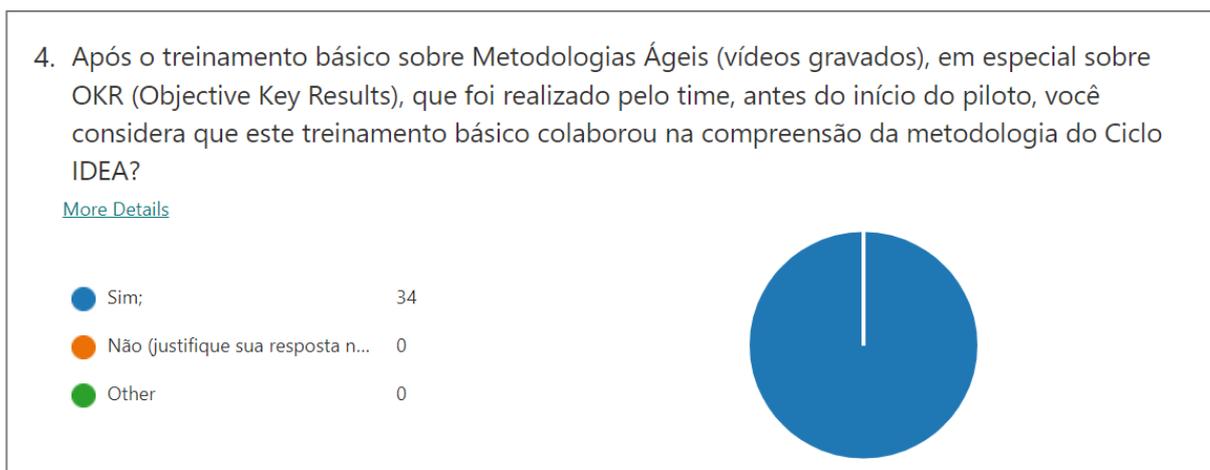
FIGURA 55 - QUESTÃO 3 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO.



FONTE: O autor (2021).

A **questão 4**, abordou sobre a gama de treinamentos realizados antes do início do projeto piloto de implementação da metodologia Ciclo IDEA, foram 5 treinamentos gravados sobre as metodologias ágeis, onde apresentou-se a metodologia durante as reuniões mensais e também na reunião gerencial de início do piloto. A seguir, temos a figura 56 a respeito da questão 4.

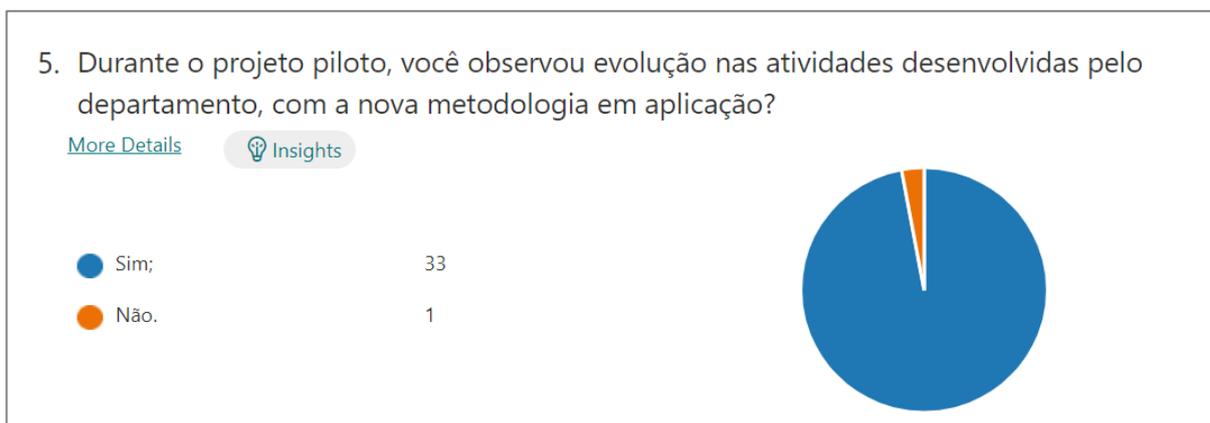
FIGURA 56 - QUESTÃO 4 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO.



FONTE: O autor (2021).

A **questão 5**, aborda sobre a evolução das atividades desenvolvidas no departamento ao longo do projeto piloto e se houve evolução na forma de atuação do time. Apenas 1 colaborador não percebeu mudanças durante este período. Ou seja, representa 3% do time. A seguir, a figura 57 a respeito da questão 5.

FIGURA 57 - QUESTÃO 5 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO.



FONTE: O autor (2021).

A **questão 6**, refere-se ao envolvimento do time com relação ao projeto piloto. A área de manutenção trabalha em 3 turnos da seguinte forma:

- 1º Turno – 6:45 às 16:00 de segunda a sexta-feira e o turno 2x2 compreende o horário das 6:00 às 17:00 (trabalhando 2 dias e folgando 2 dias);
- 2º Turno – 16:00 às 00:53 de segunda a sexta-feira e o turno 2x2 compreende o horário das 17:30 às 03:57 (trabalhando 2 dias e folgando 2 dias);

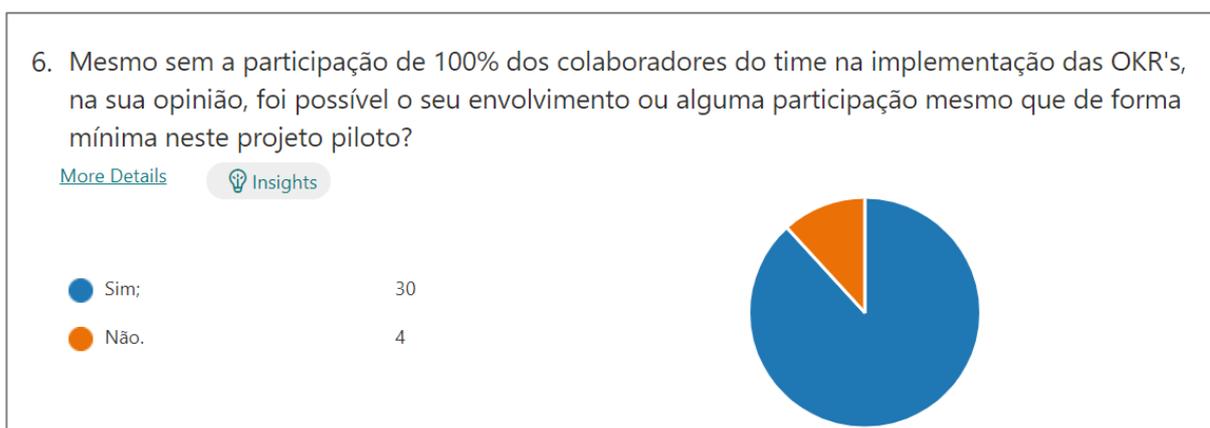
- 3º Turno – 23:00 às 7:57 de segunda a sexta-feira.

A área da engenharia de manutenção está distribuída nos seguintes horários:

- 1º Turno – 6:45 às 16:00 de segunda a sexta-feira;
- 2º Turno – 16:00 às 00:53 de segunda a sexta-feira.

Com base nos horários de trabalho e por tratar-se de um projeto piloto, a fim de facilitar a sua implantação e para o bom gerenciamento das atividades, optou-se por direcionar ações para o primeiro e segundo turnos e para alguns colaboradores em específico da manutenção e 100% dos colaboradores da engenharia de manutenção. Desta forma, apenas 4 colaboradores, ou seja, 12% do time não teve nenhum tipo de envolvimento com o projeto piloto, pode se considerar que a maioria do time teve contato ou envolvimento com as iniciativas durante o projeto piloto de implantação da metodologia Ciclo IDEA na área de manutenção. A seguir, a figura 58 a respeito da questão 6.

FIGURA 58 - QUESTÃO 6 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO.



FONTE: O autor (2021).

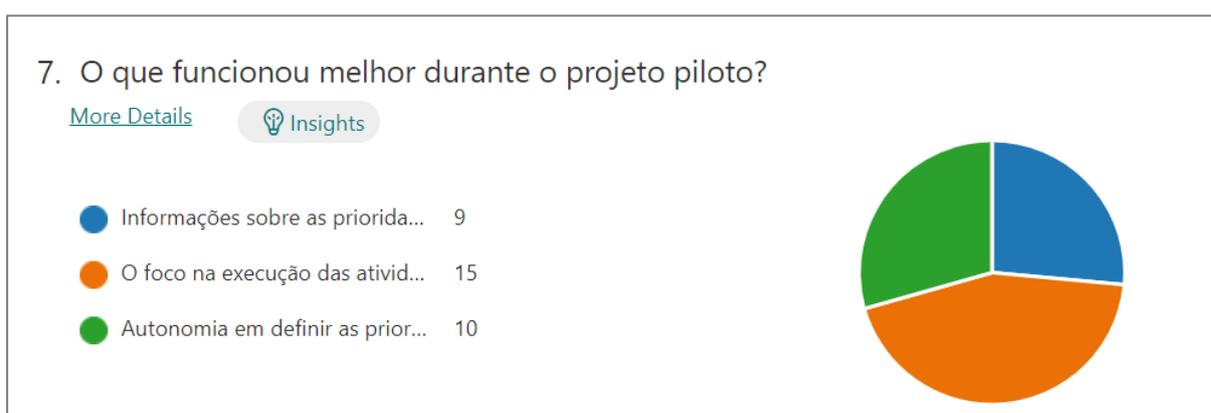
A **questão 7**, refere-se sobre a percepção do time, com relação ao que funcionou melhor durante o projeto piloto. Observou-se que houve uma distribuição das percepções do time, conforme amostragem a seguir:

- 26,47% - Informações sobre prioridades em atividades de manutenção;
- 44,11% - O foco na execução das atividades com prazo determinado;

- 29,41% - Autonomia em definir as prioridades.

