



**IMPLANTAÇÃO DO *LEAN MANUFACTURING* NA GESTÃO DE
MANUTENÇÃO NO TERMINAL PORTUÁRIO PONTA DA MADEIRA -
TPPM: ESTUDO DE CASO NOS PROCESSOS DE PLANEJAMENTO,
PROGRAMAÇÃO E CONTROLE (PPCM).**

Maryclea Mourão Furtado Ferreira

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos – Mestrado Profissional, PPGEP/ITEC, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Processos.

Orientador: Eduardo de Magalhães Braga

Belém

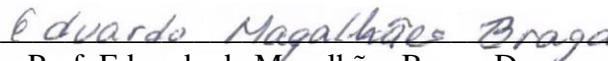
Setembro de 2021

**IMPLANTAÇÃO DO *LEAN MANUFACTURING* NA GESTÃO DE
MANUTENÇÃO NO TERMINAL PORTUÁRIO PONTA DA MADEIRA -
TPPM: ESTUDO DE CASO NOS PROCESSOS DE PLANEJAMENTO,
PROGRAMAÇÃO E CONTROLE (PPCM).**

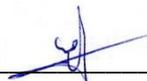
Maryclea Mourão Furtado Ferreira

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA PROCESSOS – MESTRADO PROFISSIONAL (PPGEP/ITEC) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA DE PROCESSOS.

Examinada por:



Prof. Eduardo de Magalhães Braga, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA - Orientador)



Prof. Edinaldo José de Sousa Cunha, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA - Membro)



Prof. Paulo Cordeiro Machado, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA - Membro)

BELÉM, PA - BRASIL
SETEMBRO DE 2021

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotheca's da UFPA

Ferreira, Maryclea Mourão Furtado, 1983-
Implantação do lean manufacturing na gestão de
manutenção no terminal portuário ponta da madeira - TPM:
estudo de caso nos processos de planejamento, programação e
controle (PPCM)- São Luís / Maryclea Mourão Furtado Ferreira
- 2021.

Orientador: Eduardo de Magalhães Braga.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade
Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Processos, 2021.

1. Lean Manufacturing 2. Gestão de Manutenção 3.
Planejamento Programação e Controle I. Título

CDD 670.42

Dedico este trabalho a Deus, pelo seu grande amor e suas bênçãos. A minha família, por todo carinho e compreensão e a minha mãe (in memoriam) que estará para sempre no meu coração.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo seu grande amor e por conceder-me o dom da consciência, vida, saúde e força para buscar meus objetivos.

Agradeço a minha família, que apesar das dificuldades me apoiaram e foram extremamente compreensíveis com a minha ausência enquanto me dedicava a esse projeto.

Agradeço ao professor Eduardo Braga pelas orientações no desenvolvimento desse projeto.

A empresa estudada, a minha liderança e as equipes de manutenção do Porto Norte por todas as contribuições.

Agradeço aos amigos e a todos as pessoas que direta ou indiretamente me incentivaram.

*“Educação não transforma o mundo.
Educação muda as pessoas.
Pessoas transformam o mundo....”*

Paulo Freire

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGE/UFPA como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Processos (M. Eng.)

**IMPLANTAÇÃO DO *LEAN MANUFACTURING* NA GESTÃO DE
MANUTENÇÃO NO TERMINAL PORTUÁRIO PONTA DA MADEIRA -
TPPM: ESTUDO DE CASO NOS PROCESSOS DE PLANEJAMENTO,
PROGRAMAÇÃO E CONTROLE (PPCM)**

Maryclea Mourão Furtado Ferreira

Setembro/2021

Orientador: Eduardo de Magalhães Braga

Área de Concentração: Engenharia de Processos

Na atualidade, estas demandas foram ampliadas e, além de custo, qualidade, velocidade de entrega e flexibilidade, identifica-se um mercado que passa a cobrar pela redução dos impactos ambientais gerados pelos produtos e processos. Tendo como problema os fatores que ocasionam a perda de estabilidade, pode-se elencar as falhas ou quebras dos equipamentos operacionais e estes podem vir a decorrer por vários motivos. Com o objetivo geral de aplicar ferramentas do *Lean* em um processo de PPCM. Essa pesquisa adotou o estudo de caso para seu desenvolvimento, o estudo de caso indica princípios e regras que devem ser observados durante o processo de investigação. Os resultados principais alcançados foram: o aumento de 5 pontos percentuais (pp) correspondente a 7% na disponibilidade física dos ativos e de 4pp corresponde a 5% na disponibilidade intrínseca, além de ganhos nos indicadores de processos, com aumento de 37pp equivalente a 77% para aderência as manutenções sistemáticas e 37pp equivalente a 25% no indicador de aderência a programação, o que demonstram a eficiência do modelo proposto. Comprovando a importância da aplicação do pensamento enxuto por meio da melhora de alguns indicadores selecionados e conseqüentemente melhoria nos processos de manutenção.

Abstract of Dissertation presented to PPGE/UFPA as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Process Engineering (M. Eng.)

**IMPLEMENTATION OF LEAN MANUFACTURING IN MAINTENANCE
MANAGEMENT IN THE PORT TERMINAL PONTA DA MADEIRA - TPPM:
A CASE STUDY IN PLANNING, PROGRAMMING AND CONTROL
PROCESSES (PPCM)**

Maryclea Mourão Furtado Ferreira

September/2021

Advisor: Eduardo de Magalhães Braga

Research Area: Process Engineering

Currently, these demands have been expanded and, in addition to cost, quality, delivery speed and flexibility, a market is identified that starts to charge for the reduction of environmental impacts generated by products and processes. Having as a problem the factors that cause the loss of stability, it is possible to list the failures or breakdowns of operational equipment and these can occur for several reasons. With the general objective of applying Lean tools in a PPCM process. This research adopted the case study for its development, the case study indicates principles and rules that must be observed during the investigation process. The main results achieved were: an increase of 5 percentage points (pp) corresponding to 7% in physical availability of assets and of 4pp corresponding to 5% in intrinsic availability, in addition to gains in process indicators, with an increase of 37pp equivalent to 77 % for adherence to systematic maintenance and 37pp equivalent to 25% in the indicator of adherence to programming, which demonstrate the efficiency of the proposed model. Proving the importance of applying lean thinking through the improvement of some selected indicators and consequently improvement in maintenance processes.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - PROBLEMÁTICA.....	2
1.2 - OBJETIVOS.....	4
1.2.1 - Objetivo geral.....	4
1.2.2 - Objetivos específicos.....	4
1.3 - DELIMITAÇÃO.....	4
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....	7
2.1 - HISTÓRICO DO <i>LEAN</i>	7
2.2 - TIPOS DE <i>LEAN</i>	7
2.3 - AS QUATROS REGRAS DO <i>LEAN</i>	8
2.4 - OS CINCO PRINCÍPIOS DO <i>LEAN</i>	9
2.5 - FERRAMENTAS DO SISTEMA <i>LEAN</i>	10
2.5.1 - Diagrama espinha de peixe.....	10
2.5.2 - Benchmarking.....	12
2.5.3 - Kaizen.....	14
2.6 - METODOLOGIA TPM.....	16
2.7 - METODOLOGIA 5S.....	19
2.8 - EFICIÊNCIA GERAL DO EQUIPAMENTO – <i>OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVES (OEE)</i>	21
2.9 - METODOLOGIA FMDS – <i>FLOOR MANAGEMENT DEVELOPMENT SYSTEM</i>	22
2.10 - METODOLOGIA A3.....	23
2.11 - METODOLOGIA TRABALHO PADRONIZADO.....	25
2.12 - SISTEMA DE PRODUÇÃO VALE.....	26
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA APLICADA A PESQUISA.....	29
3.1 - METODOLOGIA.....	29
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1 - DISCUSSÃO.....	35
4.2 - RESULTADOS.....	41
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES.....	48
5.1 - CONCLUSÕES.....	48

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
--	-----------

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Terminal portuário de ponta da madeira.....	6
Figura 2.1	Os 5 princípios do <i>Lean</i>	10
Figura 2.2	Diagrama de causa e efeito.....	11
Figura 2.3	Passos do Ciclo Kaizen.....	15
Figura 2.4	Os 5 pilares para implementação do TPM.....	17
Figura 2.5	8 Pilares do TPM moderno.....	19
Figura 2.6	Fases Programa 5S.....	20
Figura 2.7	Definição de OEE.....	21
Figura 2.8	Gestão através do FMDS.....	23
Figura 2.9	Fluxo do Relatório A3.....	24
Figura 2.10	Sistema de produção vale.....	26
Figura 3.1	Classificação da pesquisa científica.....	29
Figura 3.2	Fluxograma de metodologia.....	30
Figura 3.3	Diagrama de causa e efeito.....	31
Figura 3.4	Metodologia A3.....	33
Figura 4.1	Matriz de criticidade de notas.....	36
Figura 4.2	Padronização da nota de manutenção.....	36
Figura 4.3	Padronização da ordem de manutenção.....	37
Figura 4.4	Fluxo e definição dos papéis e responsabilidades dos processos de PCM e suas interfaces.....	37
Figura 4.5	Programa de gerenciamento da carteira de serviço.....	38
Figura 4.6	Gerenciamento diário - FMDS.....	41
Figura 4.7	DF descarregamento %.....	42
Figura 4.8	DI descarregamento %.....	42
Figura 4.9	Disponibilidade Física dos equipamentos de janeiro de 2017 a dezembro de 2018.....	43
Figura 4.10	Disponibilidade Intrínseca dos equipamentos de janeiro de 2017 a dezembro de 2018.....	44
Figura 4.11	Aderência Manutenção Sistemática (AMS).....	44
Figura 4.12	Aderência a Programação (APR).....	45
Figura 4.13	Painel dos indicadores de performance do Porto Norte.....	46

Figura 4.14	Indicadores de notas e ordens de manutenção.....	46
Figura 4.15	Tempo de processamento da OM (dias) no processo de planejamento.....	47
Figura 4.16	Metodologia VPS.....	47
Figura 4.17	Ganhos tangíveis.....	47

NOMENCLATURA

APR	ADERÊNCIA A PROGRAMAÇÃO
DF	DISPONIBILIDADE FÍSICA
DI	DISPONIBILIDADE INTRÍNSECA
FMDS	<i>FLOOR MANAGEMENT DEVELOPMENT SYSTEM</i> OU SISTEMA OU SISTEMA DE DESENVOLVIMENTO DE GESTÃO DE CHÃO DE FÁBRICA
AMS	ADERÊNCIA A MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA
OM	ORDEM DE MANUTENÇÃO
PPCM	PLANEJAMENTO PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO
SAP - PM	SISTEMA INFORMATIZADO DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO
TPPM	TERMINAL PORTUÁRIO PONTA DA MADEIRA
VPS	<i>VALE PRODUCTION SYSTEM</i> OU SISTEMA DE PRODUÇÃO VALE

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O cenário de competitividade e evolução tecnológica em ambiente industrial está cada vez mais dinâmico, fazendo com que as empresas sejam cada vez mais exigidas em aumento de qualidade e eficiência para atender adequadamente às necessidades dos consumidores.

Na atualidade, estas demandas foram ampliadas e, além de custo, qualidade, velocidade de entrega e flexibilidade, identifica-se um mercado que passa a cobrar pela redução dos impactos ambientais gerados pelos produtos e processos. Desta maneira as empresas são pressionadas a reavaliar seus processos de gestão de produção e manutenção envolvendo a manufatura em busca de produtividade, competitividade e lucratividade.

O Sistema Toyota de Produção, que deu origem ao conceito de Produção Enxuta ou *Lean Production*, surgiu no Japão, na empresa Toyota, no final da Segunda Guerra Mundial. O país se encontrava arrasado economicamente e precisava seguir em frente perante a crise. Dessa forma, diante das dificuldades oriundas de uma guerra desastrosa para o país, os engenheiros Eiji Toyoda e Taiichi Ohno criaram o modelo de *Lean*, que transformou o Japão e influenciou o mundo anos depois (CHAVES FILHO, 2007).

O *Lean* é uma filosofia que está relacionada com a forma de obter cada vez mais lucro com o menor número de recursos possíveis, eliminando os desperdícios, ou seja, é uma maneira de determinar valor e identificar as ações que criam valor, realizando essas atividades de forma eficaz e sem interrupção no fluxo dos processos, conseguindo com isso oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam (WOMACK; JONES, 1998).

Este trabalho tem como tema, a estruturação das interfaces entre os processos da Gerência de Planejamento, Programação e Controle (PPCM), ele mostra a importância do Planejamento, Programação e Controle da Manutenção como um processo integrado, para o alcance de resultados, que é a parte estratégica da manutenção. As atribuições PPCM se dividem entre as partes estratégicas, táticas, administrativas e técnicas da manutenção.

Ele é responsável por ditar o ritmo de trabalho na manutenção, de forma que as ações realizadas pela manutenção estejam alinhadas com os objetivos estratégicos da empresa. Através do planejamento e programação das atividades de manutenção,

gerenciamento da qualidade dos serviços executados e controle das atividades de manutenção através de indicadores, o PPCM garante que o setor de manutenção entregue sua parcela de contribuição para o negócio.

Apresenta-se o sistema *Lean* na manutenção, que além de preocupar-se com as correções e prevenções das falhas, tem como objetivo principal eliminar as perdas geradas no fluxo de produção através da integração dos setores de manutenção e operações. O *Lean* na manutenção é muito mais do que fazer manutenção, é uma filosofia gerencial que atua na forma organizacional e comportamental das pessoas, de forma que tratem os problemas, não só os de manutenção, mas todos ligados ao processo produtivo, pois gera um comprometimento dos colaboradores onde todos se sentem parte integrante do processo.

A filosofia *Lean* gera um comprometimento de todos os funcionários, aos quais são transferidos uma maior responsabilidade sobre as operações realizadas, pois se o equipamento está com um ruído diferente ou operando abaixo da velocidade, o funcionário comprometido com o processo tentará solucionar o problema ou comunicar com quem possa resolvê-lo.

O estudo de caso dessa dissertação foi realizado em uma empresa mineradora de grande porte, onde os resultados esperados não estavam sendo cumpridos pela Gerência de Manutenção. O trabalho empenhou-se em ver as lacunas do processo, medi-lo e propor formas de controle, usando os princípios do *Lean Manufacturing*.

A pesquisa desenvolveu-se através do estudo de caso, estruturada através da revisão bibliográfica sobre o tema com abordagem descrita e qualitativa quanto a compreensão e explicação dos fatos, decorrentes das observações realizadas. A pesquisa compreende o período temporal entre janeiro de 2018 e dezembro de 2018. Através da revisão bibliográfica, percebe-se que apesar de existir estudo quanto a prática e influência do *Lean* no setor de mineração, estes apresentam lacunas a serem preenchidas, pelo que o referido estudo irá contribuir.

1.1 - PROBLEMÁTICA

Grande parte das indústrias trabalham a manutenção de forma retroativa e superficial. Isto equivale dizer que existe muita margem para improvisar e arranjar, o que, por si só, já contribui negativamente no processo produtivo. Estas técnicas e processos precisam levar em consideração a vida útil do equipamento, de acordo com a

taxa de utilização, custos com as manutenções preventivas e corretivas, entre outros fatores que impactam diretamente na produtividade operacional.

O setor de mineração no Brasil, apresenta-se inserido em um mercado cada vez mais competitivo, além da desvantagem geográfica em relação aos seus concorrentes. Este cenário faz com que as empresas de mineração no Brasil, busquem por processos mais estáveis e previsíveis e com uma melhor utilização de seus recursos.

Entre os fatores que ocasionam a perda de estabilidade, pode-se elencar as falhas ou quebras dos equipamentos operacionais e estes podem vir a decorrer por vários motivos tais como: baixa qualificação da mão de obra, recursos escassos ou ineficientes, baixa qualidade na execução das atividades, não cumprimento das atividades ou rotinas de manutenção. Tais motivos, proporcionam novos estudos e contribuições, reforçando o contínuo estudo por melhores práticas e novas formulações associadas às teorias, conceitos e metodologias existentes, conforme abordado por GIL (1999).

Neste contexto e buscando como alternativa, este estudo visa contribuir como a implementação do *Lean*, sendo utilizada não como um conjunto de ferramentas, mas como uma metodologia de como projetar, gerenciar e melhorar os processos, transforma o ambiente, gera benefícios e vantagem competitiva e traz uma cultura de mudança para organização frente ao cenário desafiador em que Terminal Portuário de Ponta da Madeira se encontrava, onde tudo era prioridade e uma concorrência de urgências se apresentava todos os dias, gerando quebras nos ativos e falta de estabilidade nos processos.

Frente ao exposto, o terminal precisava aumentar sua produção de 169,8 milhões de toneladas em 2017 para 198 milhões de toneladas em 2018 e 230 milhões de toneladas até 2023 e para isso precisava aumentar a produtividade e confiabilidade dos ativos, melhorando a Disponibilidade Física (DF) de 72% para uma meta orçada acumulada de 78% e a Disponibilidade Intrínseca (DI) de 80% para 84% em 2018 e de 81% para a DF e 84% para o orçado dos 230 milhões de toneladas até 2023.

Desta forma, precisava estruturar o processo responsável pelo planejamento, programação e controle das atividades de manutenção nos ativos, PPCM, melhorando suas conexões de forma a envolver todos da cadeia da manutenção na busca para solução dos problemas e conseqüentemente melhoria nos resultados dos indicadores de Aderência a Manutenção sistemática – AMS de 48% para uma meta orçada acumulada de 75% e a Aderência a Programação de 69% para 85%.

1.2 - OBJETIVOS

De acordo com a identificação do problema, por meio da limitação do campo da pesquisa, seguem o objetivo geral e os específicos norteadores deste estudo.

