



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS
MESTRADO PROFISSIONAL

APLICAÇÃO DO MÉTODO LEAN NO PROCESSO DE CADEIA DE MANUTENÇÃO

Milca Daniele Marques Cavalcante

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: Diego Cardoso Estumano

Belém

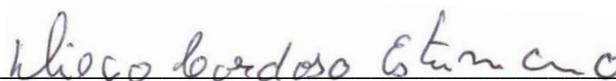
Novembro de 2020

APLICAÇÃO DO MÉTODO LEAN NO PROCESSO DE CADEIA DE MANUTENÇÃO

Milca Daniele Marques Cavalcante

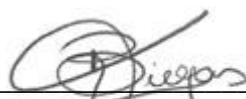
DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS – MESTRADO PROFISSIONAL (PPGEP/ITEC) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA DE PROCESSOS.

Examinada por:



Prof. Diego Cardoso Estumano, D.Sc.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Orientador)

Prof. Anna Tsukui, D.Sc.
(DETA/CCNT/UEPA-Membro)



Prof. Bruno Marques Viegas, D.Sc.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Membro)

Prof. Jose Martim Costa Junior, D.Sc.
(IF SERTÃO-PE-Membro)

BELÉM - PA - BRASIL

NOVEMBRO DE 2020

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA**

Cavalcante, Milca Daniele Marques, 1985-

Aplicação do método Lean no processo de cadeia de manutenção / Milca Daniele Marques Cavalcante - 2020.

Orientador: Diego Cardoso Estumano

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, 2019.

1. Lean manufacturing. 2. Indústria mineração. 3. Aderência de indicadores. I. Título

CDD 670.42.

Dedico este trabalho aos meus pais e a todos que de alguma forma contribuíram para sua realização.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e sabedoria para superar as dificuldades.

A esta universidade, seu corpo docente, direção, e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte.

Ao meu orientador, pelo acompanhamento durante as pesquisas experimentais e pela assistência na elaboração desta dissertação.

A todos os colegas do PPGEF que diretamente fizeram parte de minha formação.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

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

APLICAÇÃO DO MÉTODO LEAN NO PROCESSO DE CADEIA DE MANUTENÇÃO

Milca Daniele Marques Cavalcante

Novembro/2020

Orientador: Diego Cardoso Estumano

Área de Concentração: Engenharia de Processos

Com a quarta revolução industrial em curso e um mercado cada vez mais globalizado, as organizações devem ser ágeis e flexíveis para atender os requisitos e necessidades dos clientes. Com isso, as organizações devem utilizar ferramentas e técnicas de gestão que agreguem valor aos seus produtos e/ou serviços, ou seja, que possibilitem produzir mais com menos recursos. Nessa perspectiva, este trabalho visa desenvolver uma análise da aplicação das ferramentas *Lean Manufacturing* na gestão do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) de uma empresa do ramo de mineração. O estudo foi elaborado a partir de um diagnóstico da situação inicial do PCM, em que foi identificado baixa aderência a alguns indicadores, bem como a não existência de um método de solução de problemas. A partir disso, foi desenvolvida uma metodologia para avaliação dos indicadores, utilizando as ferramentas de gestão de chão de fábrica e rotina (FMDS, *kaizen* e *Andon*), também foram desenvolvidos um fluxograma para facilitar a tomada de decisão dos funcionários quanto ao tipo de ferramenta que resulte na melhoria continuada a serem utilizados para a realização de projetos dentro do PCM. Com a implantação das ferramentas FMDS, *Andon* e *kaizen* foram alcançados resultados consistentes que foram apresentados em gráficos, esses resultados foram alcançados depois da utilização da filosofia *Lean Manufacturing*.