De forma geral, acredita-se que esta percepção diferenciada sobre os 3 pontos pesquisados se complementam, e foi percebido a flexibilidade por parte das ferramentas utilizadas e pelo envolvimento do time em tomada de decisão e participação nas ações propostas a serem desenvolvidas. A seguir, a figura 59 a respeito da questão 7.

FIGURA 59 - QUESTÃO 7 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO.



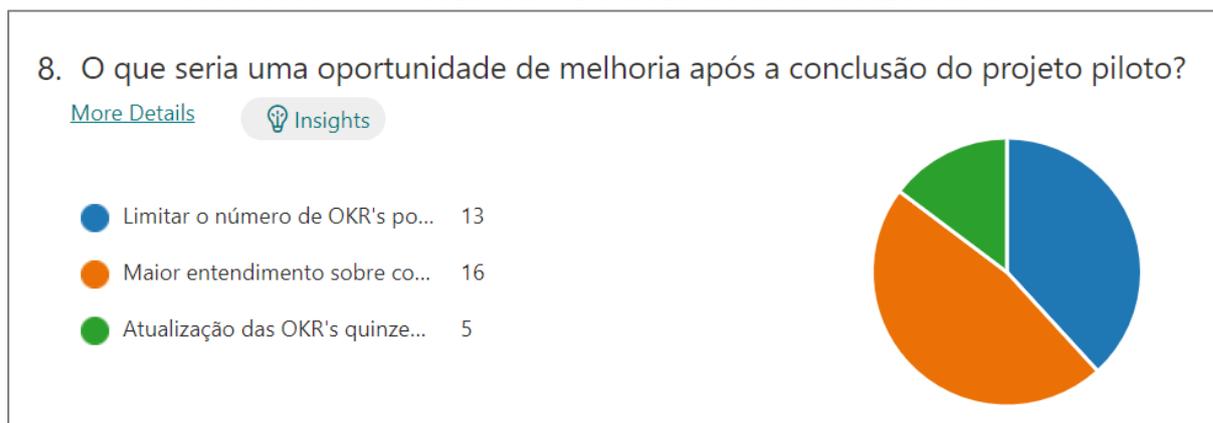
FONTE: O autor (2021).

A **questão 8**, refere-se as oportunidades identificadas pelo time para uma melhor utilização da metodologia Ciclo IDEA no futuro. A seguir observa-se a distribuição dos 3 pontos avaliados no questionário pelo time:

- 38,23% - Limitar o Número de OKR's por líder ou mantentor;
- 47,05% - Maior entendimento sobre como criar uma OKR;
- 14,70% - Atualização das OKR's quinzenalmente.

Percebe-se uma excelente maturidade do time em identificar e classificar estas oportunidades listadas acima. Realmente o principal e mais importante a ser explorado é o fato de como melhorar a elaboração da OKR conforme a sua teoria e princípios. A seguir, a figura 60 a respeito da questão 8.

FIGURA 60 - QUESTÃO 8 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO.

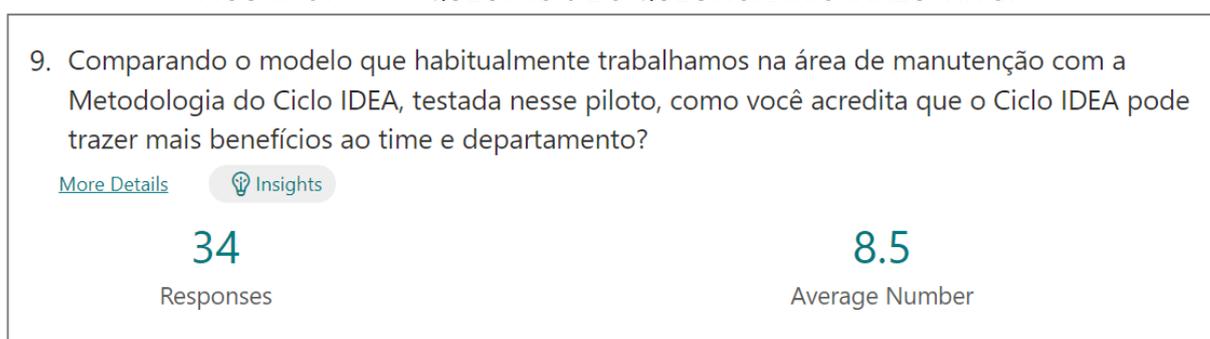


FONTE: O autor (2021).

A **questão 9**, refere-se a comparação entre o modelo vigente de tratativa das atividades de manutenção vs a metodologia do Ciclo IDEA e suas oportunidades com relação ao modelo de gestão mais atual e ágil. A seguir observa-se o entendimento do time sobre este comparativo.

De 0 a 10 , obteve-se a nota **8,5** do time que percebeu benefícios com o projeto piloto referente a metodologia do Ciclo IDEA. A seguir, a figura 61 a respeito da questão 9.

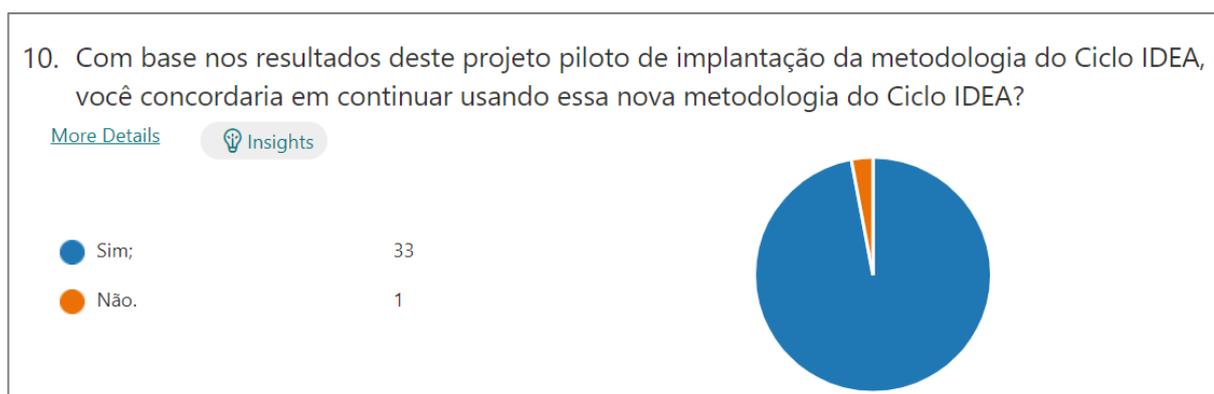
FIGURA 61 - QUESTÃO 9 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO.



FONTE: O autor (2021).

A **questão 10**, refere-se a continuidade do uso da metodologia Ciclo IDEA, onde apenas 1 colaborador discorda com relação a continuidade, ou seja 97% do time entende que a metodologia pode contribuir com as expectativas do departamento e da organização. A seguir, a figura 62 a respeito da questão 10.

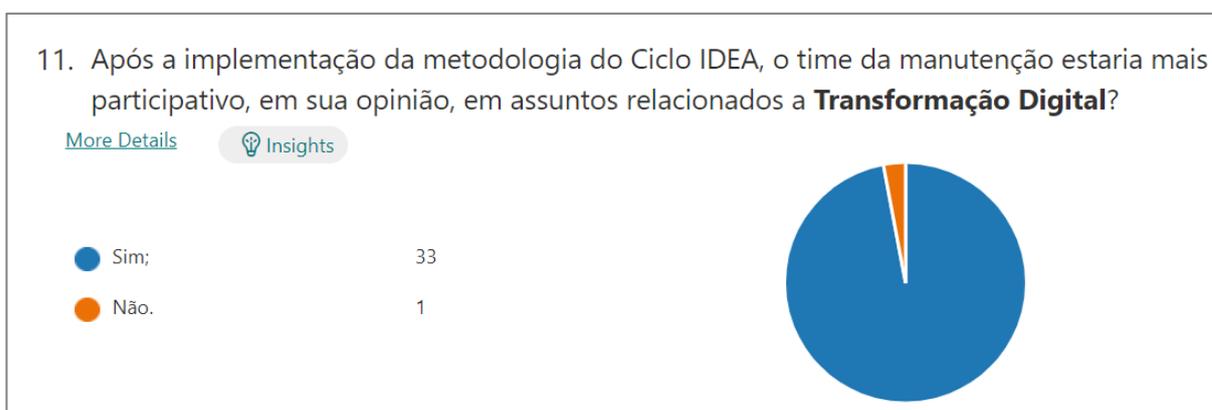
FIGURA 62 - QUESTÃO 10 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO



FONTE: O autor (2021).

A **questão 11**, refere-se ao envolvimento com a transformação digital no departamento de manutenção ao longo do projeto piloto. Apenas 1 colaborador entendeu que não houve aumento significativo durante este período, ou seja 97% do time entende que a metodologia Ciclo IDEA colaborou de alguma forma sobre o fomento da transformação digital na área. A seguir, a figura 63 a respeito da questão 11.

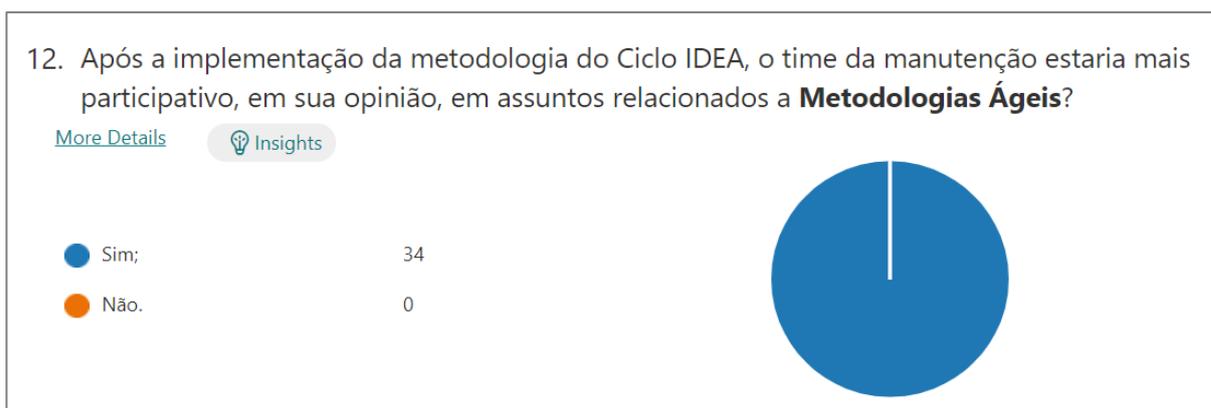
FIGURA 63 - QUESTÃO 11 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO.