1.2.1 - Objetivo geral

Aplicar ferramentas do Lean Manufacturing em um processo de PPCM (planejamento, programação e controle da manutenção) para melhoria dos processos de manutenção e tornar a empresa mais competitiva.

1.2.2 - Objetivos específicos

- Escolher o processo de planejamento, programação e controle da manutenção – PPCM para aplicação do Estudo de Caso;
- Conceituar as ferramentas do *Lean Manufacturing* para a aplicação dos processos objetivando a identificação das melhorias, oportunidades e mapeando as ações;
- Estruturar os processos de PPCM, definindo papéis e responsabilidades;
- Analisar e empregar as ferramentas de *Lean Manufacturing* para melhorar o processo;
- Gerir e analisar os indicadores dos processos de PPCM e suas conexões;
- Evidenciar benefícios, vantagens e impactos alcançados com a implementação do *Lean Manufacturing*;
- Avaliar os resultados dos indicadores de manutenção com a aplicação do *Lean*, tratar os desvios e propor melhorias na manutenção.

1.3 - DELIMITAÇÃO

O Sistema Norte, compreende o sistema integrado mina-ferrovia-porto, composto pelas minas a céu aberto, pela planta industrial de tratamento de minério de ferro, pela Estrada de Ferro Carajás (que possui 892 quilômetros de extensão) e pelo Terminal Marítimo de Ponta da Madeira (TMPM), em São Luís (MA). A partir do

Terminal, o minério de ferro de Carajás é exportado para clientes no mundo inteiro. Com duplicação de trechos da estrada de ferro Carajás e aquisição de novos ativos para o Porto e Ferrovia do corredor Norte a produção duplicou em menos de dez anos.

O TMPM é o maior porto em movimentação de carga do Brasil, Antaq (2017). Composto pelas áreas de descarregamento, onde o minério transportado nas locomotivas é descarregado nos viradores, área de pátio onde é estocado o minério através dos processos de recuperação e empilhamento e a área de embarque onde o minério é transportado pelas correias transportadoras até os carregadores de navios. São 08 viradores, 15 pátios de estocagem, 17 máquinas de pátios entre empilhadeiras e recuperadoras, 08 carregadores de navios e 05 berços de atracação (Pier I, II, III, IV norte e IV sul) e apresentam um calado médio superior a 21 metros na maré baixa. O Pier I possui um calado de 23 metros e comprimento equivalente de berço de 490 metros, conseguindo receber navios de grande porte como o Berge Stahl e os navios Valemax (navios mineraleiros de 400 mil toneladas) para embarcar minério para os principais portos de descarga de minério do mundo.

Os Valemax Rio de Janeiro, Valemax China, Valemax Brasil e Valemax Beijing são alguns dos navios que já atracaram no Terminal Marítimo de Ponta da Madeira. O Pier III possui dois berços contínuos de atracação, com comprimento total de 571 metros, tendo como prioridade a atracação simultânea de dois navios de menor porte. Tanto o Pier I quanto o Pier III movimentam minério de ferro, pelotas e manganês, sendo este último de menor prioridade.

O Pier II, arrendado pela Vale junto a EMAP – Empresa Maranhense de Administração Portuária, administradora do Porto de Itaqui, possui 18 metros de calado e 280 metros de comprimento e é destinado a produtos de soja, ferro-gusa e concentrado de cobre, sendo os dois últimos prioridade por serem de maior valor agregado. Existe ainda a possibilidade de se embarcar minério e manganês no Pier II. O Pier IV, com 23 metros de calado, possui dois berços com capacidade para atracar navios de até 400 mil toneladas de minério de ferro cada.



Figura 1.1 - Terminal portuário de ponta da madeira.
Fonte: Terminal Marítimo de Ponta da Madeira (2018).

A estrutura organizacional é dividida por gerências, na manutenção existem as gerências de execução responsáveis por um portfólio de ativos, por exemplo as gerências: de descarregamento, gerência de pátio e gerência de embarque. A gerência de planejamento, programação e controle atua como responsável pelo planejamento, programação, provisionamento e controle das atividades de manutenção dessas áreas (Descarregamento, Pátio e Embarque do Porto no Corredor Norte).

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - HISTÓRICO DO *LEAN*

O conceito *Lean* foi introduzido em primeiro lugar pela Krafcik no artigo “*Triumph of the Lean Production System*” de 1988 para criar a ideia de usar menos para aumentar a eficiência e produtividade nas organizações. Isso significa usar menos recursos humanos, estoque, espaço, investimento em ferramentas e tempo gastam para desenvolver produtos (ROSA *et al.*, 2017).

As empresas de manufatura começaram a implementar o *Lean* adaptando práticas semelhantes nos departamentos de serviços dentro da organização devido aos resultados positivos das práticas *Lean*. No estudo realizado por LEVITT (1976), foi demonstrado que o setor de serviços poderia realmente se beneficiar da adaptação das teorias desenvolvidas para o setor manufatureiro. Além disso, BOWEN e YOUNGDAHL (1998) apoiaram esse argumento apontando que, no setor de serviços, as pessoas valorizavam o serviço mais rápido e o *Lean* ajudava a eliminar o desperdício da cadeia de valor, ajudando o cliente a receber o serviço imediatamente.

2.2 - TIPOS DE *LEAN*

A diferença entre os tipos de *Lean* está na adaptação de alguns conceitos para as realidades das organizações, sem modificar a estrutura do *Lean*. Os processos de uma fábrica são diferentes quando comparamos a processos administrativos ou sistemas de serviços (ROSA *et al.*, 2017).

- *Lean manufacturing*, aplicado ao chão de fábrica, voltado a produção na indústria. Também conhecido como sistema enxuto, buscando produzir mais utilizando menos recursos sem afetar a qualidade da entrega final.
- *Lean office*, aplicado em áreas administrativas, com o propósito de eliminar desperdícios. Busca a simplificação de processos pela eliminação de excessos tornando as atividades menos burocráticas e focadas na entrega rápida.

- *Lean healthcare*, utilizado no meio hospitalar, tendo por cliente final o paciente, buscando reduzir desperdícios, custos e atividades desnecessárias que não agregam valor a ele.
- *Lean construction*, utilizado em processos que ocorrem no canteiro de obras que são repetitivos e replicados em outros projetos, como a construção de uma alvenaria ou a concretagem.
- *Lean service*, aplicado em processos administrativos e em processos de serviços de atendimento ao cliente, onde o produto é intangível. Este tipo precisa seguir três metas: entender o valor/propósito certo, procurar pelo processo certo com o melhor método e valorizar as pessoas e suas realizações.

2.3 - AS QUATRO REGRAS DO *LEAN*

As quatro regras do Sistema Toyota de Produção especificam rigidamente como cada atividade deve ser desenvolvida e dirigem o modo como às pessoas interagem, seu desempenho, o fluxo de serviços ou produtos e a maneira como os problemas do processo são identificados e tratados. Esta cultura cria, entre os colaboradores da Toyota, uma verdadeira comunidade de cientistas sempre prontos a resolver problemas (SPEAR e BOWEN 1999).

O referido autor afirma que as quatro regras estão definidas conforme os tópicos abaixo:

- Regra 1 - Estruturar toda a atividade: Todo o trabalho deve ser muito bem detalhado em seu conteúdo, sequência, tempo e resultado esperado. O operador deve estar capacitado a realizar a tarefa e ser capaz de diagnosticar se o trabalho está de acordo com os procedimentos estabelecidos, testando-o imediatamente após a sua conclusão;
- Regra 2 - Conectar de forma clara cada cliente-fornecedor: Todas as conexões cliente-fornecedor, sejam internas ou externas, devem ser diretas e binárias, sim e não, para enviar solicitações e receber respostas. A solicitação deve partir do cliente e a conexão é imediatamente confirmada. As quantidades requeridas e o tempo de resposta devem ser bem definidos. Com isto, evitam-se dúvidas sobre quem vai fornecer o produto ou serviço, em que quantidade, para quem, como, onde e em que prazo;

- Regra 3 - Especificar e simplificar cada caminho do fluxo: Todos os fluxos de produtos ou serviços devem ser simples, diretos e previamente especificados. Isto significa que o produto ou serviço não irá para quem ou para que máquina esteja disponível e sim para quem ou para que máquina tenha sido anteriormente definida;
- Regra 4 - Aprimoramento através da experimentação: Todas as melhorias precisam ser feitas no nível mais baixo possível da organização, de acordo com o método científico e sob a orientação de um líder. Os trabalhadores de chão de fábrica, ou os diretamente envolvidos na atividade, fazem melhorias no seu próprio trabalho, utilizando uma metodologia padrão e estruturada para resolução de problemas, com a assistência de seus supervisores, que agem como se fossem professores.

2.4 - OS CINCO PRINCÍPIOS DO *LEAN*

As organizações devem se concentrar na melhoria contínua usando os cinco princípios do *Lean* para melhorar suas operações. Esses princípios são descritos por WOMACK e JONES (1992) e MELTON (2005), como a especificação do valor, fluxo de valor, fluxo, atração e perfeição, que são discutidos a seguir:

O primeiro é especificar o valor do ponto de vista do cliente. É provável que as empresas de manufatura ofereçam produtos que sejam convenientes para os fabricantes, em vez de se concentrarem na produção de produtos que os clientes valorizem. Portanto, eles são desafiados a desenvolver um portfólio de produtos com base na compreensão dos requisitos dos clientes, o que leva a atender ao princípio do *Lean* para especificar valores.

O segundo é o fluxo de valor, que significa organizar os processos das matérias-primas para o cliente final com base no ponto de vista dos clientes, e não no que os departamentos desejam.

O terceiro princípio é sobre a criação de fluxo de valor que tem a ver com processos, pessoas e cultura, e é usado para reduzir atrasos de atividades de valor agregado e eliminar atividades sem valor agregado.

O quarto princípio é a alavancagem, o que significa a eliminação do excesso de produção, concentrando-se nas demandas dos clientes.

O quinto princípio é buscar a perfeição, que envolve o aumento da qualidade, além de produzir o que os clientes querem, quando querem, com um preço razoável e sem desperdício. Isso significa que o ciclo de melhoria deve ser contínuo e nunca deve terminar.

Estes são os cinco princípios originalmente desenvolvidos na fabricação, mas também podem ser aplicados em serviço. A Figura 2.1 mostra os 5 princípios do *Lean*.



Figura 2.1 - Os 5 princípios do Lean.
Fonte: MELTON (2005).

2.5 - FERRAMENTAS DO SISTEMA *LEAN*

Muitas ferramentas do Sistema *Lean* podem ser usadas com sucesso isoladamente, porém, os benefícios serão combinados à medida que mais ferramentas forem usadas, pois elas apoiam e reforçam umas às outras (FERREIRA *et al.*, 2008).

2.5.1 - Diagrama espinha de peixe

O Diagrama Espinha de Peixe, também conhecido como Diagrama de Ishikawa, segundo FORNARI JUNIOR (2010), é uma ferramenta que fornece uma maneira sistemática e gráfica de identificar causas de um problema, usando categorias para focalizar e estruturar o pensamento, a fim de trabalhar para determinar as causas raízes.

Esse diagrama leva em consideração cinco eixos básicos: homem, máquina, materiais, métodos e meio ambiente. Devido à sua função, é referido como um diagrama de causa e efeito, sendo conhecido como uma ferramenta de análise que fornece uma forma sistemática de investigação de causas e efeitos. Segundo VARZAKAS (2015), causas criam ou contribuem para esses efeitos.

Um exemplo de aplicação do Diagrama Espinha de Peixe, com sua estrutura, está representado na Figura 2.2.

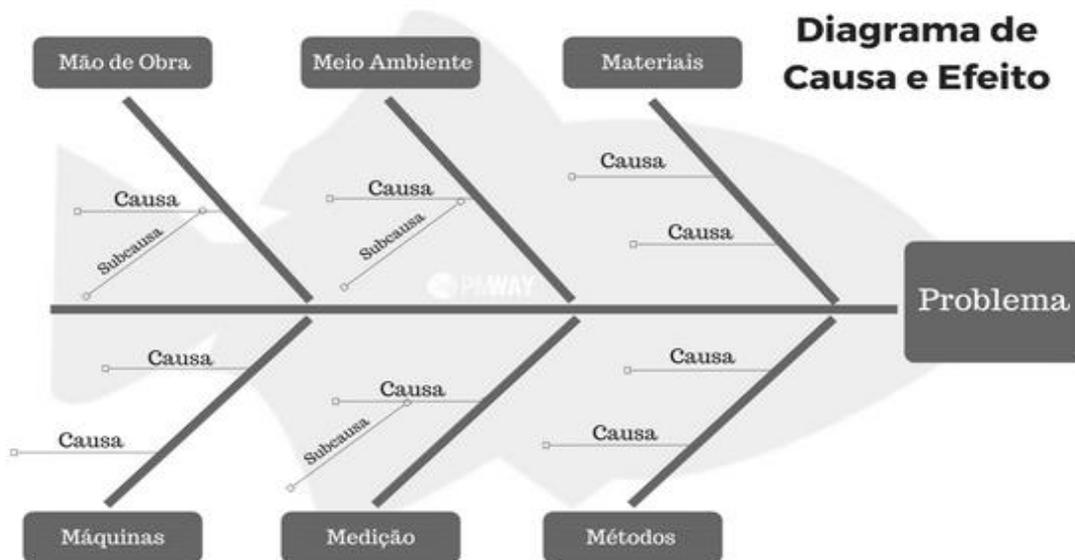


Figura 2.2 - Diagrama de causa e efeito.
Fonte: FORNARI (2010).

Em linhas gerais, são as seguintes as etapas de elaboração do Diagrama de Causa e Efeito:

- Discussão do assunto a ser analisado pelo grupo, contemplando seu processo, como ocorre, onde ocorre, áreas envolvidas e escopo;
- Descrição do efeito (problema ou condição específica) no lado direito do diagrama;
- Levantamento das possíveis causas e seu agrupamento por categorias no diagrama;
- Análise do diagrama elaborado e coleta de dados para determinar a frequência de ocorrência das diferentes causas.

Dependendo da complexidade do diagrama, pode-se desdobrar algumas causas em um novo diagrama de causa e efeito, mais aprofundado e detalhado, a fim de permitir uma abordagem mais minuciosa.

2.5.2 - *Benchmarking*

Um processo de correlacionar diferentes atividades (processo, produto, serviço etc.) de uma empresa com outros semelhantes, com o objetivo de encontrar as melhores opções possíveis, a fim de melhorar ou resolver um problema de tarefa ou operação especificada é conhecida como *Benchmarking*. Isso ajuda a saber onde a melhoria é necessária e como outras indústrias estão fazendo, permitindo melhorar o próprio desempenho (TIMILSINA, 2012).

Existem 4 tipos de *benchmarking* que são:

- *Benchmarking* competitivo: serve para processos e empresas concorrentes;
- *Benchmarking* genérico: consiste na comparação de parâmetros de operação das empresas;
- *Benchmarking* funcional: é relativo a um processo de atuação da empresa, como a distribuição;
- *Benchmarking* interno: no qual usa-se como referência as práticas e processos de outros setores dentro da própria empresa. Contudo o *benchmarking* utilizado nas empresas no setor de produção pode identificar gargalos de produção e ajudar a minimiza-los de forma eficiente e clara (ROGERS *et al.*, 2018).

Para sobreviverem em um ambiente de mercado competitivo, as empresas precisam manter o melhor nível possível de desempenho econômico. Para TORUN *et al.* (2018), à medida que o ambiente muda, esse ambiente exige que as empresas busquem oportunidades para melhorar seu desempenho e implementar as melhorias.

Mesmo que uma empresa apresente um melhor nível em comparação aos seus concorrentes, se não estiver atenta às mudanças de mercado e não fizer esforços para acompanhar e se adaptar às mudanças no ambiente, ela não sobreviverá à concorrência.

Conforme ROGERS *et al.* (2018), as oportunidades de melhoria podem ser identificadas a partir de uma análise dentro da empresa ou pela comparação entre um conjunto de concorrentes. No entanto, quando tais oportunidades são identificadas a partir de análises firmes, elas seguem de uma base que já pode ter sido explorada pela administração. Em contraste, a comparação com os concorrentes amplia o conjunto de informações da empresa, oferecendo novas oportunidades.

ZULCH *et al.* (2006) sugeriram e compararam quatro métodos para revelar potenciais para a implementação de melhorias de desempenho: controle, comparação de

filiais, *benchmarking* e simulação. O controle inclui a avaliação de desempenho do processo de produção sob investigação dentro da empresa, normalmente executado por indicadores predeterminados, como índices financeiros e desempenho de qualidade dentro de uma empresa.

Embora isso seja fácil de executar, conforme RUIZ e SIRVENT (2018), isso tem uma fraqueza crítica, pois não há possibilidade de comparar o desempenho de uma empresa com a de outras empresas, porque uma comparação direta com outras empresas é quase impossível se a estrutura da empresa não for semelhante e comparável. Comparação da indústria é a comparação das estimativas de desempenho com as médias obtidas por outras empresas dentro do mesmo setor econômico. Os dados são normalmente coletados nas pesquisas iniciadas por associações do setor.

Essa abordagem de comparação pode ser pouco informativa quando as empresas são heterogêneas dentro da indústria. Embora isso possa ser um tipo de *benchmarking* em um sentido geral, para WILLIEM e PARK (2018), ele não fornece referências para uma empresa quando não é fácil encontrar um grupo de empresas semelhantes dentro de um setor porque existem diferenças entre as empresas em um setor e o desempenho médio. não garante as melhores práticas dentro da indústria.