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

**MAINTENANCE CHAIN PROCESS ANALYSIS AND IMPROVEMENT:
APPLYING LEAN METHODOLOGY**

Milca Daniele Marques Cavalcante

November/2020

Advisor: Diego Cardoso Estumano

Research Area: Process Engineering

With the fourth industrial revolution underway and a globalized market, organizations must be agile and flexible to meet customer requirements and needs. As a result, organizations should use management tools and techniques that add value to their products and/or services, that is, that allows them to produce more with fewer resources. In this perspective, this work aims to develop an analysis of the application of Lean Manufacturing tools in the management of Maintenance Planning and Control (PCM) of a mining company. The study was based on a diagnosis of the initial situation of the PCM, in which low adherence to some indicators was identified, as well as the lack of a problem-solving method. Based on this, a methodology was developed to evaluate the indicators after the implementation of the shop floor and routine management tools (FMDS, kaizen and Andon), and also developed a flowchart to facilitate the employees' decision making regarding the type of continuous improvement tool to use to develop projects. within the PCM. With the implementation of the FMDS tools, Andon and kaizen were achieved consistent results that are presented in graphs, these results were achieved after using the Lean Manufacturing philosophy.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1. MOTIVAÇÃO..... | 4 |
| 1.2 - PROBLEMA DE PESQUISA..... | 5 |
| 1.3 - OBJETIVOS | 5 |
| 1.3.1 - Objetivo geral | 5 |
| 1.3.2 - Objetivos específicos | 5 |
| 1.4 - HIPÓTESES..... | 6 |
| 1.5 - CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO..... | 6 |
| 1.6 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO | 6 |
| CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA | 8 |
| 2.1 – CONCEITOS <i>LEAN</i> | 8 |
| 2.1.1 – Conceito <i>Lean</i> no setor de mineração | 10 |
| 2.2 – ABORDAGEM DO <i>LEAN</i> NA CADEIA DE MANUTENÇÃO | 11 |
| 2.2.1 – Fluxo de Material e Informação (FMI) | 12 |
| 2.2.2 – Padronização dos Processos | 13 |
| 2.2.3 – Programa 5S | 14 |
| 2.2.4 – Gerenciamento Visual (FMDS e <i>Andon</i>) | 15 |
| 2.2.5 – <i>Kanban</i>, controle dos materiais | 16 |
| 2.2.5 – <i>Kaizen</i>, modificar para melhor | 17 |
| 2.3 – IMPLEMENTAÇÃO <i>LEAN</i> | 18 |
| 2.4 – FATORES DE SUCESSO <i>LEAN</i> | 19 |
| CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA DA PESQUISA | 21 |
| 3.1 – CARACTERIZAÇÃO E OBJETO DA PESQUISA | 21 |
| 3.1.1 – Problema 01 | 22 |
| 3.1.2 – Problema 02 | 23 |
| 3.2 – DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA..... | 23 |
| 3.2.1 – Realização do Diagnóstico | 24 |
| 3.2.2 – Gestão visual – FMDS | 27 |
| 3.2.3 – Gestão visual com diário de bordo – <i>Andon</i> | 28 |
| 3.2.4 – Implantação da cultura de solução de problemas | 29 |

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO | 31 |
| 4.1 – ANÁLISES DO DIAGNÓSTICO DOS PROCESSOS DO PCM..... | 31 |
| 4.2 – GESTÃO VISUAL – APLICAÇÃO DO FMDS E <i>ANDON</i> | 34 |
| 4.2.1 – Aplicação do FMDS | 34 |
| 4.2.2 – Aplicação do <i>Andon</i> | 38 |
| 4.3 – IMPLANTAÇÃO DA CULTURA DE SOLUÇÃO DE PROBLEMAS | 41 |
| CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES | 45 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 47 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2. 1 – Níveis para a implementação da <i>Lean</i> em uma organização. | 9 |
| Figura 2. 2 – Construção de uma cultura organizacional. | 12 |
| Figura 3. 1 – Modelo de um quadro de gestão visual..... | 28 |
| Figura 3. 2 – Diário de bordo da área de inspeção | 28 |
| Figura 4. 1 – Quadro de FMDS implementado no PCM..... | 34 |
| Figura 4. 2 – Gráfico de aderência a programação para o ano de 2018. | 35 |
| Figura 4. 3 – Gráfico de aderência a programação para o ano de 2019. | 36 |
| Figura 4. 4 – Gráfico aderência as manutenções sistemáticas do ano 2018..... | 36 |
| Figura 4. 5 – Gráfico aderência as manutenções sistemáticas do ano 2019..... | 37 |
| Figura 4. 6 – Gráfico do backlog de serviços 2018..... | 37 |
| Figura 4. 7 – Gráfico backlog de serviços 2019..... | 38 |
| Figura 4. 8 – Diário de bordo dos inspetores..... | 38 |
| Figura 4. 9 – Diário de bordo dos planejadores..... | 39 |
| Figura 4. 10 – Diário de bordo dos provisionadores..... | 39 |
| Figura 4. 11 – Diário de bordo dos planejadores..... | 41 |
| Figura 4. 12 – Fluxograma para decidir qual a ferramenta utilizar. | 42 |
| Figura 4. 13 – Tela inicial da ferramenta de registro de <i>kaizens</i> | 43 |
| Figura 4. 14 – Tela de cadastro de <i>kaizens</i> | 44 |
| Figura 4. 15 – Tela de cadastro de <i>kaizens</i> (Continuação)..... | 44 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|---------|
| Tabela 2. 1 – Tipos de desperdícios segundo a metodologia <i>Lean</i> | 10 |
| Tabela 3. 1 – Atividades realizadas para a padronização dos processos do PCM. | 24 |
| Tabela 3. 2- Aplicação do questionário para realização do diagnóstico interno. | 25 e 25 |
| Tabela 3. 3 – Marcos para implantação da ferramenta <i>Kaizen</i> | 30 |
| Tabela 4. 1 – Questionário do diagnóstico respondido. | 32 e 32 |