FONTE: O autor (2021).

A **questão 12**, refere-se a utilização da metodologia ágil na condução das iniciativas de manutenção durante o projeto piloto de implantação da metodologia Ciclo IDEA no departamento de manutenção. 100% do time entendeu que houve aplicação da metodologia ágil ao longo deste projeto piloto. A seguir, a figura 64 a respeito da questão 12.

FIGURA 64 - QUESTÃO 12 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO.

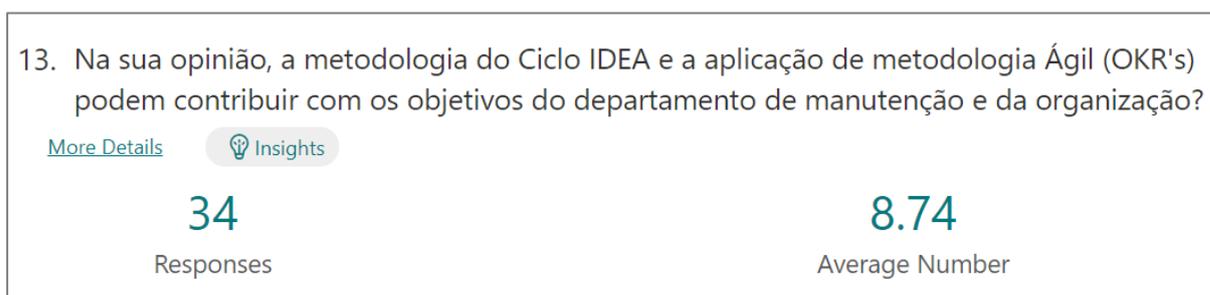


FONTE: O autor (2021).

A **questão 13**, refere-se a verificação junto ao time sobre o entendimento da aplicação da metodologia Ciclo IDEA e da metodologia ágil, bem como a sua aplicabilidade no departamento de manutenção e na organização. A seguir observa-se o entendimento do time sobre esta análise.

De 0 a 10 , obteve-se a nota **8,74** do time que percebe benefícios com o projeto piloto referente a metodologia do Ciclo IDEA e também com a aplicação da metodologia ágil. A seguir, a figura 65 a respeito da questão 13.

FIGURA 65 - QUESTÃO 13 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO.

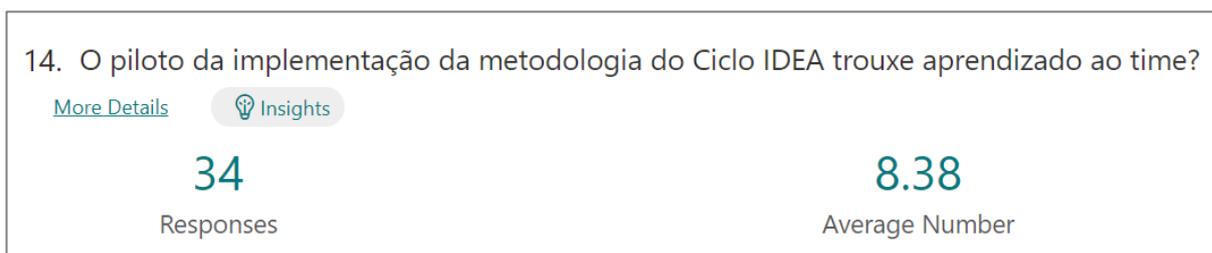


FONTE: O autor (2021).

A **questão 14**, aborda sobre o entendimento do time com relação ao aprendizado obtido com a implementação da metodologia Ciclo IDEA ao longo deste projeto piloto de 90 dias. A seguir observa-se o entendimento do time sobre esta avaliação.

De 0 a 10 , obteve-se a nota **8,38** do time que percebeu evolução quanto ao uso da metodologia adquirindo aprendizado ao time. A seguir, a figura 66 a respeito da questão 14.

FIGURA 66 - QUESTÃO 14 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO.

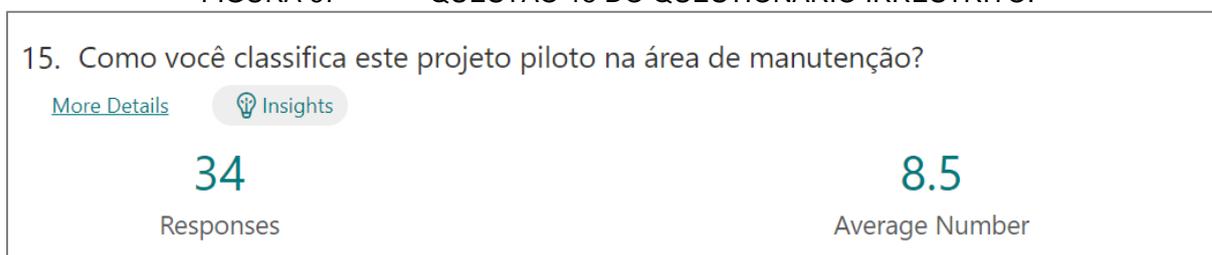


FONTE: O autor (2021).

A **questão 15**, busca uma classificação junto ao time, com relação a implantação do projeto piloto da metodologia Ciclo IDEA de forma geral. A seguir observa-se o entendimento do time sobre esta avaliação.

De 0 a 10, obteve-se a nota **8,5** do time que classificou este projeto piloto sendo uma boa iniciativa a fim de proporcionar resultados diferentes no departamento experimentando diferentes perspectivas e atribuindo metodologias no dia a dia da manutenção. A seguir, a figura 67 a respeito da questão 15.

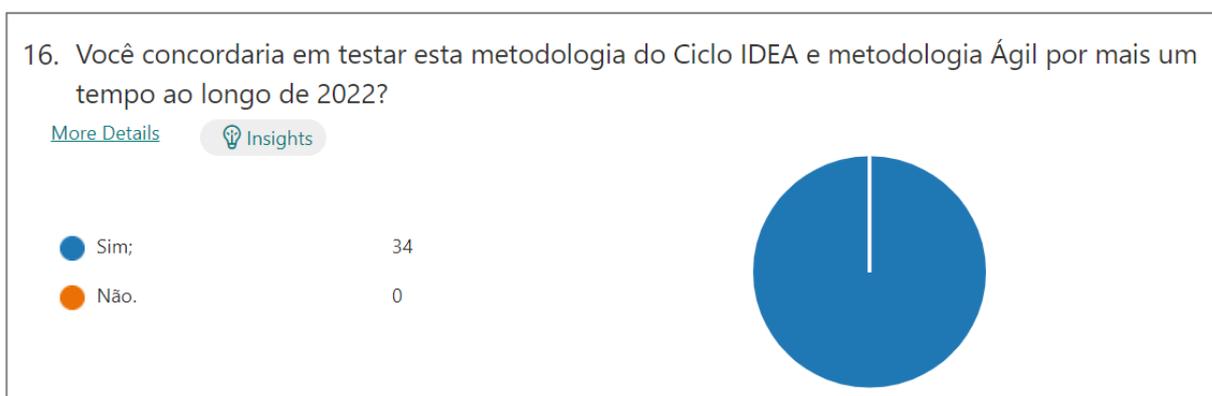
FIGURA 67 - QUESTÃO 15 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO.



FONTE: O autor (2021).

A **questão 16**, refere-se à continuidade quanto ao uso da metodologia Ciclo IDEA e metodologia ágil no departamento de manutenção para o próximo ano. O time entendeu ser interessante manter por mais um tempo o teste com a metodologia Ciclo IDEA, 100% dos respondentes foi favorável a continuidade. A seguir, a figura 68 a respeito da questão 16.

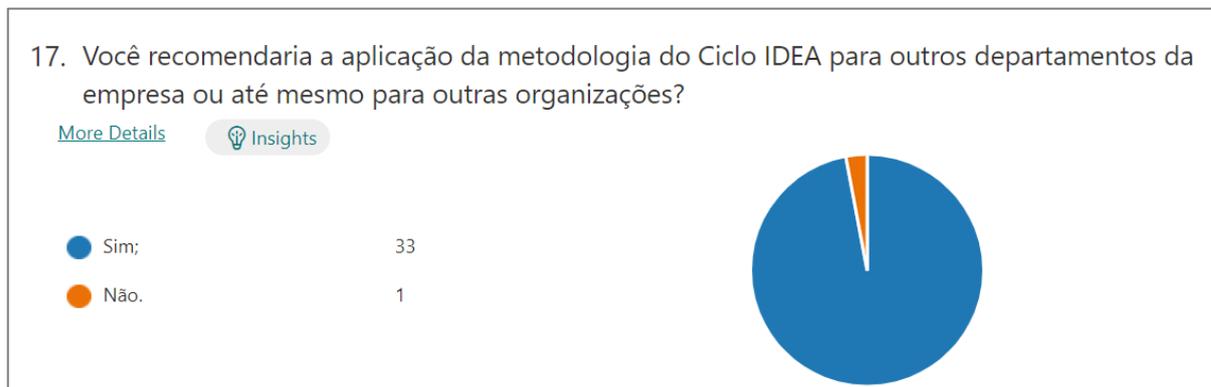
FIGURA 68 - QUESTÃO 16 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO.