Segundo TORUN *et al.* (2018), o *benchmarking* tenta reconhecer um processo ou subunidade em outras empresas similares que representam a melhor prática para caracterizar essas práticas e para melhorar o processo da empresa seguindo as melhores práticas. No entanto, como as empresas usadas para comparação são concorrentes, muitas vezes não estão dispostas a divulgar seus dados internos. Portanto, é impossível ou muito difícil comparar uma empresa inteira com outras empresas. Quando o foco da coleta de dados está em um processo de produção ou subunidade em uma empresa, os dados podem ser mais facilmente coletados e usados para apoiar o *benchmarking*.

De acordo com Ferreira, MORABITO e RANGEL (2008), um dos principais desafios do *benchmarking* é a seleção de uma medida de desempenho apropriada. Uma medida de desempenho apropriada deve refletir os objetivos da empresa que ela pretende descrever, além disso, uma estrutura sistemática para a estimativa do desempenho da medida deve estar disponível. Conforme observado, as medidas finais de desempenho podem não ser medidas de desempenho para *benchmarking*, devido à ausência de uma estrutura sistemática para a estimativa.

Segundo TORUN *et al.* (2018), existem muitas medidas alternativas de desempenho que podem ser adotadas. A medida de desempenho para *benchmarking*

variou ao longo do tempo, refletindo o que as empresas, em particular, as indústrias consideram importante. Por exemplo, na década de 1970, o custo de produção foi considerado importante, na década de 1980, os índices financeiros foram considerados importantes e, após os anos 90, a satisfação do cliente foi considerada importante.

A medida selecionada deve ser estimada com precisão e observada por outras empresas ou por um representante delas (por exemplo, associação industrial).

2.5.3 - *Kaizen*

DOMAN (2011) definiu o *Kaizen* como simplesmente um processo de melhoria contínua com ajuste ou transformação para melhorar uma organização. Existem três diretrizes na análise do processo *kaizen*, que é melhorar continuamente a organização, que são:

- Como os trabalhadores fazem o seu trabalho;
- Como os trabalhadores se conectam uns aos outros; e
- Como o processo de trabalho ou a linha de produção foi construída.

Segundo KIRAN e KIRAN (2017), os trabalhadores de uma organização devem:

- Fazer seu trabalho de acordo com as especificações descritas extensivamente pela organização, para evitar a variabilidade na qualidade e atraso do processo de trabalho;
- Se conectar uns aos outros em termos do que sabem e conscientes de seus papéis e posições em cada processo de trabalho, ou seja, suas posições devem ser padronizadas para que conheçam bem suas responsabilidades na linha de produção. Isso é para evitar a sobreposição e a identificação incorreta na conclusão dos processos de trabalho, pois isso resultaria em desperdício na organização.

Além disso, para KIRAN e KIRAN (2017), o processo de trabalho também deve ser desenvolvido de acordo com o fluxo ou processo que é tão simples quanto possível, e não muito complexo para ser entendido por cada um dos trabalhadores.

Portanto, se houver erros ou problemas na obediência a qualquer uma dessas diretrizes, a organização deve conduzir uma reunião com a equipe e os funcionários para resolver o problema. Esta reunião é chamada de processo *Kaizen*. Este processo é adaptado da abordagem da Toyota do *A3 Report Format*. O *A3 Report Format* é usado

pela Toyota para organizar e controlar seus funcionários, a fim de identificar erros ou erros no processo de trabalho e encontrar soluções perfeitas para os problemas (MAAROF *et al.*, 2016).

O *Kaizen* ou melhoria contínua, conforme Lei *et al.* (2017), é um processo cotidiano que visa potencializar o processo de trabalho nos negócios como reação às situações de mercado que vivenciam rápidas mudanças. O processo *Kaizen* visa a minimização ou erradicação de resíduos e difere da qualidade no processo de melhoria. Isso ocorre porque o *Kaizen* leva em consideração quaisquer alterações ou melhorias que resultem em quaisquer fatores ou elementos em um negócio, como inovação, qualidade valor do cliente, facilidade, flexibilidade, otimização de tempo, redução de custos, diminuição nos preços dos produtos, conformidade etc. desde que melhore a condição comercial atual.

Para HIGUCHI *et al.* (2015), a abordagem *Kaizen* é livre para usar qualquer ferramenta ou método para cumprir o objetivo principal, que é uma melhoria contínua, desde que seja reconhecível para os clientes. A Figura 2.3 retrata os passos para seguir a metodologia do *Kaizen*.



Figura 2.3 - Passos do Ciclo *Kaizen*.
Fonte: AHMAD *et al.* (2018).

2.6 - METODOLOGIA TPM

A abordagem planejada para manutenção preventiva foi introduzida no Japão a partir dos Estados Unidos na década de 1950. A Seiichi Nakajima, do Instituto Japonês de Manutenção de Plantas (JIPM), é creditada como pioneira no desenvolvimento da abordagem através dos estágios de manutenção preventiva (baseada no tempo), manutenção produtiva (preditiva / baseada na condição) e depois na manutenção produtiva total (DUNN, 2015).

O JIPM continuou identificando os cinco fatores críticos de sucesso a seguir para fornecer benefícios do TPM (GARZA-REYES *et al.*, 2018):

- Maximizar a eficácia do equipamento;
- Desenvolver um sistema de manutenção produtiva para a vida útil do equipamento;
- Envolver todos os departamentos que planejam, projetam, usam ou mantêm equipamentos na implementação do TPM
- Envolver ativamente todos os funcionários, desde a alta gerência até os trabalhadores da fábrica.

Esse foco no envolvimento total e no gerenciamento motivacional traz uma nova perspectiva para o gerenciamento de equipamentos em todos os níveis da empresa. Se um cliente tiver apenas 2 horas de estoque, calcula-se que nenhum fornecedor poderia ter uma quebra de mais de 2 horas. Um processo não confiável aumentará os estoques e consumirá dinheiro para investir em ações. A verdade descoberta pelo TPM é que, se o equipamento falha em fornecer 100% de potencial, isso ocorre devido a alguns fenômenos físicos que podem ser identificados, controlados, reduzidos e possivelmente até eliminados (CHLEBUS *et al.*, 2015).

O “Modelo dos Cinco Pilares” é proposto anteriormente por STEINBACHER e STEINBACH (1993), como mostrado na Figura 2.4. O processo de implementação do TPM, no nível mais alto, requer inicialização, implementação e institucionalização. Nesse modelo, "Treinamento e educação" são um elemento integrante de todos os outros pilares, e não um pilar autônomo.

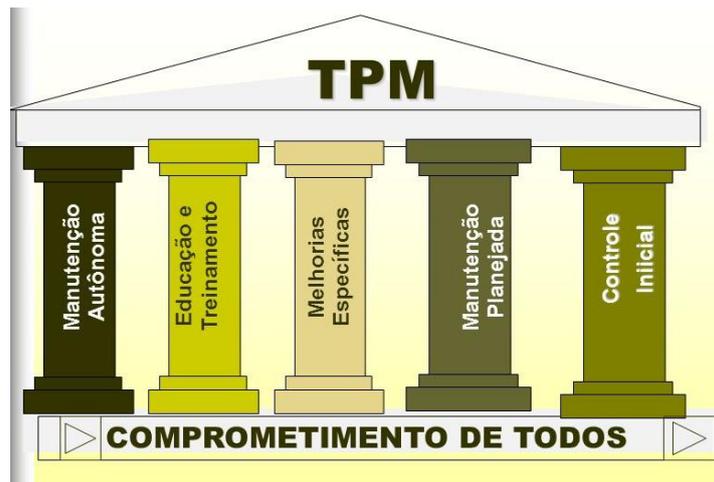


Figura 2.4 - Os 5 pilares para implementação do TPM.
Fonte: MCCARTHY; RICH, (2004).

O objetivo simples do TPM de "melhorar a eficácia do equipamento, envolvendo todos aqueles que o impactam em atividades de pequenos grupos" é apoiado por um poderoso processo de melhoria multifuncional liderado pelos negócios, que é facilmente ignorado pelo observador casual (BAKRI *et al.*, 2012).

Em primeiro lugar, a eficácia do KPI (*Key Performance Indicator*) é uma medida de quão bem um sistema funciona em comparação com as expectativas. O TPM clássico identificou seis perdas de efetividade que respondem pela diferença entre os níveis atuais de efetividade e 100% de efetividade. Esses são (MCCARTHY; RICH, 2004):

- Avarias devido a falhas no equipamento;
- Configuração e ajustes desnecessários;
- Paradas em marcha lenta e paradas menores;
- Correndo a velocidade reduzida;
- Perdas iniciais;
- Retrabalho e sucata.

Cada um deles é um tipo diferente de problema, com um conjunto diferente de táticas para reduzir e eliminar essa perda. A partir do desenvolvimento dessas táticas, o JIPM também identificou que as principais razões para os baixos níveis de eficácia são (MCCARTHY; RICH, 2015):

- As condições do equipamento são ruins;
- Erro humano / falta de motivação;
- Falta de entendimento de como alcançar as melhores condições.

Isso leva a uma das ideias mais poderosas obtidas com a aplicação dos princípios do TPM. Que a maneira mais rápida de melhorar o desempenho é reconhecer que existem apenas cinco soluções básicas para qualquer problema de fabricação (GARZAREYES *et al.*, 2018).

O TPM clássico evoluiu de acordo com as necessidades em constante mudança da indústria, o que levou a uma extensão do escopo de melhoria além do chão de fábrica da produção e nas cadeias de suprimentos. Isso ocorreu no momento que o pensamento enxuto estava surgindo para desafiar os conceitos tradicionais de produção em massa e vincular mais estreitamente as cadeias de suprimento através do fluxo. A combinação dessas ideias emergentes mais o sucesso do TPM na melhoria da resiliência do equipamento levou à extensão do escopo clássico do TPM (MCCARTHY; RICH, 2004).

O TPM em toda a empresa inclui administração, segurança, meio ambiente, manutenção de qualidade, desenvolvimento de produtos, atendimento ao cliente e logística. Também levou à racionalização de ferramentas de melhoria e implantação de políticas sob o pilar de melhoria focada. Essa extensão do TPM forneceu um meio de alinhar a melhoria em toda a organização para envolver todos de uma maneira focada e significativa. Como parte desse aprimoramento, a faixa de perdas ocultas foi estendida para 16 para incluir uma faixa mais ampla de metas de perda oculta, abrangendo equipamentos, mão-de-obra, gerenciamento e perdas de energia / recursos (CHLEBUS *et al.*, 2015).

PIRSIG (1996) enfatiza sete elementos amplos exclusivos e quatro temas principais em qualquer programa de implementação do TPM. Os quatro temas principais em seu modelo são que o programa de implementação do TPM inclui treinamento, descentralização, prevenção de manutenção e habilidades múltiplas. Enquanto os elementos amplos do modelo Pirsig, são; estratégia de ativos, capacitação, sistemas e procedimentos de planejamento e programação de recursos, medição, bem como melhoria contínua dos processos.

Também o modelo de cinco pilares é introduzido por (YEOMAN E MILLINGTON 1997) esses pilares são; aumentar a eficácia do equipamento, treinamento, manutenção autônoma, gerenciamento precoce de equipamentos e manutenção preventiva planejada.

O Instituto Japonês de Manutenção de Plantas (JIPM) desenvolveu o modelo TPM mais conhecido de oito pilares; sete deles são baseados no pilar 5S como pilar da

fundação. Esses pilares são: (manutenção planejada, manutenção de qualidade, manutenção autônoma, *Kaizen*, TPM do escritório, treinamento e Segurança, Saúde e Meio Ambiente (SHE)). Todos os oito pilares são integrados ao longo do telhado do TPM, como mostra a Figura 2.5 (GARZA-REYES *et al.*, 2018).

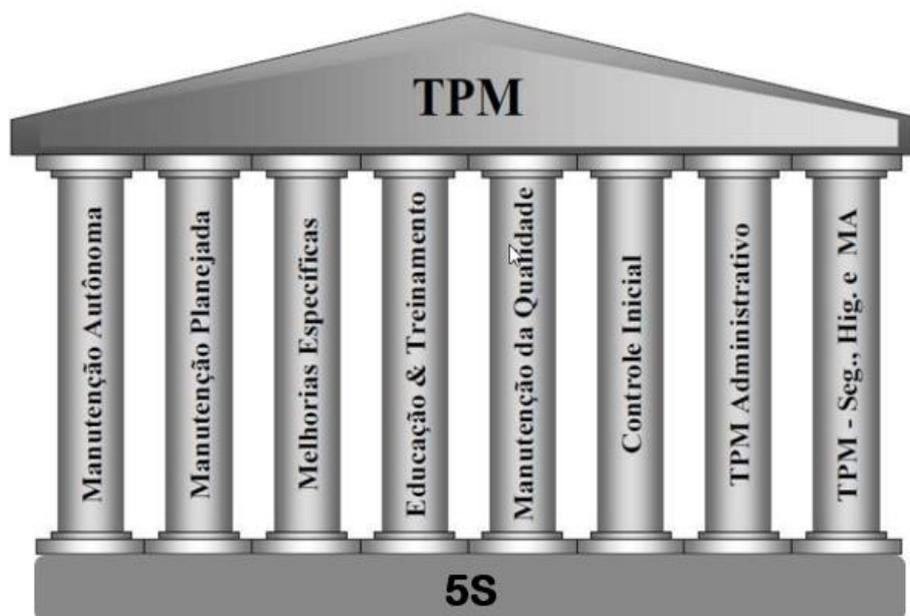


Figura 2.5 - 8 Pilares do TPM moderno.
Fonte: (GARZA-REYES *et al.*, 2018).

2.7 - METODOLOGIA 5S

A metodologia 5S vem de cinco palavras japonesas que são *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*, que traduzidas para o português significam: Classificação, Ordem, Limpeza, Higiene e Disciplina (VERES-HAREA *et al.*, 2018). A Figura 2.6 mostra as fases do 5S.

A primeira fase do 5S é a “Classificação”. Nesse processo, segundo MOHAN SHARMA e LATA (2018), a ideia principal é classificar todos os itens desnecessários que não são necessários na área, marcar todos os itens e depois descartar esses itens ou substituí-los em outra estação de trabalho. É claro que antes de descartar os itens desnecessários, deve-se considerar quem tem a palavra final sobre o descarte.

A segunda fase do 5S é definida como “Ordem”. Depois que todos os itens desnecessários forem descartados, é hora de começar a organizar a área para aumentar a segurança geral na área de trabalho. Para OMOGBAI (2017), esta fase geralmente leva o tempo maioritário de todo o programa 5S, uma vez que todas as marcações, faixas e rótulos são feitos durante esta fase.



Figura 2.6 - Fases Programa 5S.
 Fonte: VERES-HAREA *et al.* (2018).

Em terceiro lugar, é a fase da “Limpeza” que, de modo geral, boa parte já foi implementada durante a segunda fase. Conforme MOHAN SHARMA e LATA (2018), esta fase tem basicamente três etapas distintas: (i) simplesmente limpar; (ii) criar um cronograma para manter a limpeza e a ordem, envolvendo os funcionários, responsabilizando-os por determinadas áreas e pela manutenção da área; (iii) ter uma imagem, como a área deve se parecer toda manhã ao chegar ao trabalho e ao sair do trabalho. Isso ajuda a detectar máquinas quebradas, itens em excesso e fatores que prejudicam a segurança no trabalho.

A quarta fase, “Padronizar”, conforme OMOGBAI (2017), concentra-se em manter o ambiente de trabalho limpo e seguro. Antes desta fase, toda a triagem e limpeza foram realizadas. Esta fase existe para definir orientações simples e visíveis, como a área deve ser mantida diariamente. Diferentes organizações têm diferentes maneiras de medir a manutenção do 5S. Uma das ferramentas mais populares para padronização é a auditoria 5S. Essas auditorias são mantidas após diferentes períodos, por exemplo, uma vez por mês. A auditoria definiu padrões que são avaliados durante as auditorias. Posteriormente, os resultados da auditoria serão postados para todos verem. Isso também ajuda a apontar algumas áreas problemáticas e tomar ações.

A última fase, mas não a menos importante, é “Disciplina”. Para Roriz, Nunes e Sousa (2017), muitos consideram esta fase a mais difícil de implementar de todas as

cinco fases. Quando se fala em disciplina, o significado central é manter o estado atual e melhorado. Depois de implementar com sucesso o programa 5S, é extremamente importante não voltar ao que era antes. A gestão tem um papel importante nesta fase, pois eles precisam fazer parte dos próprios hábitos de trabalho diários dos funcionários.

2.8 - EFICIÊNCIA GERAL DO EQUIPAMENTO - *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* (OEE)

A eficácia global do equipamento foi inicialmente usada por Seiichi Nakajima nos anos 80. Ele criou uma métrica quantitativa para medir a produtividade de equipamentos de produção individuais em uma fábrica. Essa métrica ganhou popularidade uma vez que revela e mede custos ocultos ou irrelevantes relacionados a um equipamento (NAKAJIMA, 1988).

Em qualquer indústria, espera-se que os equipamentos produzam produtos de boa qualidade com uma capacidade esperada de 100%. A Eficiência Geral do Equipamento (OEE) é um indicador de desempenho calculado com base em três fatores: disponibilidade, desempenho e qualidade. Sua particularidade é que as perdas ocultas são levadas em consideração para aumentar o grau de relevância em relação à utilização do equipamento. Antes da criação do OEE, a disponibilidade era o único parâmetro considerado que falsificava o resultado, e uma superestimação da utilização do equipamento foi observada (LJUNGBERG, 1998).