NOMENCLATURA

| | |
|------|---|
| AMS | ADERÊNCIA A MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA |
| APR | ADERÊNCIA A PROGRAMAÇÃO |
| CCQ | CÍRCULO DE CONTROLE DE QUALIDADE |
| FMDS | FLOOR MANAGEMENT DEVELOPMENT SYSTEM |
| FMI | FLUXO DE MATERIAIS E INFORMAÇÕES |
| PDCA | PLAN, DO, CHECK, ACT |
| PCM | PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO |
| PIB | PRODUTO INTERNO BRUTO |
| STP | SISTEMA TOYOTO DE PRODUÇÃO |
| RCM | RELIABILITY-CENTERED MAINTENANCE |
| TPM | TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE |
| TQC | TOTAL QUALITY CONTROL |
| VSM | VALUE STREAM MAPPING |
| 5S | SEIRI, SEITON, SEISO, SEIKETSU E SHITSUKE |

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Em um mercado industrial totalmente globalizado, os requisitos e necessidades dos clientes devem ser atendidos de forma cada vez mais ágil e flexível, para isso, as organizações precisam de informações seguras e confiáveis baseadas em suas práticas ou de outras empresas do seu ramo de atuação, de forma a auxiliar a tomada de decisão (TEIXEIRA, 2013).

No entanto, as práticas e informações não estão sempre disponíveis para as empresas, isso ocorre devido as mudanças constantes em que essas organizações precisam estar inseridas. Essas mudanças são importantes para a tomada de decisões de forma rápida para poder atender requisitos, buscar clientes, disponibilizar novos produtos, otimizar os serviços e outras atividades que estão envolvidas com as estratégias empresariais (PSOMAS e ANTONY, 2019).

Com o advento da indústria 4.0, as organizações cada vez mais devem buscar vantagens competitivas para manter-se no mercado. Isto pode ser alcançado através da redução de custo, melhoria na produtividade e minimização das perdas, sejam elas de tempo, movimento ou espera.

A redução de custos nas organizações passou a ser um tema com discussão frequente em que ações são definidas e implantadas de forma a alcançar a melhoria dos processos e integração com toda corporação. No entanto, para a implantação dessas ações é necessário análise dos processos para o entendimento das suas conexões e complementariedades (REIS, 2014, SHAH e PATEL, 2018).

A adoção e implementação das ações estruturadas para redução de custos em uma organização é uma tarefa muito difícil, devido à resistência da liderança, entendimento da gestão dos ativos e dificuldade em identificar o que pode ser reduzido (MANDELLI, 2016).

A filosofia *Lean* caminha junto com o conceito da indústria 4.0, pois primeiramente busca criar uma mentalidade e hábitos organizacionais que favoreçam melhorias sistêmicas dos processos, sendo uma parte muito importante para a quarta revolução industrial (indústria 4.0), que busca desenvolver soluções a partir da conectividade e do sensoriamento remoto (TORTORELLA *et al.*, 2019).

Apesar da filosofia *Lean* ser apresentada de diferentes maneiras como as ferramentas *Just in Time*, TPM, Objetivos SMART, 5S, PDCA, mapeamento do fluxo de valor, zero defeitos, trabalho padronizados, *kaizen*, *kanban*, gestão visual, trabalho em equipe, entre outras, visa o mesmo objetivo, minimizar os desperdícios (SOUZA, 2014).

Quando se consegue identificar as principais causas de desperdício, as ferramentas de gestão de processos e melhoria auxiliarão as organizações na busca pela eliminação dos desperdícios e aumento de produtividade (ALBUQUERQUE, 2008).

As organizações, principalmente, de transformação passaram a utilizar a metodologia *Lean*, por essa se apresentar como uma filosofia que tende a trabalhar a mentalidade dos funcionários e mudar a rotina de uma empresa, estas mudanças são benéficas ao comando das organizações (STEINBERG, 2010).

Para enfrentar as dificuldades associadas com as tomadas de decisões sobre suas futuras orientações, as organizações têm tradicionalmente como planejamento uma combinação de instintos, experiências e dados. No entanto, na indústria de exploração mineral faz-se a aplicação da metodologia *Lean Manufacturing*, pois observou-se a possibilidade de melhoria nos processos e cadeia produtiva a partir de modernas técnicas e gestão mais rigorosa (KLIPPEL, 2007 e STEINBERG, 2010).

A partir das técnicas utilizadas pela metodologia *Lean*, as organizações podem agregar mais valor aos seus produtos e serviços. Dessa forma, serão capazes de desenvolver planejamentos concretos para o aperfeiçoamento de suas operações de modo a alcançar alto desempenho. Uma vez que, as organizações estão trabalhando com base em sofisticadas tecnologias e técnicas analíticas que proporcionam um desenvolvimento de uma visão abrangente do negócio (COUTINHO, 2017 e NEGRÃO *et al.*, 2019).