FONTE: O autor (2021).

A **questão 17**, refere-se a expansão quanto ao uso da metodologia Ciclo IDEA para outros departamentos da empresa ou até mesmo para outras organizações. O time entendeu ser possível esta expansão interna e externamente para outros departamentos ou organizações, apenas um colaborador respondente discorda desta possibilidade. A seguir, a figura 69 a respeito da questão 17.

FIGURA 69 - QUESTÃO 17 DO QUESTIONÁRIO IRRESTRITO.

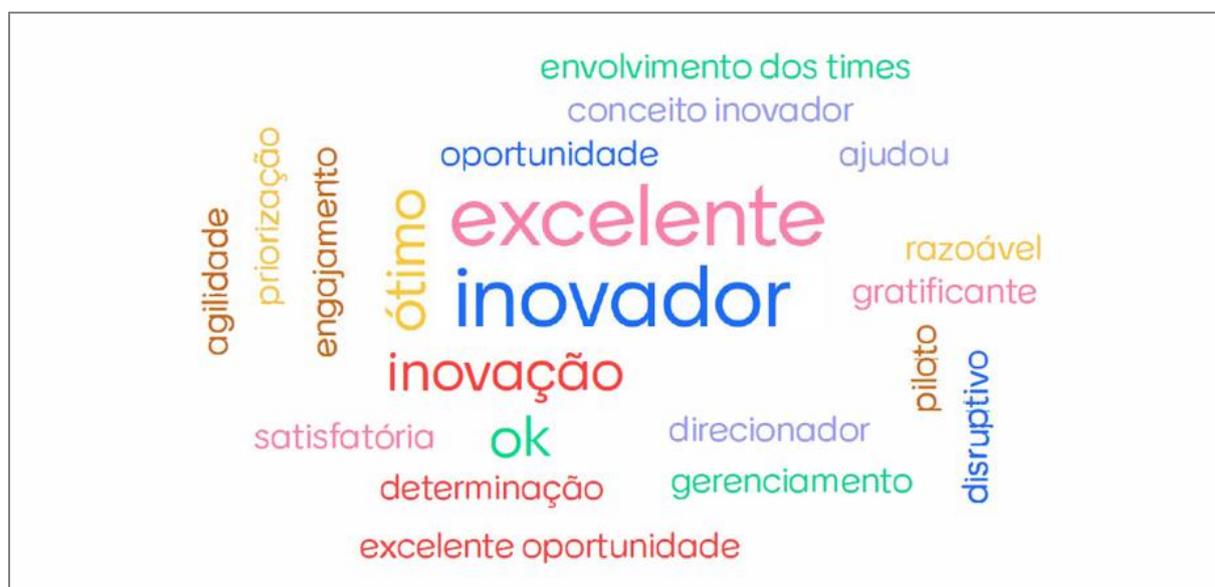


FONTE: O autor (2021).

A **questão 18**, refere-se ao sentimento do time com relação ao projeto piloto em forma geral, através da forma em nuvem de palavras. O objetivo foi em uma única palavra obter o entendimento do time com relação a metodologia Ciclo IDEA e sobre a jornada ao longo dos 90 dias de projeto de implantação. O resultado foi inspirador e nos motiva a continuar experimentando coisas novas junto ao nosso time. A seguir, a questão 18, com as respostas consolidadas na figura 70.

18. Em uma palavra, como você classifica a implementação do projeto piloto da metodologia Ciclo IDEA?

FIGURA 70 - NUVEM DE PALAVRAS REFERENTE AO PROJETO PILOTO.



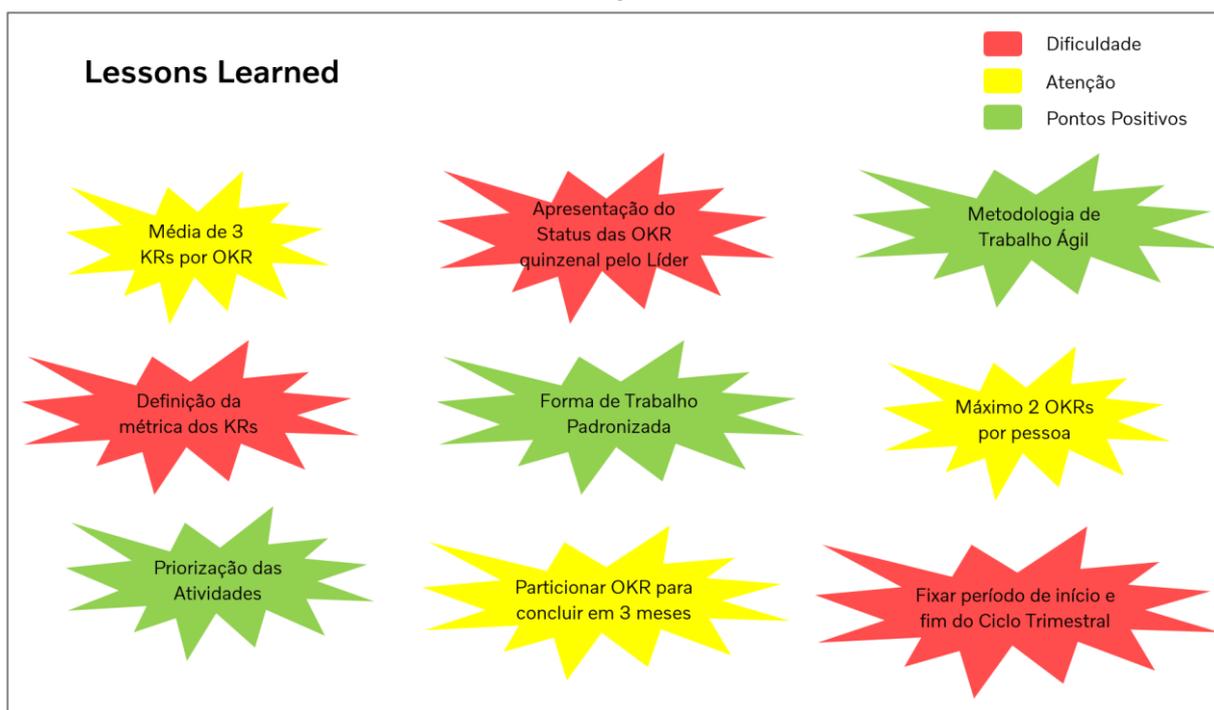
FONTE: O autor (2021).

6.7 Lições aprendidas com a Implementação do Projeto Piloto

O projeto piloto de implantação da metodologia Ciclo IDEA, foi muito útil para a obtenção de subsídios para desenvolvimento do time com relação ao uso de metodologias ágeis e utilizando o Ciclo IDEA como uma forma de interpretar as atividades do departamento e desenvolve-las de forma diferente reforçando a importância do uso das ferramentas *Lean*.

Muitos aprendizados e percepções foram obtidos sobre a metodologia ágil e em especial sobre o uso das OKR's. As iniciativas propiciaram uma maior integração entre os departamentos de manutenção e engenharia de manutenção, no sentido de atuarem em projetos de forma conjunta e aumentando a sinergia. Desta forma, percebeu-se pontos positivos e oportunidades de melhoria neste processo. A figura 71, a seguir, apresenta as lições aprendidas com a implementação deste projeto piloto.

FIGURA 71 - LIÇÕES APRENDIDAS.



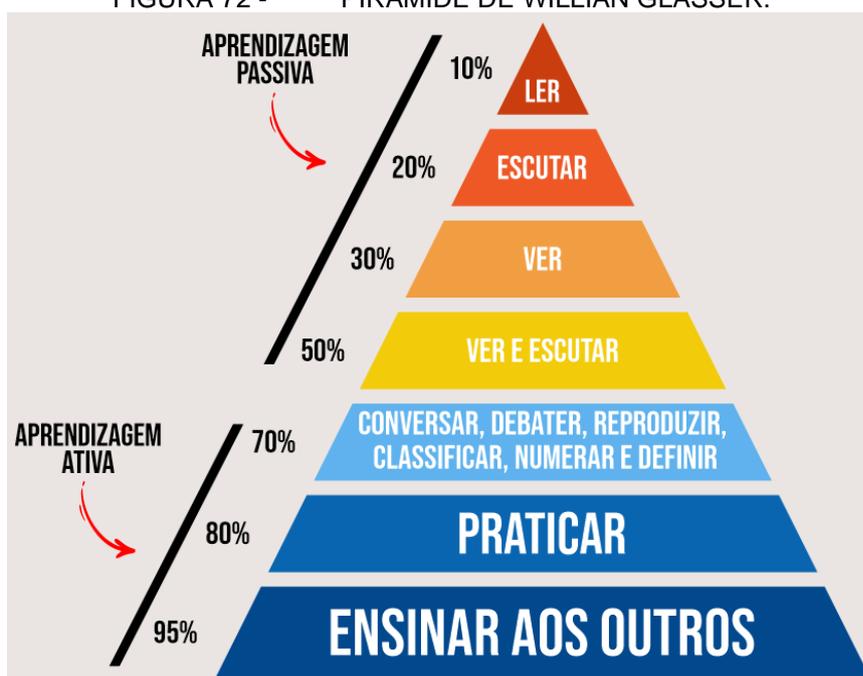
FONTE: O autor (2021).

Com base nesta verificação junto aos líderes de OKR's e engenharia de manutenção, verificou-se a necessidade em aprimorar alguns conceitos na condução do processo e quanto ao uso das OKR's. A figura 72, a seguir, de Willian Glasser, foi adaptada de Malheiros (201-), apresenta a pirâmide da aprendizagem, onde defende-se que a aprendizagem deve conciliar a teoria com a prática, pois em teoria aprende-se melhor da seguinte forma:

- 10% com a leitura;
- 20% ouvindo;
- 30% observando;
- 50% vendo e ouvindo;
- 70% conversando sobre o tema;
- 80% executando;
- 95% ensinando.