A Figura 2.7 é uma representação de como o OEE pode ser definido, reunindo todas as principais funções que afetam o resultado.

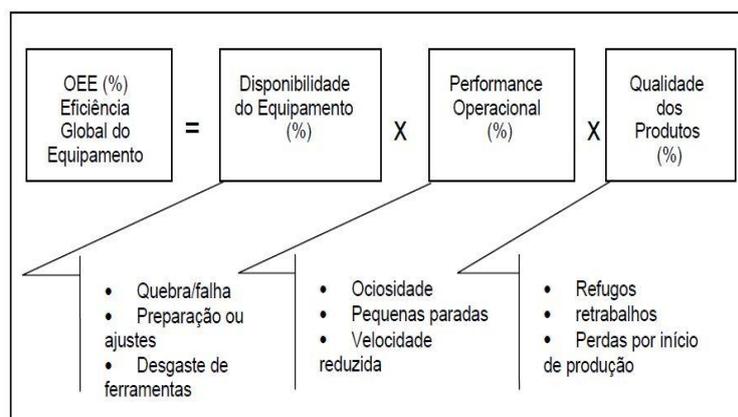


Figura 2.7 - Definição de OEE.
Fonte: NAKAJIMA (1988).

OEE é um conceito muito poderoso para interpretar o quão bem é utilizada uma máquina para um determinado processo, a fim de otimizar este último. No entanto, a coleta de dados assume grande parte da responsabilidade em relação à precisão dos resultados. Cada máquina e processo é diferente, portanto, o método para coletar dados precisa ser justificado e refletido para atingir o resultado desejado. Nakajima (1988) propôs uma classificação das perdas ocultas em seis categorias, mais famosas como “três grandes perdas”:

- Perdas de indisponibilidade que afetam a disponibilidade: falha do equipamento e configuração/ajuste;
- Perdas de velocidade reduzindo o desempenho: paradas em marcha lenta/curta e velocidade reduzida do equipamento;
- Perdas de defeitos que atuam na qualidade final: defeito no processo e rendimento reduzido.

Além disso, algumas outras perdas poderiam ser adicionadas para obter resultados ainda mais precisos. A manutenção planejada, por exemplo, pode ser adicionada ou o tempo de manutenção focado, onde a máquina pode ser desligada enquanto as melhorias são realizadas no sistema.

2.9 - METODOLOGIA FMDS – *FLOOR MANAGEMENT DEVELOPMENT SYSTEM*

O projeto da implantação de um sistema de gestão visual surgiu a partir da aplicação dos conceitos do “Sistema de desenvolvimento de gestão de chão de fábrica” (FMDS – *Floor Management Development System*). Segundo Liker e Convis (2006, p. 157), desenvolvido no Japão em 2006 no contexto de expansão mundial da Toyota e implementado como ferramenta no Brasil em 2008.

O FMDS é um sistema de gerenciamento que possui como instrumento central o gerenciamento visual, ligando o acompanhamento diário de desempenho aos objetivos da fábrica. Sua implementação se dá pela fixação de diagramas, gráficos e informações em locais de proximidade as áreas de trabalho, utilizando sistemas de cores e a divisão dos indicadores em grupos.

Gerenciamento diário através do FMDS:

- Torna contínuo o acompanhamento das ações definidas de acordo com o desdobramento da estratégia, verificando se os resultados esperados estão sendo atingidos e, caso negativo, sejam tomadas as ações corretivas a tempo;

- Permite que todos saibam claramente se o desempenho está bom ou ruim em bases diárias, se necessário horárias, ou então semanais ou mensais, se for o caso;
- Permite que todos em todos os níveis enxerguem rapidamente o desvio ou o problema que impede que as metas sejam atingidas. E que todos, igualmente, sejam responsáveis por tomar as providências necessárias para corrigir esses problemas rapidamente.

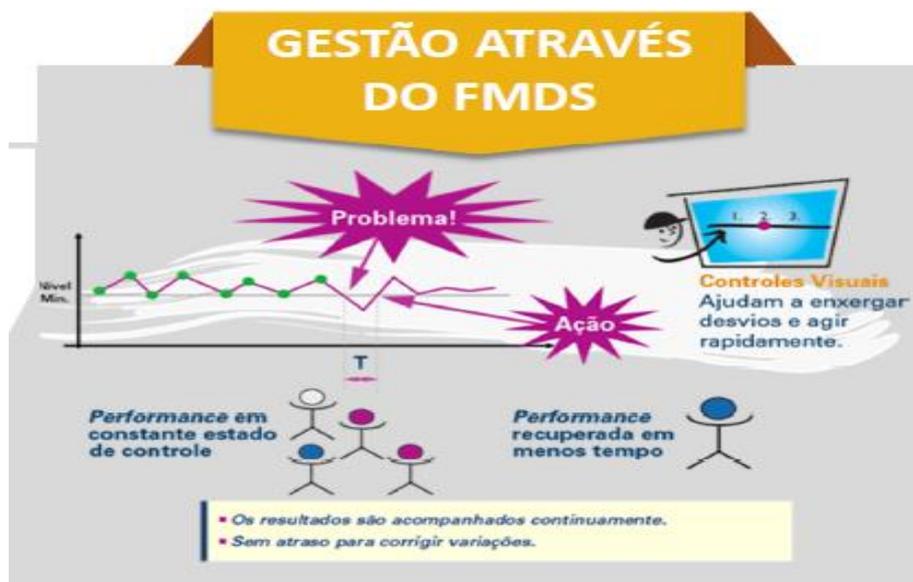


Figura 2.8 - Gestão através do FMDS.
Fonte: Apostila FMDS (2017).

2.10 - METODOLOGIA A3

De acordo com ANDERSON (2010), o A3 foi desenvolvido pela Toyota, no início de 1960, com o propósito de resolver problemas e encontrar soluções plausíveis na empresa. A metodologia do relatório A3, foi criada pela Toyota e demonstra a importância de resolver um problema de forma eficiente detectando sua causa raiz propondo soluções para os problemas encontrados. A metodologia fornece relatórios da situação dos projetos em andamento usando a ferramenta como um guia sistematizado de soluções de problemas, através de um processo rigoroso, documentando os problemas principais do processo e propostas de melhoria.

A origem do nome A3, de acordo com SHOOK (2008), surge a partir do tamanho da folha utilizada para o registro do projeto de melhoria, ou seja, uma folha no formato A3. O relatório A3 é assim chamado por ser escrito numa folha de formato A3

(297x420 mm), onde é desenhado um diagrama que mostra como funciona o sistema, evidenciando com clareza os problemas na situação atual. Quem elaborar o relatório deverá quantificar a extensão do problema, tal como a percentagem de defeitos, as horas em que as máquinas estiveram paradas, entre outros. LIKER (2006) afirma que não importa o formato do relatório, mas sim a mentalidade empregada que leva principalmente ao ciclo do PDCA.

O relatório A3 é uma ferramenta onde problema, análise, ações corretivas e plano de ação são escritos em apenas uma das faces de uma única folha de papel tamanho internacional, normalmente utilizando-se gráficos e figuras. Na Toyota, Relatório A3 significa uma metodologia de agir perante um problema, desafio ou projeto a ser implantado, transformando-se em uma ferramenta de gerenciamento do Sistema de Produção Toyota, segundo SMALLEY e SOBEK (2010). A Figura 2.9 mostra o fluxo típico de um Relatório A3.

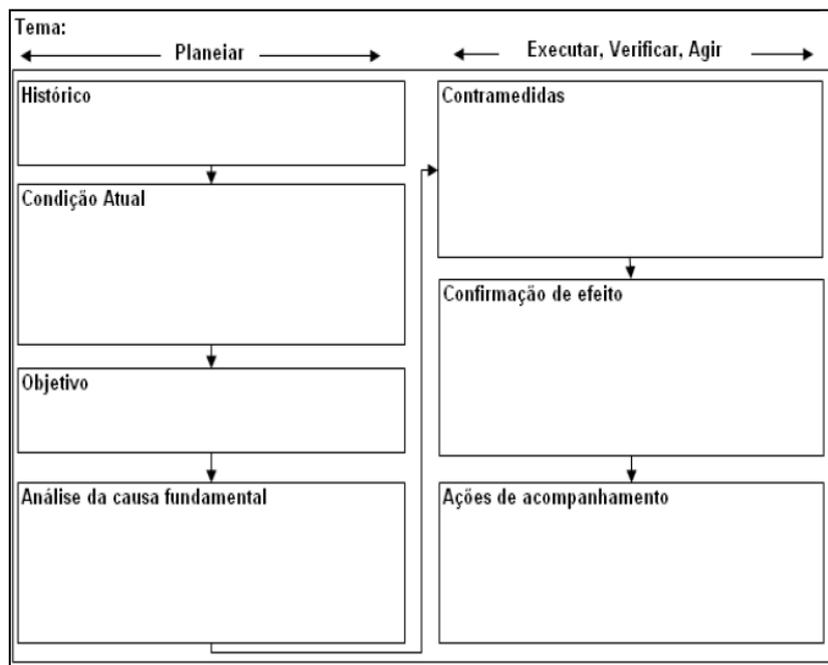


Figura 2.9 - Fluxo do Relatório A3.
 Fonte: SMALLEY E SOBEK (2010).

Ainda segundo SMALLEY e SOBEK (2010), trata-se de uma ferramenta que dirige os solucionadores de problemas, levando a uma compreensão mais profunda do problema ou oportunidade, podendo gerar novas ideias sobre como abordar a dificuldade em questão. Grande parte das indústrias no mundo utiliza o relatório A3 que apresenta resultados satisfatórios como ferramenta de gestão.

2.11 - METODOLOGIA TRABALHO PADRONIZADO

Em um ambiente de manufatura enxuta, o trabalho padronizado é um elemento-chave para o sucesso. Ao repetir um método definido, o processo é mais organizado e as oportunidades de melhoria tornam-se mais aparentes. O processo deve ser centrado em torno do movimento humano. Os quatro principais elementos do trabalho padronizado são o tempo *takt*, o balanceamento de linha, a sequência de trabalho e o estoque padrão em processo (PERIN; RENTES, 2005).

Segundo CHAVES FILHO (2007), o tempo *takt* é o tempo em que uma peça precisa ser produzida com base no tempo disponível e nos requisitos do cliente. A fórmula seria algo como, o tempo disponível por turno (em segundos) dividido pela necessidade do cliente por turno. Uma vez que o tempo *takt* é determinado, a sequência de trabalho e o balanceamento de linha podem ser calculados.

Balanceamento de linha é o próximo passo no trabalho padronizado, conforme MARIZ (2013). Isso envolverá estudos de tempo de todos os diferentes trabalhos dentro do processo. O conceito é que todos os trabalhos em uma área ou linha exigirão o mesmo tempo para serem concluídos (tempo de ciclo). Quanto mais detalhes no estudo de tempo, mais fácil será equilibrar a carga de trabalho entre os operadores.

CHAVES FILHO (2007), afirma que raramente os tempos funcionam assim na realidade, no entanto, os dois conceitos básicos são para garantir que nenhum operador tenha um tempo de ciclo maior que o *takt time* e tenha todas as operações as mais próximas possível do tempo de ciclo.

Com o balanceamento de linha completo, segundo MARIZ (2013), o trabalho de cada operador deve seguir um processo padrão. Esse processo é conhecido como a sequência de trabalho. Para obter sempre os melhores resultados de qualidade, o processo deve ser configurado de tal maneira que cada operador que executa o trabalho o faça da mesma maneira. A sequência de trabalho deve conter o máximo de detalhes possível. Ao configurar a sequência de trabalho, é fácil observar quando algo está sendo feito fora de ordem.

O último grande passo no trabalho padronizado é o estoque em processo. Mantendo o conceito de *just in time*, as partes entre as operações devem ser mínimas. Para um processo contínuo em que as peças se movem de uma operação para outra, o estoque em processo de destino deve ser de uma só peça. Com base no tempo de ciclo, isso pode não ser possível, mas deve ser o alvo. O número real de peças entre os

processos dependerá das operações reais. Quanto melhor o balanceamento de linha, menos peças serão necessárias entre as operações. A chave é garantir que o processo de gargalo (processo mais lento) sempre tenha um suprimento de peças para processar (PERIN; RENTES, 2005).

O trabalho padronizado deve melhorar a segurança através de movimentos seguros, ajudar a qualidade através de processos repetitivos, aumentar a eficiência através da eliminação de etapas desnecessárias e formar uma base para o *Kaizen*.

2.12 - SISTEMA DE PRODUÇÃO VALE – VPS

Baseado na metodologia implantada pelo sistema Toyota de Produção, a empresa estudada criou o VPS - Sistema de Produção Vale ou *Vale Production System*.

O VPS é um modelo de gestão da Vale baseado na filosofia *Lean*. Ele fortalece a cultura organizacional da empresa por meio do desenvolvimento de pessoas, da padronização de melhores práticas, da disciplina operacional e do cumprimento da rotina. É um modelo em constante evolução que se consolida e melhora continuamente na sua abordagem, nos métodos, nas técnicas e nas ferramentas utilizadas de acordo com o aprendizado obtido. Com foco em resultados, prevê a implementação de práticas para viabilizar operações seguras e ambientalmente responsáveis e garantir a integridade das pessoas e ativos. O VPS é composto por três lados: valores, técnico e liderança.

A Figura 2.10, representa os lados do VPS:



Figura 2.10 - Sistema de Produção Vale ou *Vale Production System* - VPS.
Fonte: VPS VALE (2017).

a) Valores conduzem comportamento: direcionam os hábitos dentro da nossa organização. Praticar o modelo de gestão é praticar os valores da empresa. Os valores são: A vida em primeiro lugar, cuidar do nosso planeta, agir de forma correta, valorizar quem faz a nossa empresa, crescer e evoluir juntos e fazer acontecer.

- Vida em Primeiro Lugar e Cuidar do Nosso Planeta significa não priorizar a produção em relação à saúde e segurança das pessoas e tampouco em relação aos riscos do negócio e impactos que podem ser gerados nas comunidades onde a empresa atua.
- Agindo de Forma Correta significa entregar o que cliente espera, buscando eliminar constantemente os desperdícios de forma a alcançar os níveis de custo que possibilitam uma lucratividade suficiente para sustentar os negócios e perpetuar a empresa.
- Fazer Acontecer significa criação de métodos para acompanhar o desempenho e melhorar a performance. Oportunidades serão cada vez mais identificadas e endereçadas. Portanto, desenvolver a capacidade de solucionar problemas: enxergá-los, deixar claro quais precisam ser resolvidos, priorizá-los um a um e praticar a solução de problemas em todos os níveis e por todos os colaboradores.

b) Técnico - O lado técnico representa os processos da nossa cadeia produtiva e os processos de suporte que são direcionados por aspectos técnicos, legais e metodológicos;

c) Liderança - A liderança é fundamental para criar um ambiente propício à transformação cultural e ao alcance de resultados.

O VPS orienta a atuação do líder a partir de quatro direcionadores que permitem que os princípios da excelência operacional se tornem parte do pensamento e do comportamento de todos. Os quatros direcionadores são:

- **PESSOAS:** liderar com humildade, empoderar cada indivíduo, desenvolver pessoas, garantir ambiente saudável e seguro;
- **MELHORIA CONTÍNUA:** expor e resolver problemas, ver com os pés, eliminar desperdícios, estabilizar processos e melhorar continuamente;
- **ALINHAMENTO ORGANIZACIONAL:** fortalecer o alinhamento e a colaboração entre áreas, alinhar estratégia, integrar a cadeia de valor, dar clareza de propósito para todos os níveis;

– RESULTADOS ORIENTADOS PARA O CLIENTE: criar valor para o cliente, medir o que importa, alinhar comportamentos com performance, incorporar a sustentabilidade ao dia a dia.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA APLICADA Á PESQUISA

3.1 - METODOLOGIA

É fundamental que se defina o tipo de pesquisa a qual se pretende realizar a fim de determinar como o trabalho será desenvolvido, sendo que cada um dos diversos tipos de pesquisa existentes tem suas características metodológicas específicas. Para fim de elaboração desse estudo foi adotado classificar o estudo pela sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos. Conforme apresentada na Figura 3.1.

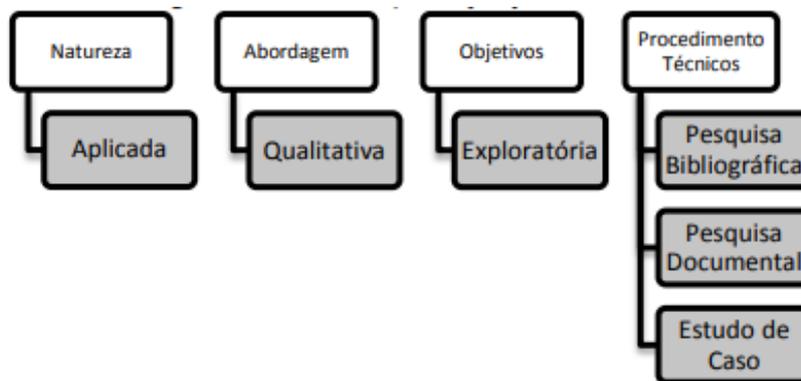


Figura 3.1 - Classificação da pesquisa científica.

De acordo com as classificações de pesquisa existentes o presente estudo pode ser caracterizado conforme descrito a seguir:

- Quanto á natureza: aplicada;
- Quanto à abordagem: qualitativa;
- Quanto aos objetivos: exploratória;
- Quanto aos procedimentos técnicos: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e estudo de caso.

Quanto à natureza da pesquisa, pode ser considerada aplicada, por ser uma investigação original concebida pelo interesse em adquirir novos conhecimentos, porém orientada para uma aplicação prática.

Essa pesquisa adotou o estudo de caso para seu desenvolvimento, segundo GIL (2009) afirma que o estudo de caso indica princípios e regras que devem ser observados

durante o processo de investigação. Mesmo sem apresentar a rigidez dos experimentos e levantamentos, os estudos de caso englobam as seguintes etapas:

- Formulação e delimitação do problema;
- Seleção da amostra;
- Determinação dos procedimentos para coleta e análise de dados;
- Modelo para interpretação dos dados apurados.

Foi realizada uma investigação das características significantes de eventos vivenciados, tais como processos, mudanças, melhorias e análises, mediante a implantação de uma nova filosofia de trabalho, no caso a o *Lean Manufacturing*. Na Figura 3.2, apresenta o fluxograma de metodologia.

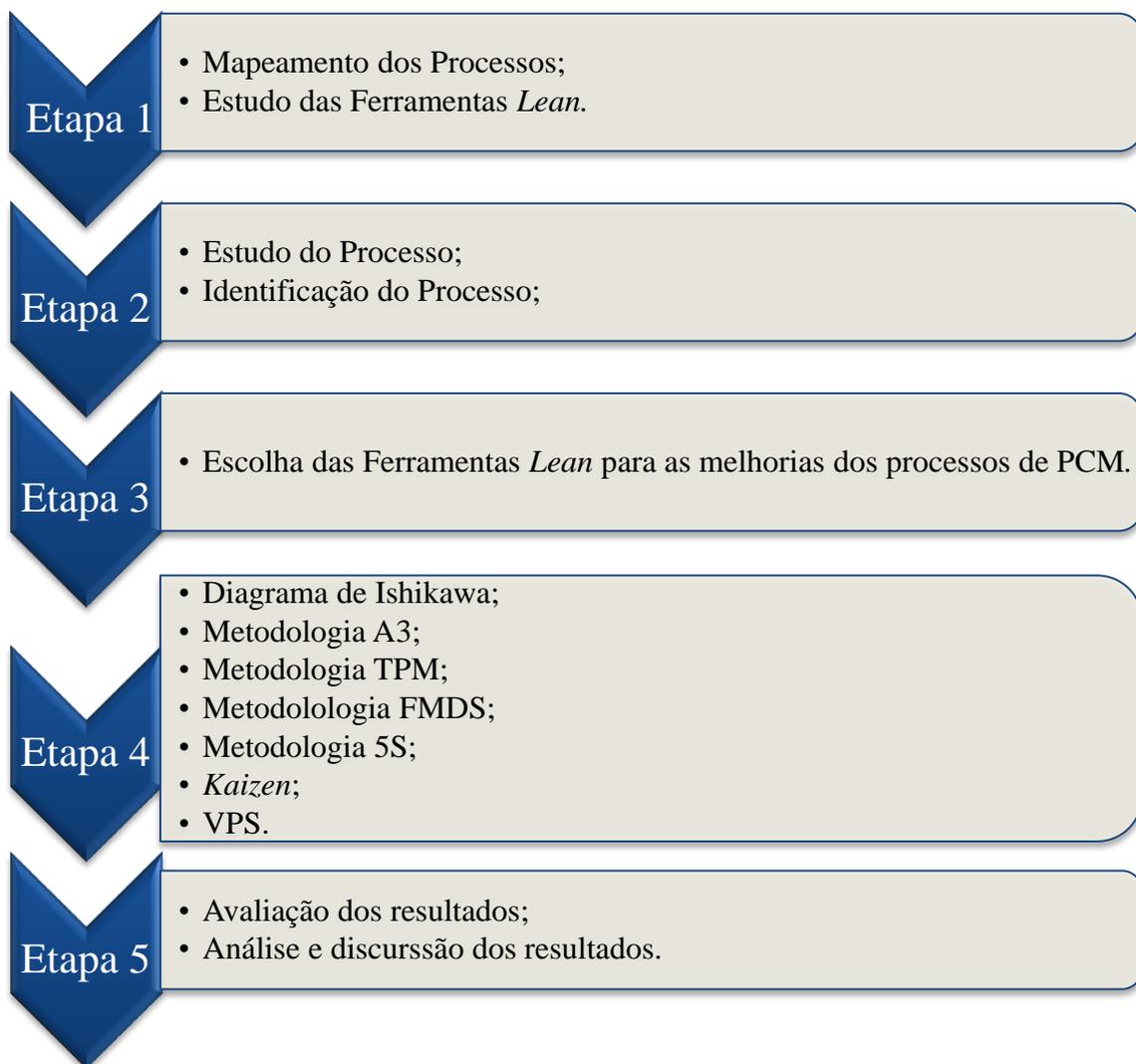


Figura 3.2 - Fluxograma de metodologia.

Quanto aos meios, compreende ao estudo de caso, pois objeto do estudo foi centralizada no Terminal Marítimo de Ponta da Madeira em São Luis.

Como ponto de partida para entendimento da implantação e gestão do sistema *Lean Manufacturing*, primeiramente foram consultados nos arquivos os procedimentos internos da empresa, recorrendo-se depois à pesquisa bibliográfica, na busca de opiniões dos mais diversos autores de trabalhos sobre a temática em questão, adequando-o a uma situação específica.

Foi feito uma análise nos indicadores principais de performance da manutenção de Disponibilidade Física (DF) e Disponibilidade Intrínseca (DI) e processo Aderência a Manutenção Sistemática (AMS) e Aderência a Programação (APR) e estes encontravam-se abaixo da meta. Uma aplicação do Diagrama Espinha de Peixe, com sua estrutura, está representada na Figura 3.3.



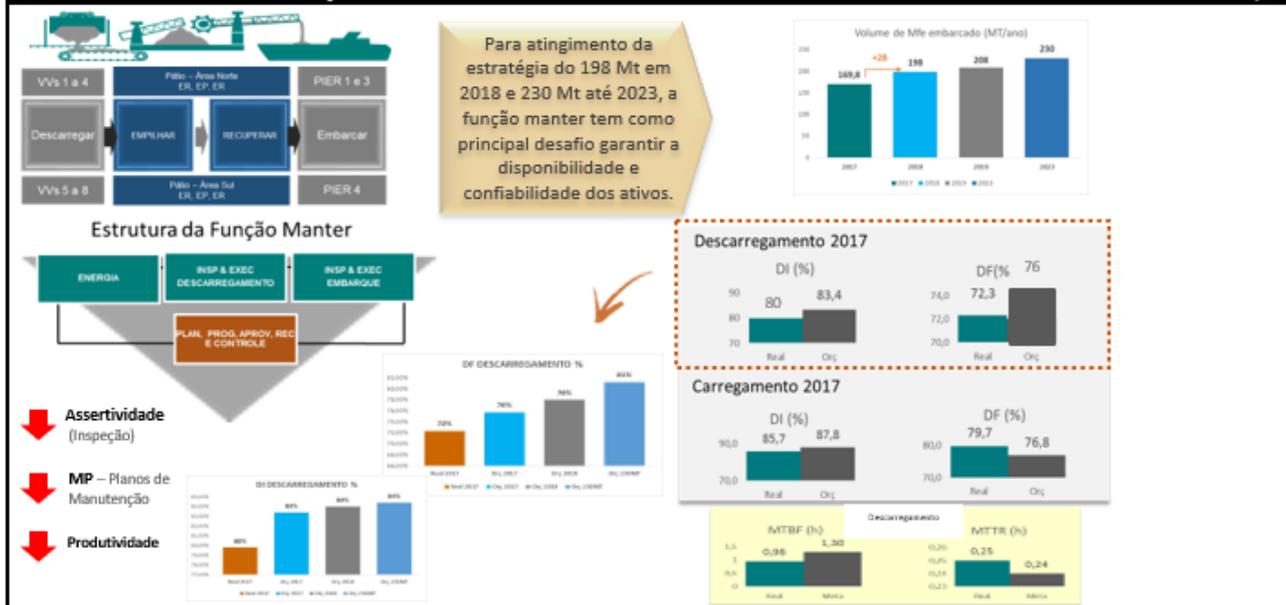
Figura 3.3 - Diagrama de causa e efeito.

As causas são agrupadas por categorias e semelhanças previamente estabelecidas ou percebidas durante o processo de classificação. A grande vantagem é que se pode atuar de modo mais específico e direcionado no detalhamento das causas possíveis.

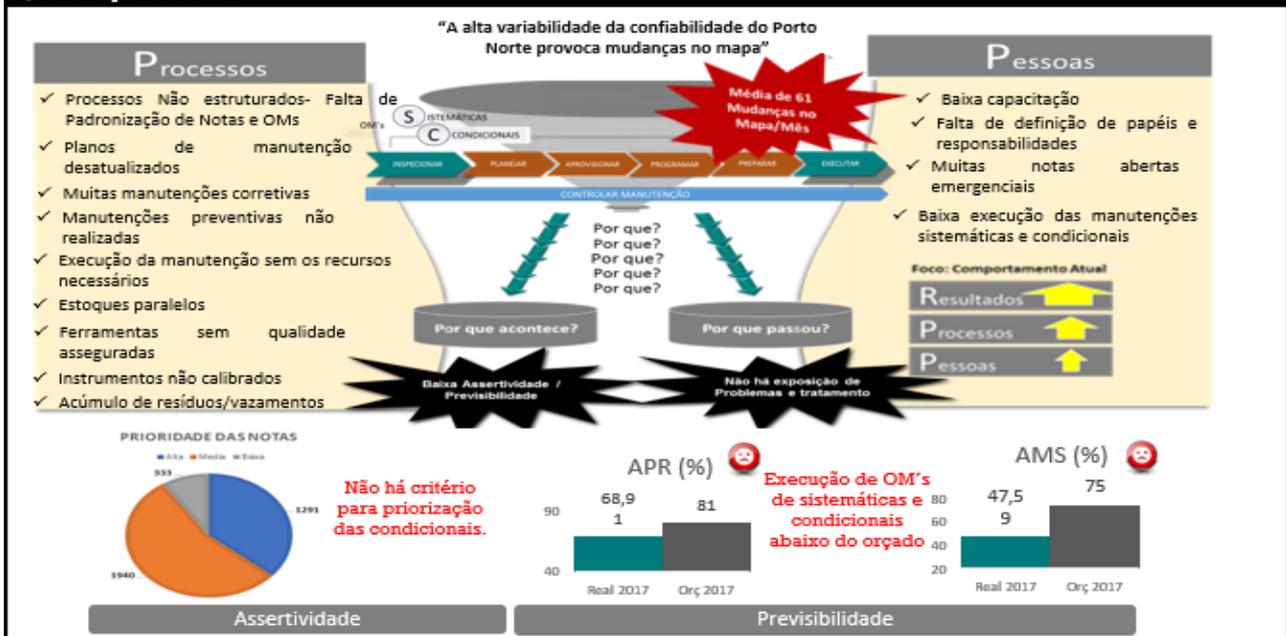
De forma a detalhar melhor o problema, análise e ações para estratégia de atuação foi construído o A3. Uma aplicação da metodologia A3, com sua estrutura, está representada na Figura 3.4.

Realizamos um *workshop* de manutenção enxuta primeiramente realizando a capacitação da liderança nas ferramentas do *Lean*, sincronizando com modelo de gestão utilizado pela empresa, o VPS. Em seguida, como parte prática, foi apresentado e verificado como os processos estavam operando e quais seria as necessidades de correção de rota. Essa etapa foi fundamental, porque alinhados os conceitos ao modus operante se tornou possível enxergar as desconexões e atuar para retomada desses elos tão importantes para a cadeia da manutenção.

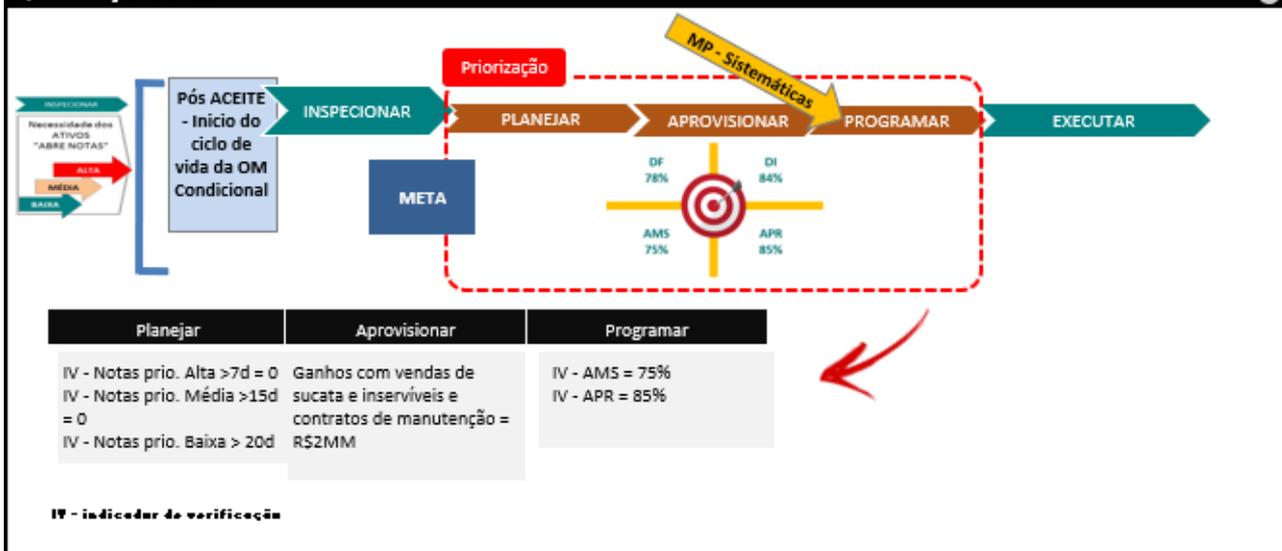
1) HISTÓRICO / CONTEXTUALIZAÇÃO



2) CONDIÇÃO INICIAL



3) CONDIÇÃO META



4) ESTRATÉGIA E PLANO DE AÇÃO

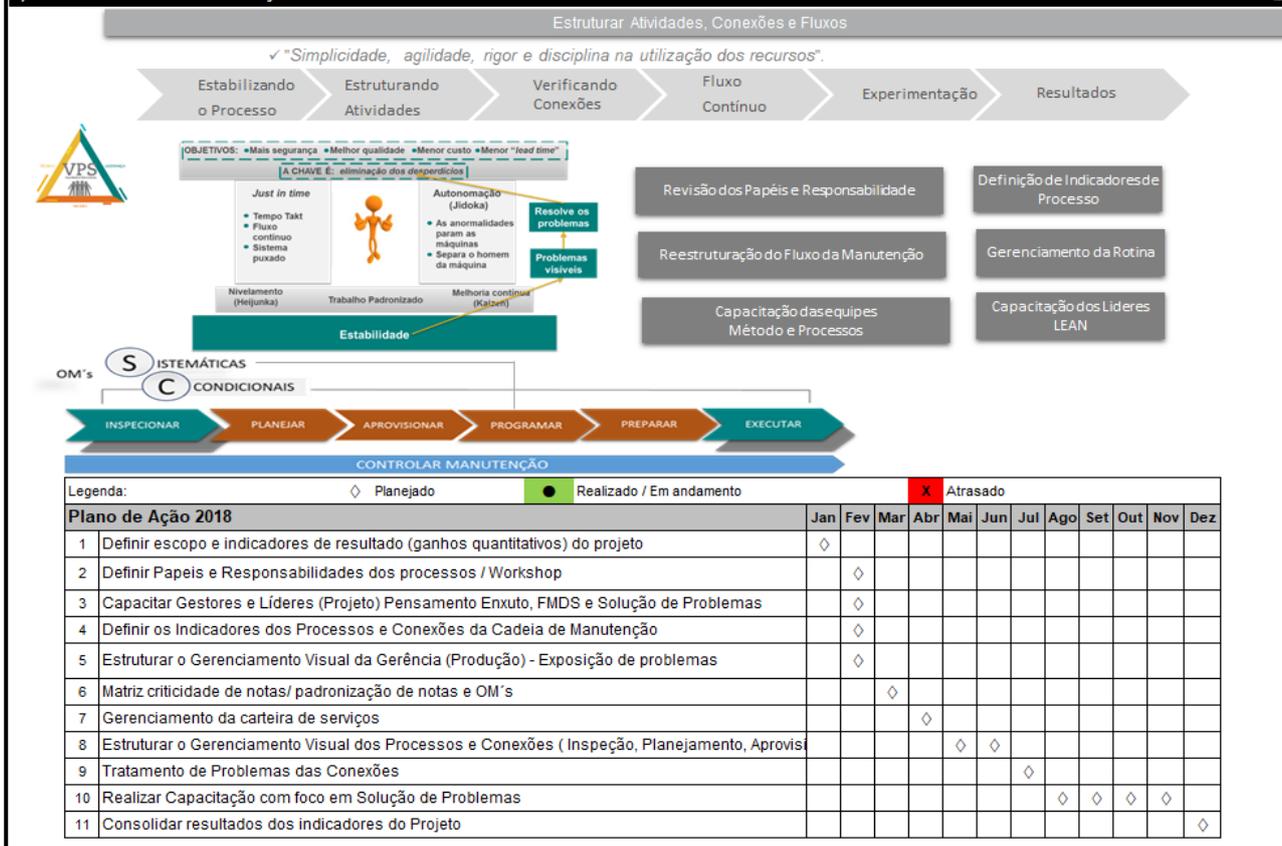


Figura 3.4 - Metodologia A3.