Neste projeto, percebeu-se a importância deste processo no aprendizado dos colaboradores e o quanto é importante a execução prática de novos conceitos, a teoria foi aplicada em sua essência.

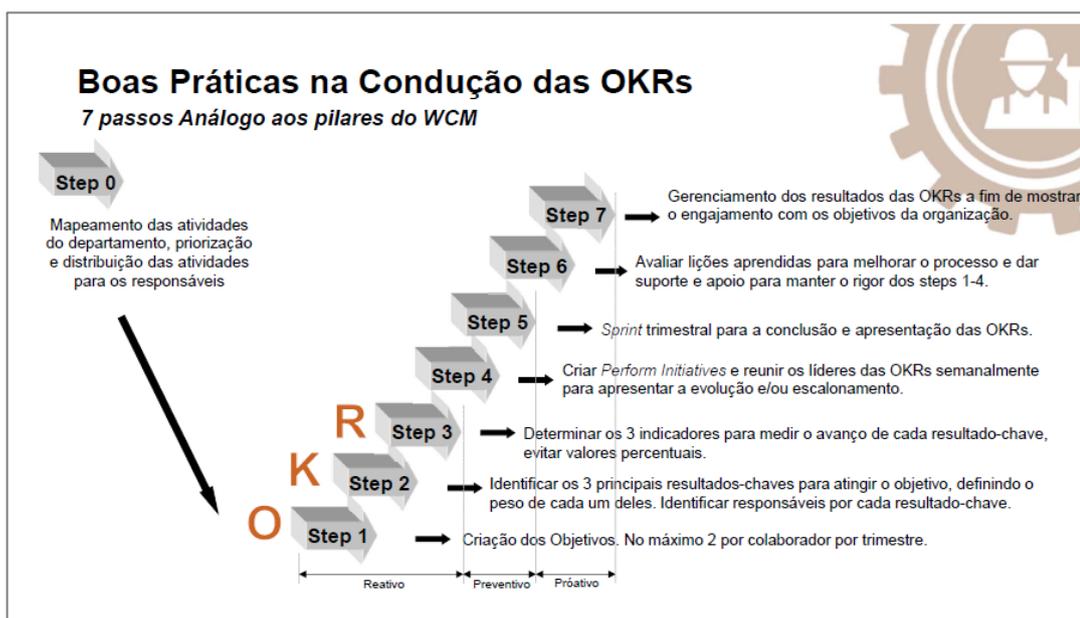
FIGURA 72 - PIRÂMIDE DE WILLIAN GLASSER.



FONTE: Adaptado de Malheiros (201-).

Desta forma, após a sessão de lições aprendidas e a confirmação da teoria da aprendizagem aplicada na prática, teve-se a ideia de criar as “Regras de Ouro” para a elaboração das OKR’s em nosso departamento. O formato escolhido foi o de 7 passos, da mesma forma com que o WCM é aplicado. A seguir temos a figura 73, apresentando os 7 Steps para criação de OKR’s.

FIGURA 73 - BOAS PRÁTICAS NAS CONDUÇÕES DAS OKR’S.



FONTE: O autor (2021).

Estas boas práticas na condução das OKR's, são uma excelente oportunidade para os times ou pessoas que estão iniciando os estudos com as metodologias ágeis em especial com as OKR's, pois poderá facilitar nesta jornada de aprendizado, onde demanda-se muito tempo de estudo e aplicação prática. Este projeto piloto está deixando um portfólio interessante para a continuidade de estudos e expansão para demais áreas que desejam implementar esta metodologia de gestão.

6.8 Planejamento Estratégico

Com base nesta iniciativa foi possível a elaboração de um plano robusto e consistente para o nosso próximo triênio com a elaboração do roadmap 2022, 2023 e 2024 para a área de manutenção com base em gestão ágil. Aproveitou-se do conhecimento adquirido neste trabalho, para projetarmos uma visão mais alinhada com novas metodologias, transformação digital e gestão mais próxima ao time, principalmente com relação a informação.

Planejar de uma forma diferente e sistematizada, onde a gestão visual possa facilitar o entendimento das prioridades e o acompanhamento das ações ao longo do ano, foi o ponto de motivação para a criação das metas e das priorizações do departamento, utilizando a análise multicritério através da AHP e gerenciamento visual das atividades utilizando a plataforma Power BI da Microsoft. A figura 74 a seguir, representa a estratégia adotada pelo departamento de manutenção de como gerir as demandas de rotina e projetos.

FIGURA 74 - ESTRATÉGIA DA ÁREA DE MANUTENÇÃO.

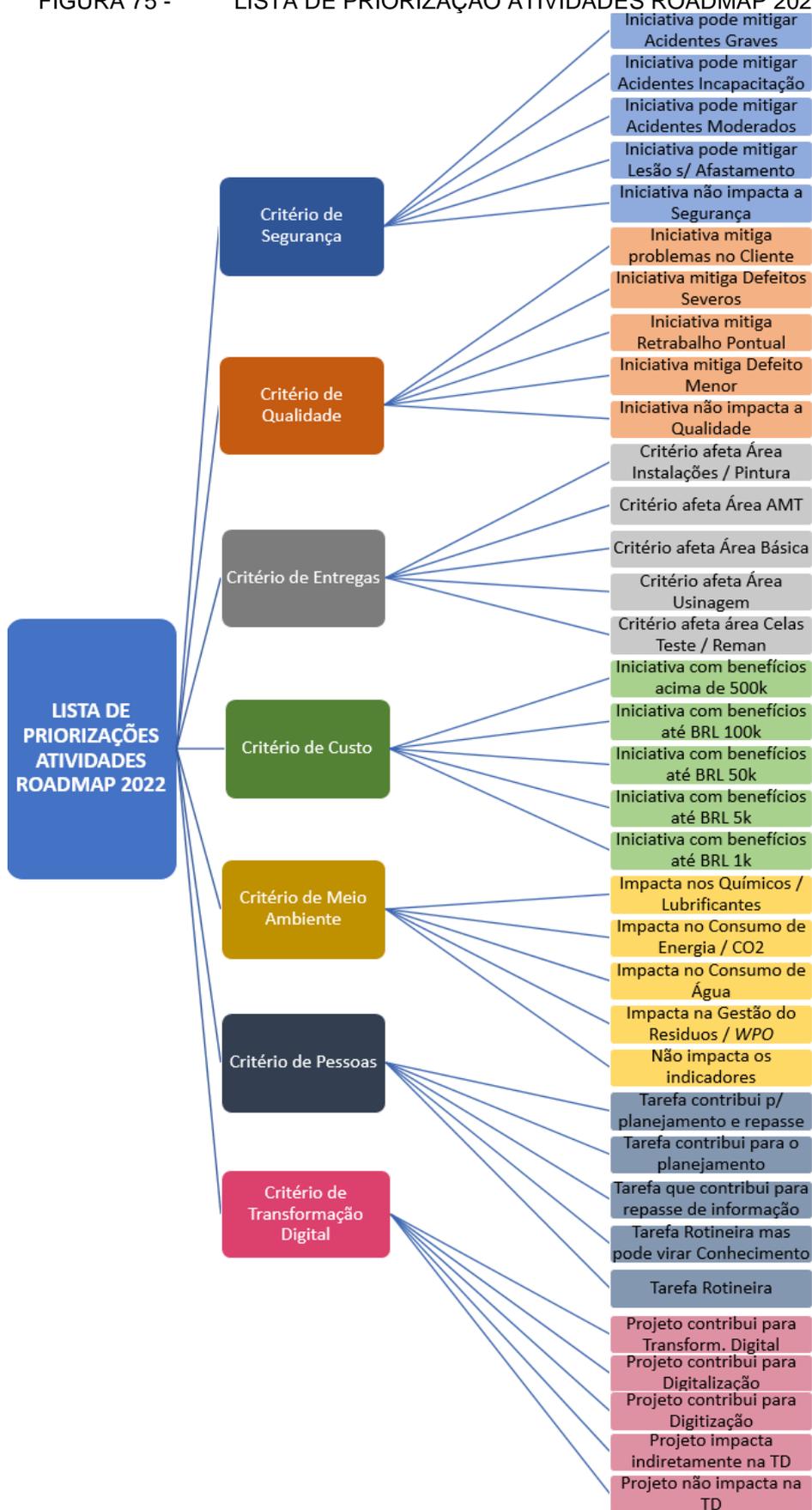


FONTE: O autor (2021).

Com a aplicação do questionário irrestrito, foi possível obter o *feedback* do time com relação a metodologia Ciclo IDEA, desta forma definiu-se em manter o conceito e iniciou-se o planejamento para o ano seguinte, para tal observou-se os seguintes pontos a seguir:

- Roadmap – Seria o documento utilizado como base para a consolidação dos projetos e dos critérios para tomada de decisão com base no AHP e nas definições dos OKR´s a serem implementados para os próximos 3 anos;
- Priorização AHP – Priorizou-se todas as atividades do departamento, no total de 91 utilizando a metodologia AHP. Os critérios utilizados basearam-se no SQDCEP (Segurança, qualidade, entrega, custo, meio ambiente e pessoas) somando-se com o critério da transformação digital. A figura 75, representa a árvore AHP desenvolvida para esta análise.