As atividades foram iniciadas com uma reunião entre as áreas envolvidas. Nessa reunião foram definidos os cronogramas, as ações e as reuniões de acompanhamento. O formulário da ferramenta A3 utilizado pela empresa foi adaptado do original criado pelo Sistema Toyota de Produção para as necessidades específicas da empresa. Passadas

várias reuniões, alinhamentos internos entre os departamentos envolvidos no caso, o A3 foi estruturado e documentado.

A nota de manutenção é um objeto utilizado para reportar sintomas ou falhas dos ativos e solicitar manutenção não sistemática. Essa matriz identificava quais demandas deveriam ser priorizadas conforme a criticidade das notas. Para isso, foi realizado a padronização de como abrir essas demandas no sistema informatizado de manutenção das notas que depois de aceitas e priorizadas eram transformadas em ordens de manutenção (OM).

De forma a melhorar toda a conexão com os processos do PPCM, suas áreas de interface como inspeção (*input* do processo) e execução (final do processo) também começaram a monitorar seus indicadores dando uma visão completa da cadeia da manutenção e participando junto ao PPCM das reuniões de sinergia, gerando integração entre os processos.

Além disso, foi constantemente realizado turmas de capacitações para a liderança e equipes de forma a conhecerem e praticarem ainda mais a filosofia *Lean* através do VPS, com isso melhorias foram desenvolvidas e o processo era constantemente retroalimentado.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - DISCUSSÃO

Os resultados apresentados são baseados no mapa estratégico do Corredor Norte (Carajás a São Luís), de aumento da produção em 2018 de 198 milhões de toneladas e 230 milhões de toneladas até 2023, focados no pilar de otimizar processos operacionais. O projeto da Cadeia da Manutenção tinha como objetivo estruturar os processos que fazem parte desta cadeia, com maior segurança, zero danos, pessoas capacitadas e engajadas, maior produtividade, confiabilidade e menor custo.

Para LIKER (2005), *Lean* é a eliminação do desperdício de tempo e de material em cada passo do processo de produção, com vistas a flexibilização dos processos durante as etapas de entrada, operacionalização e saída, proporcionando a melhoria contínua da qualidade.

O trabalho consistiu em estruturar esses processos de forma a melhorar os resultados através da filosofia do VPS - *Vale Production System*. O VPS é um modelo de gestão da Vale baseado na filosofia *Lean*.

Como início do trabalho, no ano de 2018 construímos nossa estratégia de atuação com a construção do A3 estratégico e definição do plano de ações que sustentaria toda a implantação da mudança.

GODOIS (2013), no trabalho intitulado *Manutenção produtiva total no processo de usinagem de conexões empresa TUPY S. A.* indica que a superação das dificuldades e melhoria contínua só será possível se os problemas antigos forem superados, sem discriminar quem tenha provocado uma falha na empresa, mas sim encarar as falhas que tal modo a encontrar contramedidas definitivas que proporcionem melhorias futuras dos serviços prestados.

Como o cenário era uma concorrência de urgências que se apresentava todos os dias. As estruturas de planejamento precisavam se reinventar, era necessário definir os papéis e responsabilidades dentro dos processos de PPCM e atuação de suas interfaces, iniciando pelo processo de inspeção de forma a estabelecer limites claros para início e fim da atuação desse processo com o planejamento, melhorando a qualidade dessa conexão e aumentando o nível de confiança de que o processo seguindo o caminho

natural aconteceria e não precisaria ser tratado sempre como emergência. Um marco importante foi a criação da matriz de criticidade das notas ou demandas de manutenção. A Ordem de Manutenção (OM) é objeto utilizado para registrar o planejamento e a execução da manutenção, contém informações de custos, recursos, serviços, passo a passo da atividade e status do serviço.

Matriz de criticidade da nota		MATERIAIS			Notas Criticidade BAIXA <ul style="list-style-type: none"> Zona verde da matriz; Notas de melhorias validadas em Gestão de Mudança; Ações de D-1, TAF e CPIA com prazo maior ou igual a 180 dias.
		ESTOCÁVEL	NÃO ESTOCÁVEL, MAS CODIFICADO	FABRICAÇÃO EXTERNA (a partir de desenho técnico)	
PROVÁVEL OCORRÊNCIA DE IMPACTO OPERACIONAL OU OCP	>180 dias				Notas Criticidade ALTA <ul style="list-style-type: none"> Zona vermelha da matriz; Ações de D-1, TAF e CPIA com prazo maior que 35 dias e menor que 60 dias. * Itens de desgaste rápido: rolos (carga, impacto e retorno), cavaletes e chapas de revestimento de TR's principais
	60 a 180 dias				
	35 a 60 dias				

Figura 4.1 - Matriz de criticidade de notas.

PADRÃO PARA ABERTURA DE NOTAS DE MANUTENÇÃO

Abertura de Notas

A abertura de notas deverá seguir as seguintes premissas:

1. Relato de falha/defeito (Motor com baixa isolamento, Rolo com ruído anormal)
2. Centro de trabalho
3. Local de instalação
4. Preenchimento da classe de falha
5. Detalhar falha/defeito conforme o componente (motor acionamento lado esquerdo sentido fluxo do TR-315K-02 apresentando 12 MOhm; rolo lado direito sentido fluxo, baliza x cavalete Y do TR-311K-01), bem como sua natureza, conforme especificações abaixo:
 - 5.1. Mecânica
 - 5.1.1. Motor
 - 5.1.1.1. Localização
 - 5.1.1.2. Descrição/Tipo
 - 5.1.1.3. Quantidade
 - 5.1.2. Redutor
 - 5.1.2.1. Localização
 - 5.1.2.2. Descrição/Tipo
 - 5.1.2.3. Quantidade

Figura 4.2 - Padronização da nota de manutenção.

PADRÃO DE OM

1. DADOS DE CABEÇALHO

1.1. O título da OM deverá conter:

1.1.1. O que fazer?¹

1.1.2. Componente a manter (Caso necessário informar modelo)?

1.1.3. Localização?

1.1.4. Unidade de Medida (Massa, Comprimento, etc..)?

1.1.5. O texto breve da OM deverá ser escrito em caixa alta

EX. 1: TROCAR TRUCK MOTRIZ 2 LD 2000KG

EX. 2: TROCAR 50 ROLOS DE CARGA 54KG

EX. 3: TROCAR 10 ROLOS IMPACTO RECEBIM 1106

EX. 4: TROCAR FREIO 4CD/4CE ENT GIRO 120KG

EX. 5: TROCAR REDUTOR M2 9500KG

EX. 6: TROCAR 1500M CORREIA ST2500 70KG/M

Figura 4.3 - Padronização da ordem de manutenção.

Com a padronização da matriz de criticidade e abertura de notas e abertura das ordens de manutenção, os fluxos dos processos de PPCM e suas interfaces ficaram mais claros de ser definidos, assim como seus papéis e responsabilidades. Conforme figura 4.4 abaixo:

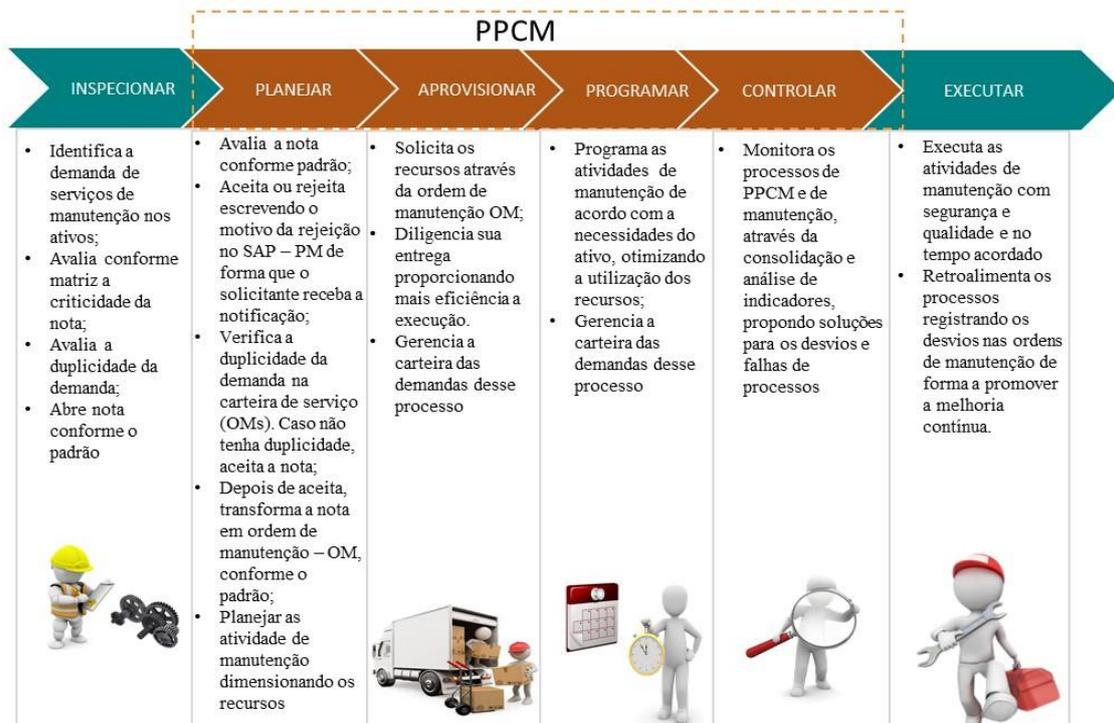


Figura 4.4 - Fluxo e definição dos papéis e responsabilidades dos Processos de PCM e suas interfaces.

Para padronização do planejamento e diminuição do tempo de processamento dessas OMs nesse processo ou *lead time*, definido como o tempo entre o momento em que o cliente coloca um pedido até o momento em que o pedido é entregue ao cliente, medindo o nível do *Just-in-Time*, foi criado um sistema de gerenciamento da carteira de serviço ou demandas com o objetivo de priorizar as demandas preventivas, detalhar a sequência de suas atividades e dar previsibilidade quanto aos recursos de forma a gerenciar custo, mão de obra e materiais para as atividades de manutenção. Todas essas melhorias contribuíram para uma manutenção bem planejada e de qualidade (TPM).

(Em branco)			Planejamento Descarregamento			Planejamento Elétrica			Planejamento Embarque		
janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
CUSTO DE MATERIAIS											
7,92 Mi											
HH PLANEJADO											
11,86 Mil											
Tipo de ordem											
<input type="checkbox"/> YCM											
<input type="checkbox"/> YPM											
Ano											
<input type="checkbox"/> 2015											
<input type="checkbox"/> 2016											
<input type="checkbox"/> 2017											
<input type="checkbox"/> 2018											
<input type="checkbox"/> 2019											
<input type="checkbox"/> 2020											
		Tipo de ordem	Ordem	Nota	Ativo	Texto breve	Status usuário	Ativo			
		YCM	201901859421	201900662229	TR-313K-06	"LAUDO" TROCAR REDUTOR M-01 DO TRANSPORT	AGDO AGSE	SL	Todos		
		YCM	201901864476	201900435597	TR-311K-13	#FORCE#FALHA NA BOMBA DE RECIRCULAÇÃO	AGDO	SL	Planejador		
		YCM	201901296286	201900371228	TR-313K-04	16 ROLOS DE RET. EM AVARIADOS NO 1304	AGDO AGPR	SL	Todos		
		YCM	201803832455	201801103615	EP-313K-02	2 CV AUTO-ALINHANTE RETORN PLAN OXIDADOS	AGDO AGPR	SL	Supervisor		
		YCM	201901155798	201900336639	VV-311K-05	AÇÃO GPTF - TROC GARR GRAM N°01(1052 Kg)	AGDO AGRL	SL	Todos		
		YCM	201901155844	201900336671	VV-311K-05	AÇÃO GPTF - TROC GARR GRAM N°02(1052 Kg)	AGDO AGRL	SL	Turma		
		YCM	201901524977	201900436525	VV-311K-05	AÇÃO TAF_ INST DEFL DIAG MÓV ENTR GIRO	AGDO AGAP	SL	Todos		
		YCM	201901525046	201900436528	VV-311K-06	AÇÃO TAF_ INST DEFL DIAG MÓV ENTR GIRO	AGDO AGMT	SL	Status usuário		
		YCM	201901688378	201900564668	VV-311K-05	AÇÃO TAF_ INSTALAR DEFLETORA DIAGONAL MÓ	AGDO	SL	Todos		
		YCM	201901155878	201900338220	VV-311K-05	AÇÃO TAF-INST DISP DE TRAV DO BRAÇO PRIN	AGDO AGMT	SL			
		YCM	201901591027	201900461601	VV-311K-06	CHAPA DESGASTE VIGA FRONTAL DANIFICADA	AGDO AGSI	SL			
		YCM	201802597268	201800849836	TR-313K-04	COLOCAR TELA EXPANDIDA DO CARRO TENSOR	AGDO AGRP	SL			
		YCM	201902206179	201900708661	EP-313K-03	COMP C/20L DE ÓLEO 320 CADA RED TR LANÇA	AGDO	SL			
		YCM	201901153251	201900348521	TR-311K-09	CPIA-INSTALAR 72 ROLOS IMPACTO METÁLICOS	AGDO AGMT	SL			
		YCM	201901153969	201900348522	TR-311K-10	CPIA-INSTALAR 72 ROLOS IMPACTO METÁLICOS	AGDO AGMT	SL			
		YCM	201901138339	201900329493	TR-313K-82	DESACOPLAR/ACOPLAR ACOPLAMENTOS DE BAIXA	AGDO AGPR	SL			
		YCM	201802352542	201800952414	TR-313K-02	DRENAR ÓLEO DO REDUTOR SOLIC. MECANICA.	AGDO REPR	SL			
		YCM	201901982274	201900634768	TR-313K-82	DRENAR/ABASTECER REDUTOR M1 DEVIDO TROCA	AGDO EVCO	SL			
		YCM	201902158331	201900612691	VV-311K-05	ESTEIRA DO AL 09 DANIFICANDO DECK ROLOS	AGPL	SL			
		YCM	201902158333	201900612694	VV-311K-05	ESTEIRA DO AL 10 DANIFICANDO DECK ROLOS	AGPL	SL			
		YCM	201902183699	201900612725	VV-311K-06	ESTEIRA DO AL 11 DANIFICANDO DECK ROLOS	AGPL	SL			
		YCM	201902183901	201900612726	VV-311K-06	ESTEIRA DO AL 12 DANIFICANDO DECK ROLOS	AGPL	SL			
		YCM	201802635332	201800790700	TR-311K-06	FABRICAR E INSTALAR PROTEÇÃO DO TAMBOR D	AGDO AGPR	SL			
		YCM	201901665545	201900525385	EP-313K-02	FABRICAR E INSTALAR PROTEÇÕES NOS ACONA	AGDO AGMT	SL			

Figura 4.5 - Programa de gerenciamento da carteira de serviço.

Para controle de todo esse processo e engajamento das pessoas, para que todos tenha entendimento do seu papel, de saber o que precisa ser feito, como e quando em cada etapa para alcance dos objetivos estratégicos e indicadores conforme planejado, foi realizado o gerenciamento diário, FMDS, onde no cotidiano o PPCM monitorava seus indicadores, acompanhando se estavam alcançando suas metas definidas no planejamento, de forma visual através da instalação de quadro padronizados de fácil leitura e interpretação.

Com o propósito claro “de onde chegar” criou-se um ambiente transformador onde a exposição de problemas era valorizada e todos agiam em torno de solucionar os

problemas. Essa rotina permitia uma avaliação interna, de que os problemas não estavam lá fora, mas muitos dentro do PPCM e que precisariam ser resolvidos dentro desse processo. Medidas da seguinte forma:

- $AMS = \{ \sum \text{OMs Manutenção Sistemática Executada no prazo} / \sum \text{OMs Manutenção Sistemática prevista} \} \times 100$
- Sendo:
- OMs Manutenção Sistemática Executadas: todas as ordens de manutenção preventivas realizadas dentro do prazo estabelecido.
- OMs Manutenção Sistemática Previstas: todas as ordens de manutenção preventivas previstas.
- $APR = [\text{SUM}(\text{OMs_programadas_executadas}) / \text{SUM}(\text{OMs_programadas})] \times 100$
- Sendo:
- OMs programadas executadas: todas as ordens de manutenções priorizadas programadas e realizadas.
- OMs programadas: todas as ordens de manutenções priorizadas programadas.

Os baixos resultados nesses indicadores, refletiam diretamente na performance dos ativos, na sua disponibilidade e confiabilidade, visto a não realização das manutenções preventivas. Sendo a disponibilidade, a capacidade de um item estar em condições de executar uma certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos externos requeridos estejam assegurados (NBR 5462, 1994, p.03) e confiabilidade como a capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um intervalo de tempo.

O termo “confiabilidade” é usado como uma medida de desempenho de confiabilidade (NBR 5462, 1994, p.03). A DF caracteriza-se como o percentual do tempo disponibilizado de um equipamento ou usina em relação a quantidade de horas calendário e a DI representa a performance do equipamento e ou processo, considerando as manutenções corretivas em relação ao tempo operado, apontando o tempo que a equipe de manutenção demanda para reparar e disponibilizar a máquina ou equipamento para o sistema produtivo. Nesse período estão todas as ações envolvidas no reparo,

sejam elas do PPCM e de suas áreas de interface. A DF e DI são mensurados da seguinte forma:

$$- DF = \{(\text{Horas Calendário} - \text{Horas Manutenção}) / \text{Horas Calendário}\} \times 100$$

Sendo:

- Horas calendário: número total de horas de determinado período considerado;
- Ex: 3 equipamentos x 24 horas = 72 horas;
- Horas de manutenção: representa o número total de horas de qualquer tipo de manutenção (preventiva, corretiva, oportunidade e outras) que tenha ocorrido em que o equipamento esteve indisponível para operar.
- $DI = [\text{SUM}(\text{HT}) / \text{SUM}(\text{HT} + \text{HMC})] * 100$
- HT: horas operadas do equipamento;
- HMC: horas de manutenção corretiva do equipamento.