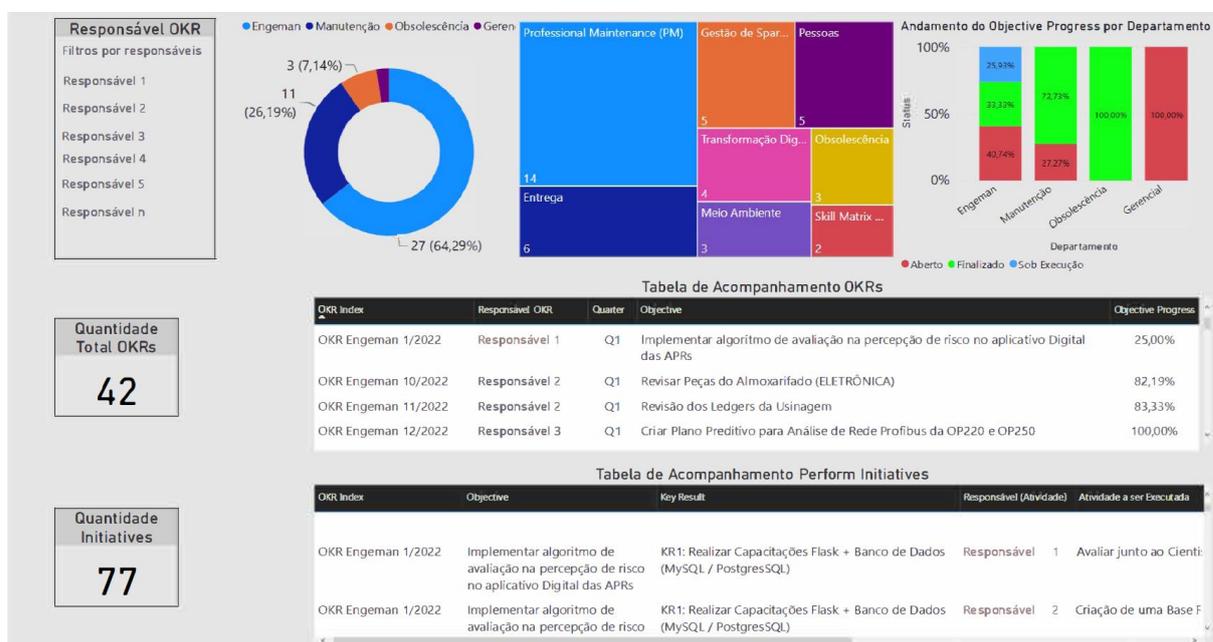
FIGURA 75 - LISTA DE PRIORIZAÇÃO ATIVIDADES ROADMAP 2022



FONTE: O autor (2021).

- Gestão OKR's – Após à análise AHP identificou-se 32 potenciais atividades a serem desenvolvidas através da gestão ágil utilizando OKR's e distribuídas ao longo dos 4 trimestres de 2022;
- Projects Portfolio – É a concentração de todas as iniciativas planejadas na área industrial e de produtos, onde a área de engenharia de manutenção possui interação.
- SWOT – A análise SWOT do time é considerada para o planejamento e definição de prioridades com base nos riscos do departamento e oportunidades de desenvolvimento do time;
- Gestão BI – Consolidou-se todas as iniciativas do departamento em um painel de controle gerenciado através da plataforma do Power BI. Desta forma todos os colaboradores do time poderão ter acesso ao desenvolvimento das atividades de forma *online*. A seguir segue a figura 76, referente ao painel de controle das atividades de manutenção.

FIGURA 76 - PAINEL DE CONTROLE DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO.

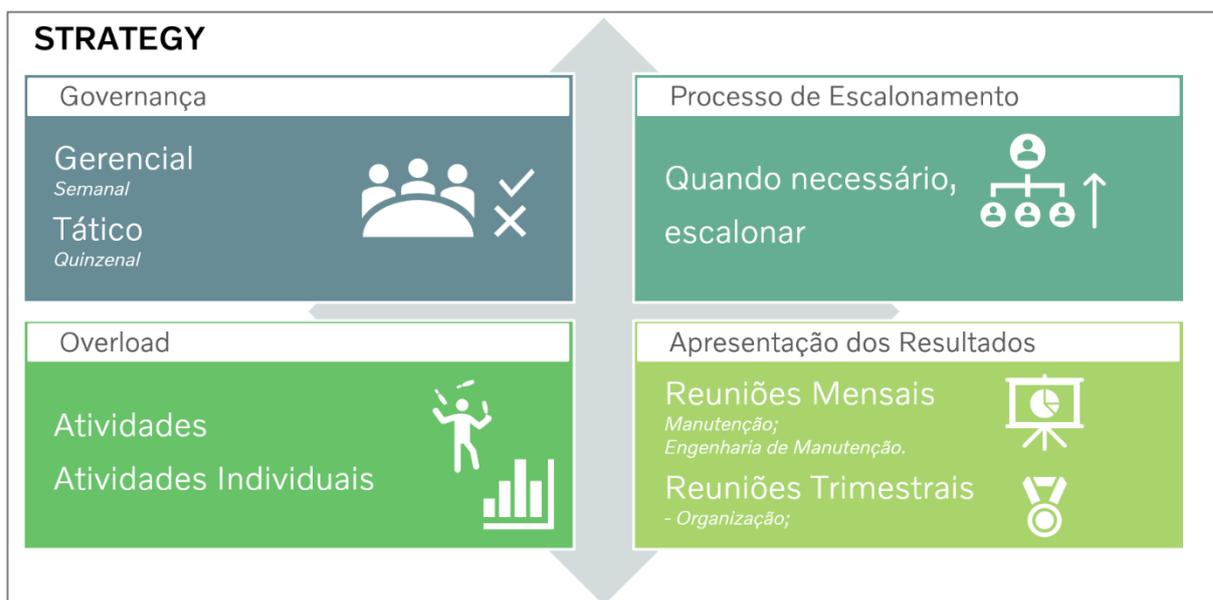


FONTE: O autor (2021).

A área de manutenção e engenharia de manutenção possuem uma gama de atividades internas do departamento e também conexões com as demais áreas da organização. Desta forma, a análise AHP foi uma excelente alternativa para priorização de atividades e controle de sobrecarga do time, para que não haja fadiga,

bom controle emocional e redução de riscos para os colaboradores e também aproximando os líderes para uma atuação mais participativa no sentido de suportar na execução das atividades e escalonar problemas em caso de necessidade. Trabalhando desta forma é possível prever as iniciativas por trimestre. A figura 77 a seguir, aborda sobre aspectos da governança do departamento.

FIGURA 77 - GOVERNANÇA DA ÁREA DE MANUTENÇÃO.



FONTE: O autor (2021).

A governança de qualquer departamento possui uma importância relevante para o atingimento dos objetivos traçados. Com esta abordagem, este projeto de dissertação corroborou para o desenvolvimento da estratégia de governança do departamento, ou seja propiciou o entendimento de como tratar assuntos táticos e gerenciais com maior eficácia.

Os assuntos gerenciais terão uma abordagem semanal para o acompanhamento das iniciativas OKR's que estão em desenvolvimento e também sobre as demais iniciativas e prioridades do departamento. Os assuntos táticos terão frequência quinzenal e serão conduzidas pela coordenação, líderes de equipe e engenharia de manutenção. Esta forma de gerir possibilitará o escalonamento de forma mais rápida e assertiva e de forma horizontal ou vertical em nossa organização.

A preocupação com o colaborador como profissional e indivíduo também será observada para que não haja excesso de demandas e que o cumprimento das atividades possam ser realizadas dentro de um período aceitável e com suporte da organização.

A forma de comunicação será dividida em dois momentos: Mensal e trimestral.

- Mensal – O coordenador da manutenção será responsável por apresentar os resultados do mês de acordo com o quadro dos indicadores da manutenção;
- Trimestral – A gerência apresentará os resultados trimestrais da organização, tais como: Resultado financeiro, análise dos indicadores e mercado nacional e internacional, além das expectativas em geral.

Contudo, esta nova forma de planejar e de gerir a área de manutenção reforça as principais premissas e visão do departamento, com base no quadro de indicadores da manutenção, transformação digital e metodologia ágil. A figura 78 a seguir, aborda sobre a visão para a área de manutenção.

FIGURA 78 - VISÃO DA MANUTENÇÃO E ENGEMAN.

Visão – Manutenção e Engeman

- **Segurança**
 - Zero Acidentes e Zero Ocorrências ;
- **Qualidade**
 - Visão E2E das nossas atividades de Manutenção (Tudo começa na EWO e finaliza na EWO) ;
- **Entrega**
 - Buscar Disponibilidade, MTTR e MTBF dentro das melhores práticas do World Class Manufacturing ;
- **Custo**
 - Manter o Custo de Manutenção competitivo por equivalente comparado ao segmento automobilístico ;
- **Meio Ambiente**
 - Suportar as Iniciativas da planta e contribuir de forma ativa com ações na área de Manutenção ;
- **Pessoas**
 - Manter o nível de motivação e moral elevados buscando o desenvolvimento humano e profissional.
- **Transformação Digital**
 - Desenvolver competências e implementar iniciativas envolvendo a digitalização, digitalização e transformação digital na manutenção com base no roadmap tecnológico;
- **Metodologia Ágil**
 - Desenvolver competências nas ferramentas ágeis e aplicar em projetos e iniciativas do departamento.



FONTE: O autor (2021).

Com o entendimento por parte dos colaboradores em relação aos objetivos do departamento, as ações podem ser mais facilmente implementadas e alinhadas com as expectativas da organização. Este trabalho, projetou o departamento de manutenção como protagonista na forma de planejar suas ações de forma estratégica e sistematizada e conectada com diretriz organizacional e também como referência quanto as iniciativas ao uso das OKR's na gestão, tornando-se um *benchmark* no

grupo. Todo o material produzido no projeto piloto da metodologia Ciclo IDEA foi disponibilizado para o time responsável pelas iniciativas *Lean* como fonte de consulta para a expansão para outras áreas, se assim o desejarem.