As bases utilizadas para estratificação das informações para a gestão desses processos são os relatórios dos sistemas de Gerenciamento de Produção Vale - GPV Portos e ou software especializado na gestão de manutenção, conhecido como SAP-PM.

No trabalho de ZHU e LIN (2017) o objetivo foi examinar os efeitos da manufatura enxuta no valor da empresa, analisando os efeitos do investimento em P&D na relação entre manufatura enxuta e o valor da empresa. Os resultados, segundo os autores, sugerem que haverá a obtenção de efeitos positivos e significativos da implementação da manufatura enxuta no valor da empresa por um longo tempo.

Desta forma, com todas essas ações, discretamente o comportamento de todos foi mudando e começamos a amadurecer o processo de mudança, através de uma cultura de exposição e solução com engajamento e desenvolvimento das pessoas criou-se um ambiente para realização de pequenas conquistas diárias até o amadurecimento dos processos de PPCM e suas interfaces com estabilização e consolidação de grandes resultados. A Figura 4.6 demonstra um exemplo de gerenciamento diário – FMDS.



Figura 4.6 - Gerenciamento diário – FMDS.
Fonte: Terminal Marítimo de Ponta da Madeira (2018).

Como apresentado em LIMA (2014) pode-se observar que a quebra de paradigma só será alcançada efetivamente quando a empresa orientar, treinar e apresentar claramente o porquê das ações *Lean* no setor de serviços de manutenção da empresa, de tal sorte a não deixar dúvidas aos colaboradores envolvidos com a manutenção.

Para CORRÊA e CORRÊA (2011) a eficiência procura refletir quão bem o período de disponibilidade do processo está sendo gerado, se comparado a uma saída dita como padrão. A expressão saída padrão dá a ideia de quanta capacidade o processo tem de gerar saídas enquanto está efetivamente em processo.

4.2 - RESULTADOS

Os resultados apresentados nesta seção são baseados na análise dos indicadores de performance de Disponibilidade Física (DF), Disponibilidade Intrínseca (DI), além de Aderência Manutenção Sistemática (AMS) e Aderência a Programação (APR). Esses dados foram monitorados e trabalhados justamente por estarem abaixo da meta antes deste trabalho.

Logo, com esse cenário constante de falhas e manutenções corretivas ou de emergências os resultados dos indicadores de Disponibilidade Física (DF) e Disponibilidade Intrínseca (DI) apresentavam-se abaixo da meta, DF de 72% com meta orçada acumulada de 76% em 2017, sendo para 2018 de 78% e 81% para os 230 milhões/ton e DI de 80% para uma meta orçada acumulada de 83% em 2017 e 84% para 2018 e para os 230 milhões/ton.

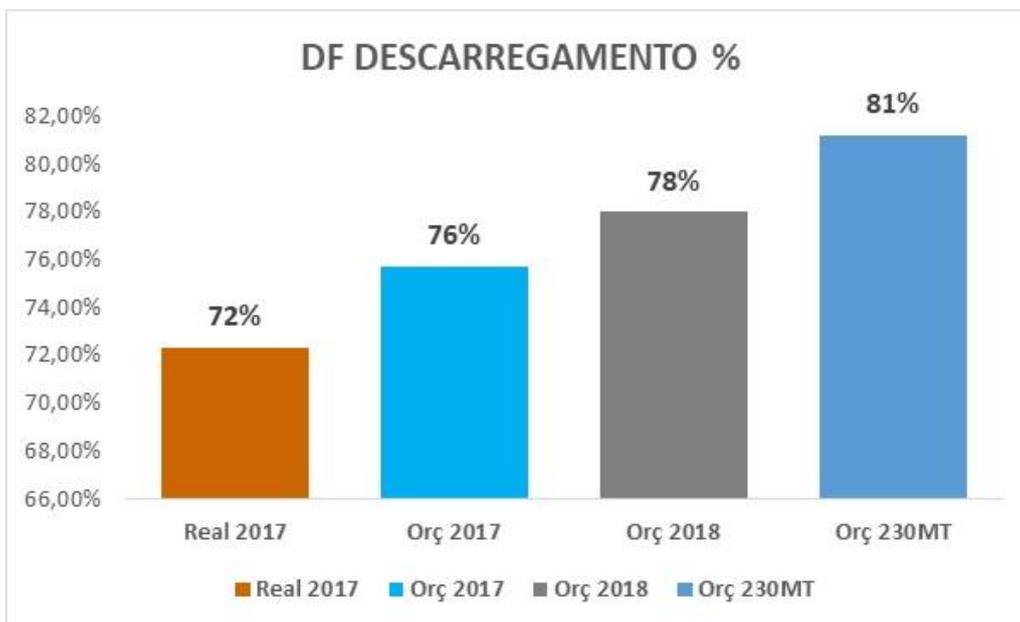


Figura 4.7 - DF descarregamento %.
Fonte: VALE (2018).

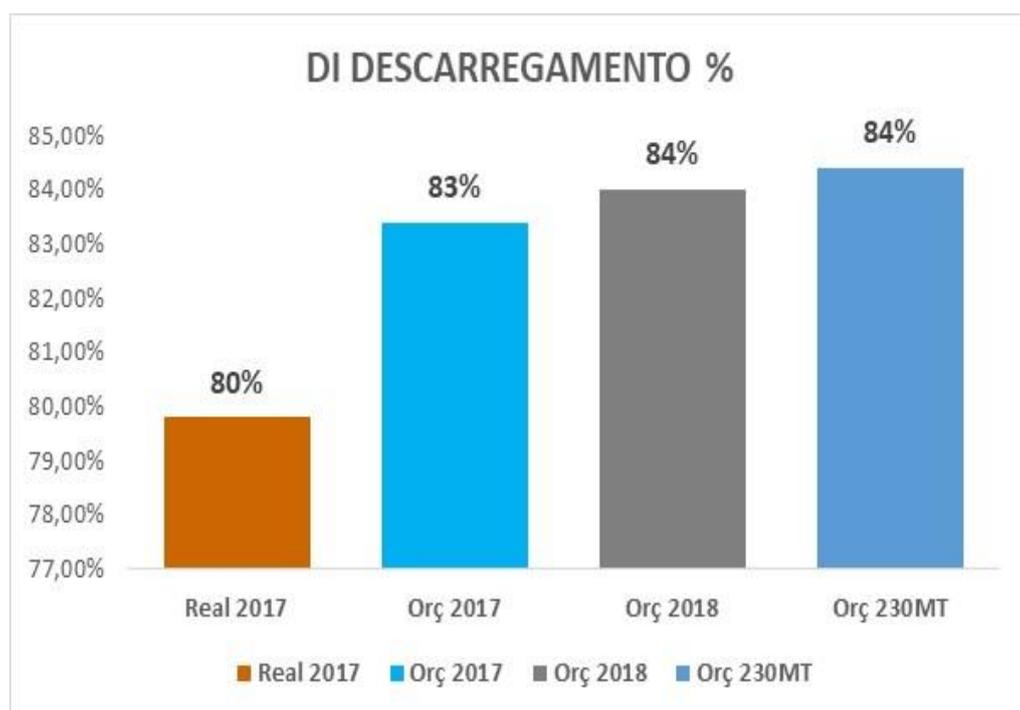


Figura 4.8 - DI descarregamento %.
Fonte: VALE (2018).

Como indicadores principais monitorados e gerenciados pelo PPCM o AMS – Aderência a Manutenção Sistemática que indicava o quanto as manutenções preventivas estavam sendo realizadas, garantindo assim mais disponibilidade e confiabilidade para os ativos e o APR – Aderência a Programação que sinalizava se as atividades

priorizadas foram programadas e realizadas. Observou-se que os resultados estavam muito baixos AMS de 48% e meta de 75% e APR de 69% com meta de 85%.

A planilha de Disponibilidade Física, ou seja, o tempo no qual o equipamento ficou disponível para operação é demonstrada na Figura 4.7, a linha em vermelho corresponde a meta de planejamento de DF dos equipamentos e a linha azul corresponde ao realizado pelos equipamentos de janeiro de 2017 a dezembro de 2018.

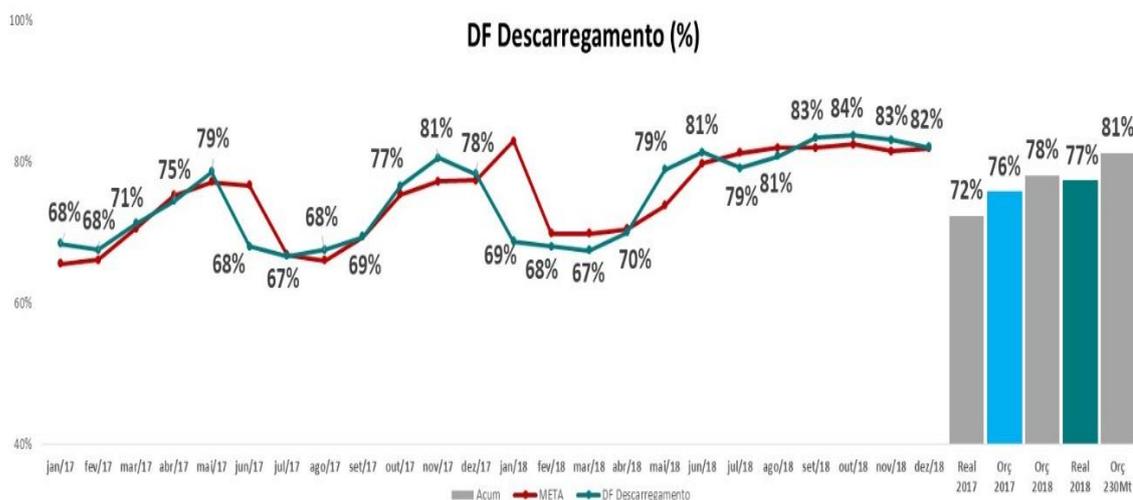


Figura 4.9 - Disponibilidade Física dos equipamentos de jan/2017 à dez/2018.
Fonte: VALE (2018).

A Figura 4.9 mostra que o indicador de DF começou 2017 com 68%, e terminou em dezembro de 2018 com 82% demonstrando que o trabalho de planejamento iniciado em 2018 obteve sucesso, pois a disponibilidade física dos equipamentos aumentou em 14 pontos percentuais (em comparação a janeiro de 2017) e 5 pontos percentuais (aumento de 7%) em relação ao acumulado do ano de 2017. Outro resultado notável do gráfico é o aumento da estabilidade, ou seja, a diminuição da variabilidade entre a curva da meta e a curva real, demonstrou que o trabalho de planejamento de manutenção foi bem executado, trazendo maior aderência e disponibilidade dos equipamentos.

Outro indicador chave mostrado nos resultados foi a Disponibilidade Intrínseca (DI), que é o índice de atendimento da manutenção que mede o percentual do tempo no qual o equipamento operou sem impacto de manutenção corretiva. Este indicador é demonstrado na Figura 4.8 na qual alinha vermelha é a meta e a linha azul mostra os dados reais.

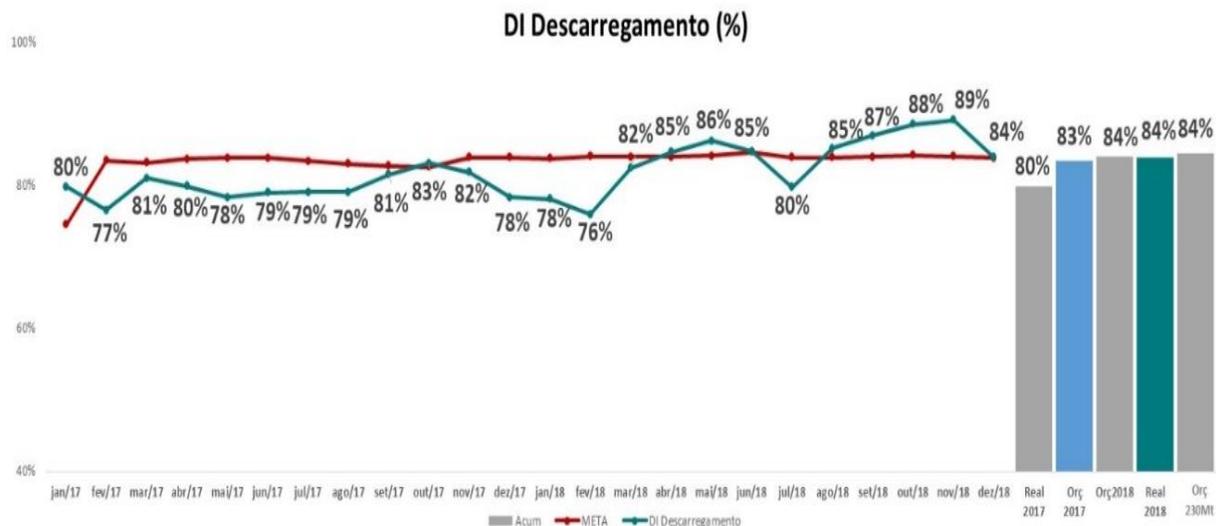


Figura 4.10 - Disponibilidade Intrínseca dos equipamentos de jan/2017 a dez/2018.
Fonte: VALE (2018).

O resultado apresentado na Figura 20, mostra que no 2017 e início de 2018 a DI dos equipamentos atuaram abaixo da meta e com esse trabalho conseguimos inclusive alcançar a meta orçada para os 230 milhões/ton planejada até 2023, representando um ganho de 4 pontos percentuais, aumento de 5% tanto em comparação com janeiro do ano anterior a dezembro de 2018 como com o acumulado de 2017. A Aderência Manutenção Sistemática (AMS) é demonstrada na Figura 4.9. A linha vermelha mostra a meta de aderência e alinha azul mostra a porcentagem de manutenção.

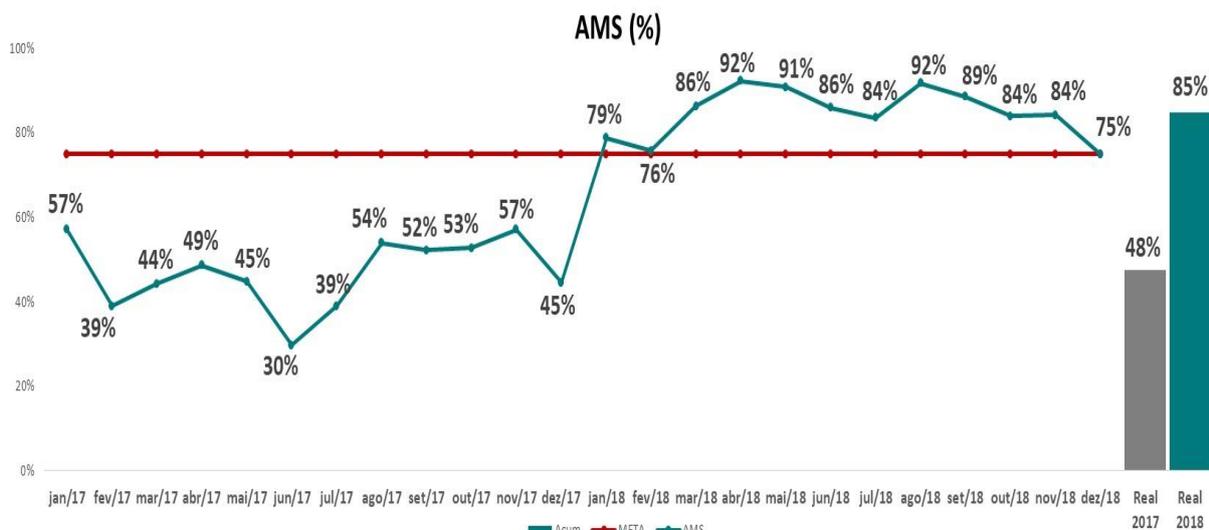


Figura 4.11 - Aderência Manutenção Sistemática (AMS).
Fonte: VALE (2018).

O gráfico apresentado na Figura 21 mostra que a partir de janeiro de 2018, a aderência a manutenção sistemática superou a meta acima dos 75%, e se manteve estável por todo o ano de 2018 atingindo o valor máximo de 92% e com ganho de 37 pontos percentuais (aumento de 77%) em relação ao acumulado do ano de 2017 com 2018. Esses dados corroboram com os dados apresentados de aderência a programação na Figura 4.10.

Nota-se que a partir de janeiro de 2018 a aderência de programação foi acima de 85% representado na linha vermelha como meta de aderência de programação, atingindo o valor máximo de 93% em junho/2018 e em relação ao acumulado do ano de 2017 e 2018 com aumento de 17 pontos percentuais, representando um ganho de 25%.