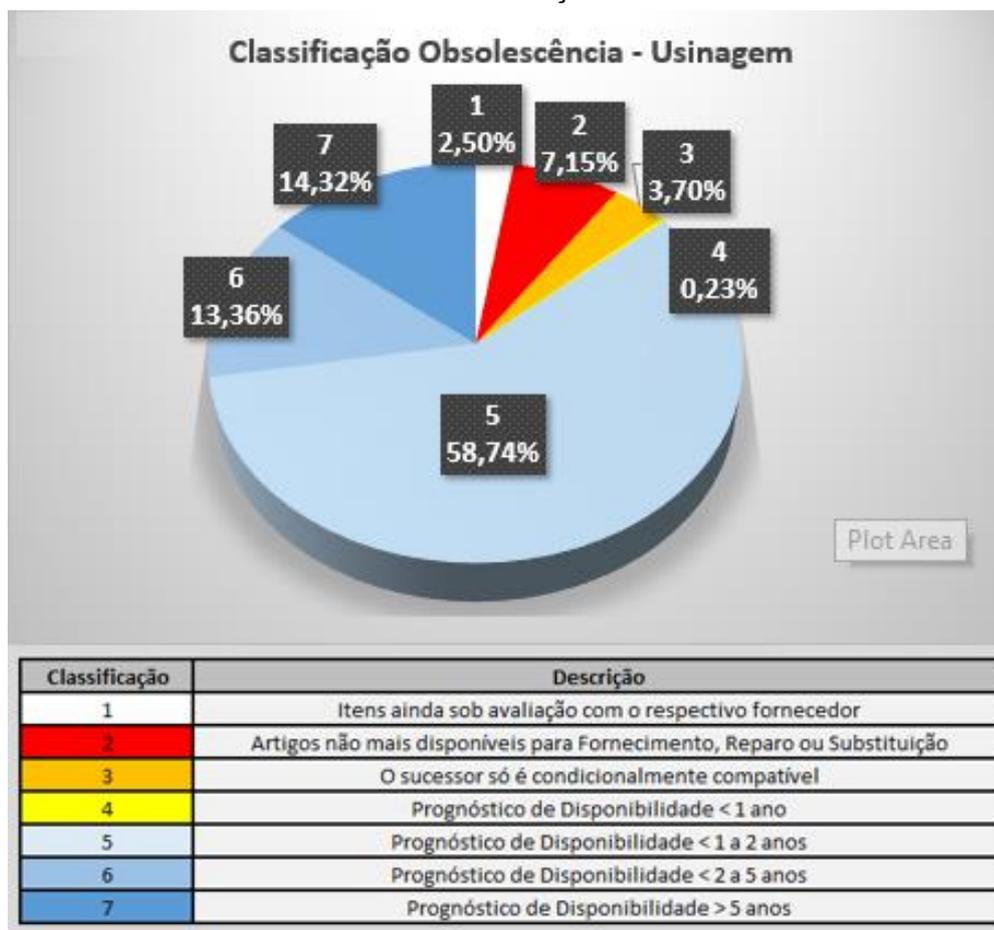
7 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa abordou um estudo de caso referente ao projeto de obsolescência na área de usinagem em uma fábrica de motores, e também sobre a implementação de um projeto piloto sobre uma metodologia de gestão denominada Ciclo IDEA. Este trabalho buscou em sua fundamentação teórica uma abordagem capaz de fornecer subsídios ao leitor a respeito de assuntos que norteiam o tema desta dissertação, tais como: Processo de Usinagem, gestão da obsolescência, transformação digital, método AHP, gestão da manutenção e o custo de manutenção. Este embasamento tende a propiciar o entendimento básico para a compreensão dos temas abordados neste trabalho de pesquisa.

A obsolescência pode ser considerada um desafio nas organizações devido ao fato, da constante evolução tecnológica e também com relação as demandas da transformação digital, onde denota-se uma aplicação cada vez maior com relação ao uso dos dados para a tomada de decisão no âmbito estratégico, este fato torna-se cada vez mais notório e demanda adequações tecnológicas nas indústrias, através de *retrofits* ou até mesmo a substituição de equipamentos ou linhas de montagem, visando obter melhores conexões entre os sistemas e departamentos, objetivando a entrega dos melhores serviços ou produtos aos clientes.

O projeto de obsolescência na área de usinagem foi altamente relevante para a organização, pois evidenciou-se os riscos envolvidos com relação a indisponibilidade de peças sobressalentes no mercado, bem como a necessidade em adequações tecnológicas em alguns equipamentos. Este movimento aproximou as áreas de engenharia de manufatura, processo, operações, qualidade e controladoria, a fim de estabelecer um plano de investimento e garantir um fluxo de priorização com base neste estudo apresentado nesta dissertação. A figura 79, ilustra este cenário em 7 classificações.

FIGURA 79 - CLASSIFICAÇÃO DA OBSOLESCÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS BASENDO-SE NOS PRINCIPAIS FORNECEDORES DE PEÇAS ELETRÔNICAS E MECÂNICAS.



FONTE: O Autor.

Os 7 níveis de classificação descritos na figura 79, foram o resultado de muitas horas de trabalho em campo realizadas pelos técnicos de manutenção e engenharia de manutenção em conjunto com fornecedores para a obtenção não apenas dos códigos dos 22.014 componentes eletrônicos e mecânicos avaliados, mas também a confirmação dos dados levantados nos manuais, diagramas e documentos e também da situação de cadastro das peças no almoxarifado de manutenção para posteriormente avaliar-se a situação individual e enquadrá-los nos 7 níveis apresentados.

Este trabalho de pesquisa, também abordou a implementação de uma nova metodologia de gestão denominada Ciclo IDEA, onde visa a interação cada vez maior do time de manutenção com as áreas operacionais e de engenharia. A autonomia e a capacidade de realização dos manutentores, são as principais vantagens identificadas neste projeto piloto, onde foi possível obter uma melhor organização das atividades

através do foco e direcionamento de ações conduzidas por eles e com sinergia de outras áreas da empresa.

O Ciclo IDEA, apresentou de forma sistêmica uma proposta para o uso e aplicação da metodologia ágil, onde, sem dúvida foi algo experimentado e aprovado pelo time, pois houve o entendimento que a gestão visual e o acompanhamento frequente das iniciativas são realmente importantes para o engajamento e comprometimento da entrega dos objetivos acordados, além do fato do entendimento da estratégia organizacional e o alinhamento de expectativas dentro do departamento de manutenção. A autonomia dos colaboradores foi evidenciada pela quantidade de iniciativas propostas e o engajamento em sua implementação respeitando as regras e cumprindo os prazos determinados.

De forma geral, com este trabalho de dissertação foi possível consolidar várias iniciativas importantes e inovadoras que estão em linha com o perfil profissional que se espera para os próximos anos dentro de uma Indústria, ou seja, conseguiu-se trabalhar com elementos de Gestão de pessoas, projetos tecnológicos e gestão ágil de projetos na área de manutenção e engenharia de manutenção. A expansão desta metodologia para outras áreas é totalmente aplicável e atual sob o ponto de vista das ferramentas utilizadas, qualquer área ou departamento pode usufruir desta pesquisa como base para implementação.

A aplicação do Questionário Irrestrito permitiu avaliar como um todo o resultado da soma das iniciativas propostas ao time de manutenção e engenharia de manutenção com relação a uma forma diferente de se fazer gestão de times, buscando alta performance e entrega de resultados sustentáveis. A aceitação pelo time, foi evidenciada por base nas respostas obtidas no questionário, desta forma, a continuidade quanto ao uso da metodologia foi uma consequência natural.

Por fim, é possível perceber que este projeto de pesquisa, pode contribuir também com uma visão mais holística sobre a forma de gerir o departamento de manutenção e engenharia de manutenção, observando pontos importantes e que refletem no bem-estar das pessoas, abordando o tema referente a metodologias de gestão, e metodologias ágeis e a transformação digital na manutenção e também atrelando as expectativas organizacionais. Evidentemente, que o uso desta nova ferramenta de gestão passará por adequações, melhorias e adaptações quanto ao uso, porém será algo natural observando-se a maturidade do time e quanto ao avanço das tecnologias ou ferramentas vindouras.

7.1 Sugestões

Para os gestores de manutenção que tenham como plano gerir seus times de forma mais autônoma, a recomendação seria buscar entender um pouco mais sobre as metodologias ágeis, por se tratar de uma forma não condicionada, flexível e inovadora, onde pode ser uma boa alternativa na obtenção de resultados de forma mais rápida e eficaz, reduzindo custos operacionais e aumentando a disponibilidade dos equipamentos. Outra sugestão seria de acompanhar de forma muito próxima a situação de obsolescência em suas empresas, buscando alinhamento com fornecedores e preparando o plano de investimento cíclico de substituição de máquinas e equipamentos em conjunto com os principais fornecedores.