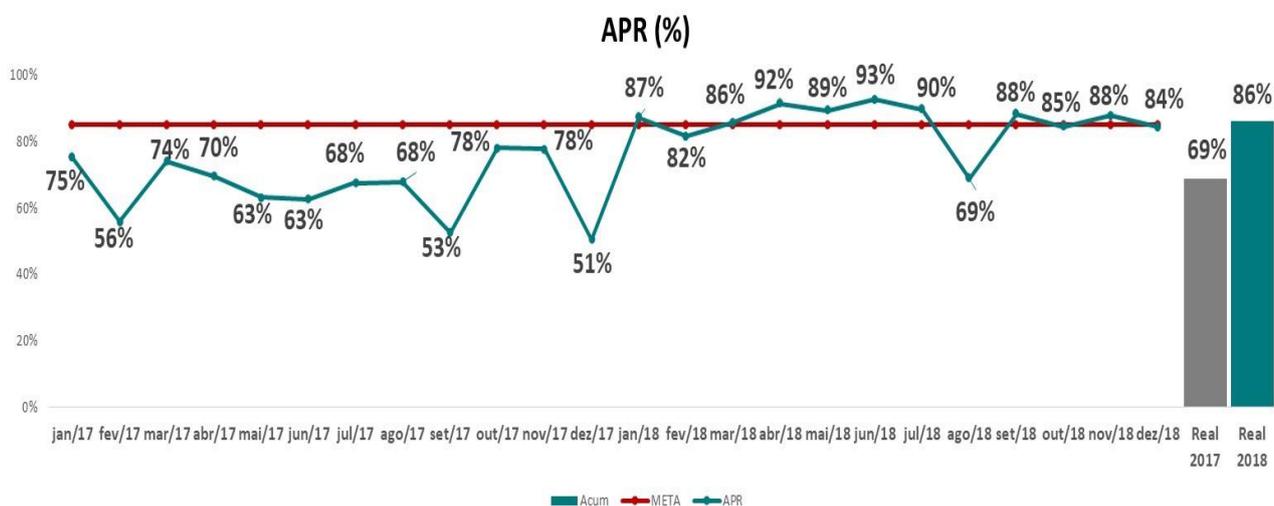


Figura 4.12 - Aderência a Programação (APR).
Fonte: VALE (2018).

A Figura 4.11 demonstra os ganhos obtidos em 2018 nos indicadores de performance em todo o Terminal Portuário de Ponta da Madeira em comparação a 2017. Com a meta alcançada de 198 milhões de toneladas embarcadas em 2018 e o índice de Eficiência Geral do Equipamento com aumento de 17%.

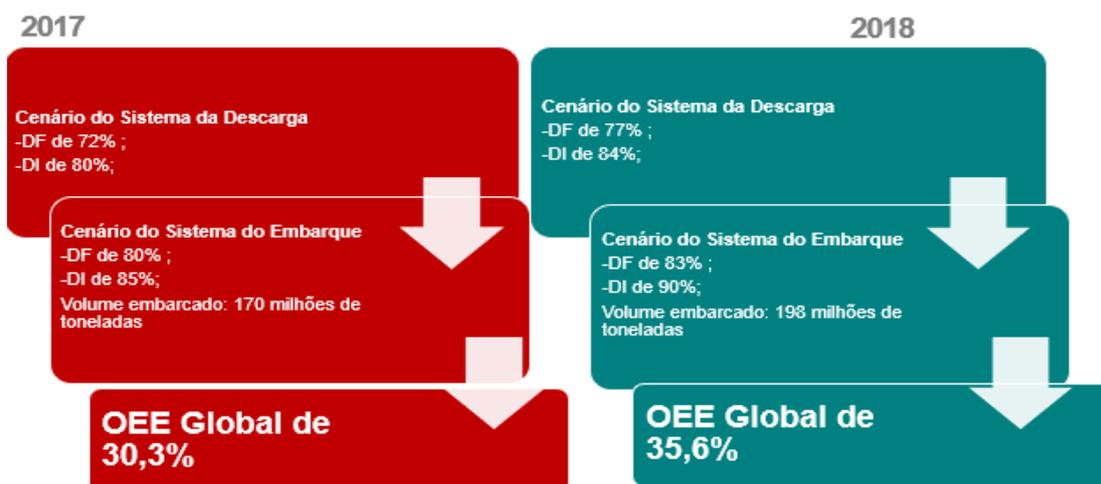


Figura 4.13 - Painel dos Indicadores de Performance Porto Norte.
 Fonte: OEE Porto Norte (2021).

Além dos resultados específicos nos processos, estabilizamos os processos de inspeção e planejamento com maior previsibilidade e redução do número de NOTAS emergências e diminuição do tempo de processamento das ordens de manutenção no processo de planejamento.

A Figura 4.12 demonstra a redução do número de notas emergências, sendo a de prioridade alta com diminuição de 1.049 notas em 2017 para 9 até dezembro de 2018, chegando a zerar no mês de julho, promovendo uma regulação para todo o processo de manutenção, dando a oportunidade de cada etapa ser realizada sem os distúrbios das emergências. Também demonstra o fluxo de ordens de manutenção fluindo com relação ao processo de planejamento com redução de 60 para 20 o número de ordens aguardando planejamento e na Figura 25, a redução de 59% do tempo de processamento de 71 para 29 dias.

INDICADORES	NÍVEL DE ATIVIDADE - PROCESSOS PLANEJAMENTO													GRÁFICO	Orientação	
	META	2017	jan/18	fev/18	mar/18	abr/18	mai/18	jun/18	jul/18	ago/18	set/18	out/18	nov/18			dez/18
Notas prioridades alta > 7d	0	1049	109	161	78	62	5	11	0	5	7	6	3	9		↓
Notas prioridades média > 15d	0	2004	188	142	73	45	17	23	4	49	3	15	6	3		↓
Notas prioridades 3 > 20d	0	45	32	13	10	9	8	3	0	2	1	6	10	14		↓
Quantidade de Ordens aguardando planejamento > 10d	0	60	59	32	24	13	4	22	14	13	11	24	21	20		↓

Figura 4.14 - Indicadores de notas e ordens de manutenção.

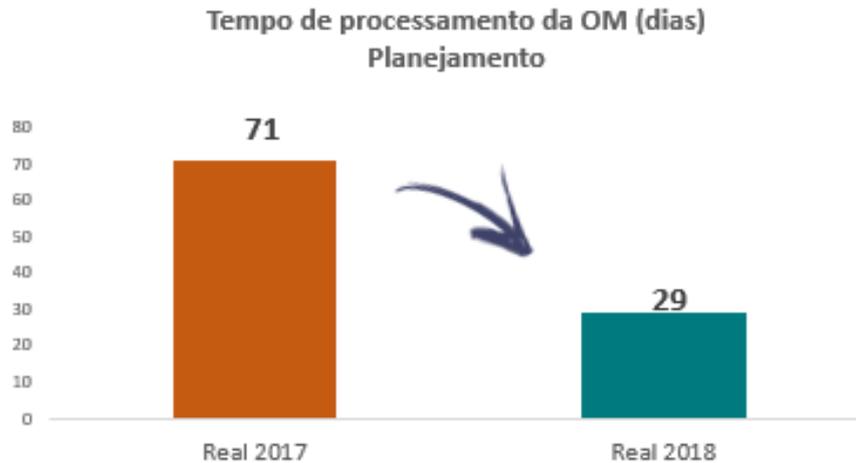


Figura 4.15 - Tempo de processamento da OM (dias) no processo de planejamento.

Com o ambiente mais propício para identificação e tratativa dos problemas, onde os problemas são mais visíveis e as pessoas engajadas, com senso de propósito em solucioná-los. Durante esse projeto, foram realizadas 230 melhorias (*kaizens*) distribuídas entre todos os processos do PPCM e suas interfaces, ou seja, em toda a cadeia da manutenção e ganhos de R\$ 5,5 MM com descarte de inservíveis, sucatas e contratos de manutenção e redução de R\$ 425.056 com kaizens.

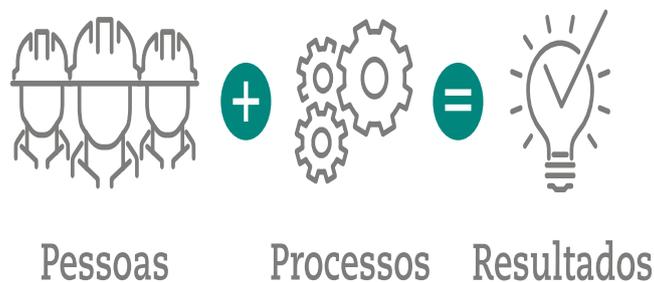


Figura 4.16 - Metodologia VPS.
Fonte: VPS VALE (2018).



Figura 4.17 - Ganhos tangíveis.
Fonte: VPS VALE (2018).

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

5.1 - CONCLUSÕES

O *Lean Manufacturing* é uma filosofia que permite às empresas eliminar ou reduzir os desperdícios. Com a implementação das ferramentas inerentes a essa filosofia, é possível incrementar a qualidade dos produtos e aumentar a produtividade dos recursos. Estas melhorias permitem às empresas acompanhar a evolução e exigências dos mercados.

Este trabalho tinha como objetivo implementar a filosofia *Lean* na manutenção em uma empresa de mineração através da evolução deste sistema e pelas práticas adotadas na Gerência de Planejamento, Programação e Controle elencando seus benefícios, para isto foi realizado uma integração da aplicação dessa metodologia com o problema real do negócio definido no mapa estratégico e uma revisão das principais ferramentas envolvidas que podiam ser utilizadas, onde foi comprovado melhoria nos resultados dos principais índices de manutenção como os indicadores de disponibilidade física e disponibilidade intrínseca dos ativos e nos indicadores de aderência a manutenção sistemática e aderência a programação no ano de 2017 e 2018, conforme se encontra apresentado no capítulo de “resultados alcançados”.

Logo, através das ferramentas do *Lean*, a análise do estado atual e futuro foram elaboradas de forma eficaz, o que possibilitou o planejamento das ações para a transformação da realidade atual para a realidade futura almejada, a estruturação dos processos do PPCM, as conexões com os demais processos para resolução de um problema real do negócio e o entendimento do papel de cada colaborador para identificação e solução dos problemas, geraram um maior engajamento e desenvolvimento, pois todos se sentiam parte integrante do processo, o que facilitou maior integração em toda cadeia da manutenção.

As capacitações contribuíram para que todos entendessem e desenvolvessem seu papel, aplicando a metodologia. O entendimento do papel do líder do processo do PPCM foi fundamental, pois atuou em conjunto com os demais líderes, encorajando a todos o que causou uma implementação veloz do plano de ação e conseqüentemente motivação de todos os envolvidos nas mudanças. Desta forma, os benefícios através

deste trabalho, foram além dos de produtividade, confiabilidade e custo. Durante esse projeto, foram realizadas 230 melhorias (*kaizens*) distribuídas entre todos os processos do PPCM e suas interfaces, ou seja, em toda a cadeia da manutenção e ganhos de R\$ 5,5 MM com descarte de inservíveis, sucatas e contratos de manutenção e redução de custos de R\$ 425.056 com kaizens.

Contribuiu também para criação de um ambiente transformador com segurança e desenvolvimento das pessoas, fator muito importante para a satisfação dos colaboradores e conseqüentemente para a empresa, reforçando as vantagens resultantes da implementação da metodologia *Lean*, bem como a necessidade constante de fomentar a cultura de melhoria contínua, bem como estimular a criatividade e o espírito de iniciativa das equipes, de modo a melhorar continuamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR ISO 55000: **Gestão de Ativos – Visão Geral, Princípios e Terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ABNT NBR 5462: **Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ABNT NBR ISO 55001: **Gestão de Ativos – Sistemas de Gestão - Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR ISO 55002: **Gestão de Ativos – Sistemas de Gestão - Diretrizes para a aplicação da ABNT NBR ISO 55001**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

AHMAD, M. O. *et al.* **Kanban in software engineering: A systematic mapping study**. *Journal of Systems and Software*, [s.l.], v. 137, p. 96–113, 2018. ISSN: 0164-1212, DOI: 10.1016/J.JSS.2017.11.045.

BAKRI, A. **Radiation doses for sterilization of tephritid fruit flies**. In: INTERNATIONAL FRUIT FLY SYMPOSIUM, 6., 2002, South Africa. Proceedings... v. 1, p. 475-479, 2012.

BOWEN, D.; YOUNGDAHL, W. "Lean" service: in defense of a production-line approach, **International Journal of Service Industry Management**, v. 9, n. 3, 1998.

CHAVES FILHO, J. G. B. **Aplicação da padronização do método de trabalho segundo uma metodologia baseada na produção enxuta: Um estudo de caso**. Trabalho de Graduação. Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, 2007.

CHLEBUS, E. *et al.* **A new approach on implementing TPM in a mine – A case study**. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, Lukasiewicz, v. 15, p.873- 884, ago. 2015.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de Produção e Operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 2.ed. – 6. Reimpr. São Paulo: Atlas, 2011. 692 p.

DOMAN, M. **A Estratégia para o Sucesso Competitivo**. 5ª Edição, Instituto IMAM, 2011.

DUNN, W. **Caregiver Questionnaire – Sensory Profile**. United States of America: Pearson, 2015.

FERREIRA, D.; MORABITO, R.; RANGEL, S. **Um modelo de otimização inteira mista e heurísticas relax and fix para a programação da produção de fábricas de refrigerantes de pequeno porte**. *Produção*, [s.l.], v. 18, n° 1, p. 76–88, 2008. ISSN: 0103-6513, DOI: 10.1590/S0103-65132008000100006.

FORNARI JUNIOR, C. C. M. **Aplicação da Ferramenta da Qualidade (Diagrama de Ishikawa) e do PDCA no Desenvolvimento de Pesquisa para a reutilização dos Resíduos Sólidos de Coco Verde**. *INGEPRO - Inovação, Gestão e Produção*, [s.l.], v. 02, n° 09, p. 104–112, 2010. ISSN: 1984-6193.

GARZA-REYES, J. A. **Lean and green - a systematic review of the state of the art literature**. *Journal of Cleaner Production*, v. 102, p. 18-29, 2018.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GODOIS, A. R. **Manutenção produtiva total no processo de usinagem de conexões empresa TUPY S.A**. Trabalho de conclusão do curso de Pós Graduação Latu Sensu em Engenharia de Produção. UNIVILLE, Joinville, Brasil, 2013.

KIRAN, D. R. **Total Quality Management**. Key Concepts and Case Studies. Elsevier, 2017. p. 177 – 192.

LIMA, E. C. O., ZARATIN, M. H. **OEE: utilizando conceitos para medir a eficácia de uma equipe de manutenção**. SIMPOI, 2014.

MAAROF, M. G.; MAHMUD, F. **A Review of Contributing Factors and Challenges in Implementing Kaizen in Small and Medium Enterprises**. *Procedia Economics and Finance*, [s.l.], v. 35, p. 522–531, 2016. ISSN: 2212-5671, DOI: 10.1016/S2212-5671(16)00065-4.

ROGERS, J. G.; COOPER, S. J.; NORMAN, J. B. **Uses of industrial energy benchmarking with reference to the pulp and paper industries**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [s.l.], v. 95, n° June, p. 23–37, 2018. ISSN: 18790690, DOI: 10.1016/j.rser.2018.06.019.

ROSA, C.; SILVA, F. J. G.; FERREIRA, L. P. **Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-rope Assembly Lines for the Automotive Industry.** *Procedia Manufacturing*, [s.l.], v. 11, n° June, p. 1035–1042, 2017. ISBN: 2351-9789, ISSN: 23519789, DOI: 10.1016/j.promfg.2017.07.214.

SPEAR, S.; BOWEN H. K. **Decodificando o DNA do Sistema Toyota de Produção.** Harvard Business Review, 1999.

TIMILSINA, B. **Removing bottleneck from a manufacturing unit : A Case Studies to BET-KEY OY.** [s.l.], n° March, p. 66, 2012.

VERES (HAREA), C. *et al.* **Case study concerning 5S method impact in an automotive company.** *Procedia Manufacturing*, [s.l.], v. 22, p. 900–905, 2018. ISSN: 2351-9789, DOI: 10.1016/J.PROMFG.2018.03.127.

ZÜLCH, G.; STOCK, P. **HOLONIC MANUFACTURING CONTROL USING MULTI ANT COLONY SYSTEMS.** *IFAC Proceedings Volumes*, [s.l.], v. 39, n° 3, p. 405–410, 2006. ISBN: 9783902661043, ISSN: 1474-6670, DOI: 10.3182/20060517-3-FR-2903.00215.

5 S Ferramenta Eficaz para Melhorar o Desempenho e Qualidade – AVN Consulting. [s.d.]. Disponível em: <<https://avnconsulting.com.br/cursos-treinamentos/5-s-ferramenta-eficaz-para-melhorar-o-desempenho-e-qualidade/>>. Acesso em: 29 de setembro de 2018.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: manual de aplicação: tradução Lene Belon Ribeiro.** Porto Alegre: Bookman, 2007.

LIKER, J. K.; CONVIS, G. L. **O modelo Toyota de liderança Lean: como conquistar e manter a excelência pelo desenvolvimento de lideranças.** 1ª Edição. Editora Bookman. São Paulo, 2006.

LJUNGBERG, O. **Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities.** *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 18, N. 5, 1998, p. 495-507.

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM - Total Productive Maintenance.** Cambridge, MA: Productivity Press, 1988.

TORUN, M. J. **Benchmarking.** São Paulo: Makron Books, 2018.

VALE. **Guia do Modelo de Gestão Vale – VPS (*Vale Production System*)**. Rio de Janeiro, 2018.

VALE. **PNR-000012 – Manual de Indicadores Vale**. Nova Lima, 2019.

VALE. **Apostila FMDS VALE**. Nova Lima, 2017.

VALE. **PNR-000004: Planejamento e Controle da Manutenção**. Nova Lima, 2019.

VALE. **Sistema de Produção Vale – VPS**. Nova Lima, 2017.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

ZHU, M; LIN, J. **Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda**. Lean Enterprise Institute, 2017.

ZÜLCH, G., P. GROBEL, and T. JONSSON. “**Working time recommendations for the load reduction of employees in retail stores.**” In *Human Performance and Aging*, Volume 4, Edited by Ergonomics Society of Korea, 227-230. Seoul: Ergonomics Society of Korea. 2006.