7.2 Trabalhos futuros

Propõe-se, para próximos trabalhos, estudos que avaliem a confiabilidade de equipamentos industriais, a fim de obter-se o nível de manutenibilidade de equipamentos e de linhas de montagem e trabalhos que possam predizer falhas em máquinas e linhas de montagem com o uso das ferramentas da transformação digital em especial inteligência artificial e *Machine Learning*. Estes estudos contribuiriam com o desenvolvimento do conceito da manutenção inteligente ou *Smart Maintenance*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTIN, M. R.; ELIENESIO, M. L. B; AIRES, A. S.; PONTES, H. L. J.; JUNIOR, D. P. A. **Principais Inovações Tecnológicas da Indústria 4.0 e suas Aplicações e Implicações na Manufatura**. Bauru: SIMPEP, nov. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5462: 1994. Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- BALLÉ, M; JONES, D; CHAIZE, J; FIUME, O. **A Estratégia Lean**: para criar vantagem competitiva, inovar e produzir com crescimento sustentável. Traduzido por: ARAÚJO, F. Porto Alegre: Bookman, 2019.
- BEEDLE, M. et. al. **The Agile Manifesto**. Utah: 2001. Disponível em: <<https://agilemanifesto.org/>>. Acesso em: nov. 2021.
- BOKRANTZ, J. et al. **Smart Maintenance**: a research agenda for industrial maintenance management. Gothenburg, Sweden: ELSEVIER, jun. 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527319303731>>. Acesso em: sep. 2021.
- BOKRANTZ, J. **Smart Maintenance**: an empirically grounded conceptualization. Gothenburg, Sweden: ELSEVIER, mai. 2020. Disponível em: <[https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527319303615#:~:text=%E2%80%9CSmart%20Maintenance%20services%20are%20built,\(Holgado%20and%20Macchi%2C%202014\)](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527319303615#:~:text=%E2%80%9CSmart%20Maintenance%20services%20are%20built,(Holgado%20and%20Macchi%2C%202014))>. Acesso em: sep. 2021.
- BUCANEVE, F. **Implementação da Metodologia Cost Deployment**. Curitiba: 2016. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/19591/1/CT_GESFIN_2015_1_01.pdf>. Acesso em: dez, 2021.
- CAPGEMINI. **Scaling AI in Manufacturing Operations**: A Practitioners' Perspective. Paris, França: Capgemini, [s. d.]. Disponível em: < <https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2019/12/AI-in-manufacturing-operations.pdf> >. Acesso em: oct. 2021.
- CASTRO, F. **O Guia do Iniciante**. Rio de Janeiro: Felipe Castro. Disponível em: <<https://felipecastro.com/pt-br/okr/o-que-e-okr/>>. Acesso em: set. 2021.
- CIESLAK, R. et al. **Gestão do Conhecimento e Inovação**: Espaços de Colaboração, confiança e Contribuição Estratégica. Curitiba: Paco e Littera, 2019.
- DIGITAL CUBIK. **OKR Metodología**. Madrid: s. d. Disponível em: <<https://digitalcubik.com/diccionario-marketing-digital/o/okr-metodologia/>>. Acesso em: jun. 2020.
- D'ORAZIO, L.; MESSINA, R.; SCHIRALDI, M. M. **Industry 4.0 and World Class Manufacturing Integration**: 100 Technologies for a WCM-I4.0 Matrix. Rome: MDPI, p. 9-10, 2020. Disponível em: < <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/14/4942/pdf> >. Acesso em: dec. 2021.

DOERR, J. **Avalie o que Importa**. Traduzido por: MENEZES, B. Rio de Janeiro: Alta Books, 2019.

FARID, D. A. et al 2020. **Proposed optimal maintenance intervals for milling machine using risk-based maintenance and analytical hierarchy process at manufacturing plant**. Bandung, Indonesia: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 2020.

FERNANDES, A. A. et al. **Governança Digital 4.0**. Rio de Janeiro: Brasport, 2019.

FILHO, G. B. **Custos em Manutenção**. Ciência Moderna Ltda, Rio de Janeiro. 2010.

FURUHJELM, J. **Owning the Sky with Agile**. Trollhättan, Sweden: SCRUM INC, 2015. Disponível em: < https://www.scruminc.com/wp-content/uploads/2015/09/Release-version_Owning-the-Sky-with-Agile.pdf >. Acesso em: nov. 2021.

GIBSON, I.; ROSEN, D. W.; STUCKER, B. **Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing**. 2 ed. New York, EUA: Springer, 2014.

GOMES, J. G. A, **Inteligência Artificial – Breve Análise das Técnicas de Aplicação, Casos Elucidativos e Perspectivas Futuras**. Brasília: Faculdade Ietec, out. 2018.

IRANI, B. M. S. A. **Terotecnologia Em Manutenção – Aumento da Confiabilidade e Facilitação da Intervenção dos Mantenedores (Manutenibilidade), Para Futuras Máquinas e Equipamentos**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2011.

JUNIOR, D, L.; SIEDENBERG, D, R . **Inovações Tecnológicas e seus efeitos sobre o nível de emprego no setor industrial: II Seminário Internacional sobre Desenvolvimento Regional Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Mestrado e Doutorado**. Santa Cruz do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul, out. 2004.

LEITE, E, O. **Retrofitting Industrial – O uso de novas tecnologias**. Campinas: Universidade São Francisco, 2007. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/247459744/Retrofitting>>. Acesso em: 30 nov. 2021.

LIKER, J. K.; MEIER, D. **O Modelo Toyota – Manual de Aplicação: Um guia prático para a implementação dos 4Ps da Toyota**. Tradução de: RIBEIRO, L. B. Porto Alegre: Bookman, p. 25 e p. 220, 2007.

LIMA, M. A; Barreto, R.C.S. **A Inovação tecnológica no Brasil na última década do século XX**. Cuiabá: Congresso da SOBER, 2004. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/280134563_A_INOVACAO_TECNOLOGICA_NO_BRASIL_NA_ULTIMA_DECADA_DO_SECULO_XX_-_TECHNOLOGICAL_INNOVATION_IN_BRAZIL_IN_THE_LAST_DECADE_OF_THE_TWENTIETH_CENTURY >. Acesso em: 27 nov. 2021.

LORENZ, m. et al. **Industry 4.0. The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries**. Boston: The Boston Consulting Group, 2015. Disponível em: <<https://image->

src.bcg.com/Images/Industry_40_Future_of_Productivity_April_2015_tcm9-61694.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2021.

MACHADO, A. et. al. **Teoria da Usinagem dos Materiais**. São Paulo: Editora Blucher, 2009.

MAGALDI, S.; NETO, J. S. **Estratégia Adaptativa: O novo tratado do pensamento estratégico**. São Paulo: Editora Gente, 2020.

MAGALHÃES, F.; GARRIDO, M. **RH Ágil – Mais humanos e menos recursos: O desafio da gestão de pessoas nas organizações do século XXI**. [S. l.]: K21, 2021.

MALHEIROS, B; MALHEIROS, G. **Descomplicando a Aprendizagem – 5 passos que vão mudar a sua forma de adquirir conhecimentos**. Rio de Janeiro: RECTO, [201-]. Disponível em: < <https://recto.com.br/download/recto-descomplicando-a-aprendizagem.pdf> >. Acesso em: dez. 2021.

MENEGASSO, L. **Lean Alinhado à Estratégia na Retomada Pós-pandemia**. Campinas: C&S Projetos e Mercado, jul. 2020. Disponível em: < <https://csprojetos.com/articles/lean-alinhado-a-estrategia-na-retomada-pos-pandemia/#:~:text=O%20conceito%20de%20Lean%20Manufacturing,do%20Sistema%20Lean%20com%20a> >. Acesso em: ago. 2021.

MICROSOFT. **Novo estudo mostra que a preparação digital ajudou as organizações a se adaptarem à COVID-19**. [S. l.]: Economist Intelligence Unit (EIU), mai. 2021. Disponível em: < <https://news.microsoft.com/pt-br/novo-estudo-mostra-que-a-preparacao-digital-ajudou-as-organizacoes-a-se-adaptarem-a-covid-19/> >. Acesso em: ago. 2021.

PINGLE, P. **Selection of obsolescence resolution strategy based on a multi criteria decision model**. Iowa: Iowa State University, 2015.

PINTO, A. K; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PRABHAKAR, R. **Digital Transformation, Digitization and Digitalization**. San Francisco, United States: mai. 2020. Disponível em: < <https://rohitprabhakar.com/2020/05/31/digital-transformation-digitization-digitalization/> >. Acesso em: nov. 2021.

PRADO, A. **A qualidade normativa dos processos de usinagem**. São Paulo: Revista Digital AdNormas, 2019. Disponível em: < <https://www.revistaadnormas.com.br/2019/03/05/a-qualidade-normativa-dos-processos-de-usinagem> >. Acesso em: jul. 2020.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **PMBOK Guide**. [S. l.]: Project Management Institute, 2004.

RUBMANN, M.; LORENZ, M.; GERBERT, P.; WALDNER, M.; JUSTUS, J.; ENGEL, P.; HARNISCH, M. **Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries**. Boston: The Boston Consulting Group, BCG, 2015.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**. Pensilvania, USA: McGraw-Hill, 1980.

STICKNEY, C.P.; WEIL, R.L. **Contabilidade Financeira: uma introdução aos conceitos, métodos e usos**. São Paulo: Atlas, 2001.

TELES, J. **Bíblia do RCM: O guia completo e definitivo da manutenção centrada na confiabilidade na indústria 4.0**. Brasília: ENGETELES, 2019.

THIELMANN, R.; SILVA, M, S, C.. **A importância da Gestão de Projetos para Inovação em empresas – O caso do Setor de Energia**. Resende: X Simpósio de Excelência em Gestão de Tecnologia (SEGeT), out.2013.

TRINDADE, L. H. **Rumo ao RH das Organizações do Futuro? Um Estudo sobre Mudanças na Gestão de Pessoas em Empresas Estabelecidas no Brasil**. São Paulo: USP, 2018. Disponível em: <https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/USP_c80189f23f991d52058e49cf639b9ddf>. Acesso em: fev. 2022.

UDEMY. **Analytic Hierarchy Process (AHP) em Python**. Santa Catarina, 2019. Disponível em: <<https://www.udemy.com/course/analytic-hierarchy-process-ahp-em-python/>>. Curso ministrado pelo professor Edson Pacholok. Acesso em: nov. 2021.

VIANA, H. **Manual de Gestão da Manutenção**. Vol. 2. 1 ed. Brasília: ENGETELES, 2021.

VIANA, H.; RIBEIRO, J. **Fatores de sucesso na gestão da manutenção em empresas mineradoras**. Ponta Grossa: Revista Gestão Industrial, 2017. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/viewFile/3923/5499>>. Acesso em: dez. 2021.

WAGNER, R. **The RASIC – Chart – a key tool for collaboration in projects**. Amsterdam: International Project Management Association, 2017.

WEG. **As Fábricas Inteligentes de Indústria 4.0**. Jaraguá do Sul: WEG do Brasil, 2019. Disponível em: <<https://www.weg.net/institucional/BR/pt/news/produtos-e-solucoes/as-fabricas-inteligentes-da-industria-4-0>>. Acesso em: jun. 2020.

WIREMAN, T. **Benchmarking BEST Practices in Maintenance Management**. New York, USA: Industrial Press Inc., 2003.