A utilização dos conceitos *Lean* em setores diferentes do setor de manufatura vem a cada dia aumentando. Dessa forma, a adoção da filosofia *Lean* foi ampliado para outros ramos como o da mineração, pois este apresentou a necessidade de melhorias na produtividade e uma alavancagem para realizar suas operações de modo eficiente (SEIFULLINA *et al.*, 2018).

O setor de mineração exporta matéria-prima produzida em escala e que pode ser estocada, ou seja, as *comodities*, sendo o preço determinado pela lei da oferta e procura internacional. Considerado um setor com boa rentabilidade o que atrai parceiros e alavanca o crescimento (SHAH e PATEL, 2018; TORTORELLA *et al.*, 2019).

Por ser uma filosofia abrangente para operação, estruturação, controle e gerenciamento de sistemas de produção que se acredita ter ampla aplicabilidade. A

mineração possui vários segmentos como: minério de ferro, cobre, manganês, níquel e carvão (LOOW, 2015).

Por essa variedade de segmentos e para manter a participação de mercado sem aumento dos custos, exige aplicação de métodos de comprovada eficiência na gestão de seus ativos, como *Lean Manufacturing*, Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM), Técnicas de Análise de Falhas e Manutenção Produtiva Total (TPM), para melhorar a sustentabilidade dos processos (LOOW, 2015, SEIFULLINA *et al.*, 2018).

Para este trabalho, a filosofia *Lean* será aplicado na área de manutenção dentro do Planejamento e Controle objetivando eliminar e/ou reduzir os desperdícios de tempo, espera, inventário, superprodução, movimentação e propõe-se identificar oportunidades de melhorias e otimização dos processos.

Portanto, o enfoque desta pesquisa está na contribuição do *Lean Manufacturing* para a cadeia de manutenção em empresas do setor de Mineração, analisando e padronizando as atividades por meio das ferramentas da metodologia *Lean*, implementando uma cultura de excelência na organização para que aumente a produtividade.

Como a cada dia é mais difícil para as organizações garantir produtividade, eficiência em seus processos e eliminação de desperdícios, e uma boa gestão de seus ativos, a manutenção é uma área fundamental para o setor de Mineração (WANG, 2019), pois tem um papel muito importante para cumprir sua missão, além disso, ela precisa atuar como elo de ligação das ações dos subsistemas de engenharia, suprimentos, inspeção de equipamentos, dentre outros, para atender ao cliente interno, que é a operação (HATTINGH e KEYS, 2010).

Para STEINBERG (2010) os benefícios de se criar modelos de cadeias logísticas minerais existentes são muito importantes para identificar e compreender os pontos de criação de valor para possíveis intervenções visando melhorias na operação.

Segundo SEIFULLINA *et al.* (2018) fizeram uma análise da aplicação da metodologia *Lean* na indústria de mineração. Os autores identificaram uma carência da aplicação *Lean* no setor de mineração, no entanto as ferramentas ainda não estão muito bem estruturadas e necessitam de adaptações para os outros setores da indústria.

1.1 - MOTIVAÇÃO

O setor de mineração no Brasil, nas últimas décadas, atraiu a atenção do mercado global para sua força, apresentando taxas de crescimento que seguem as tendências da economia de países em desenvolvimento tais como, Brasil, Rússia, Índia e China (STEINBERG, 2010).

Os maiores depósitos de minerais metálicos, como ferro e bauxita, e não metálico, como minerais industriais e rochas, são localizados no Brasil. Sendo o mercado asiático possuidor da maior demanda por minério, particularmente a China, sendo isso um fator preponderante para o aumento dos preços dos minérios (HATTINGH e KEYS, 2010).

Mesmo com os avanços tecnológicos experimentados pelo setor, a mineração ainda enfrenta dificuldade que são intrínsecas as suas atividades e desafios devido a implementação de técnicas modernas de gerência, as quais necessitam de reestruturação e melhor entendimento das ferramentas de gestão (PANWAR *et al.*, 2015).

Com a maior competitividade no mercado da mineração as organizações buscam cada vez aumentar a eficiência de seus processos produtivos para poder viabilizar uma operação otimizada.

Em relação ao desenvolvimento de pesquisas, muitas universidades brasileiras trabalham com algum tema relacionado as ferramentas de gestão no processo de mineração. No entanto, diversas pesquisas são desenvolvidas para a estruturação e aplicação de técnicas modernas para gestão da manutenção na área de manutenção. Sendo a mineração um dos meios de produção que compõe a economia brasileira, dessa forma, faz-se necessário desenvolver pesquisas relacionadas ao tema.

Nessa perspectiva, a busca por soluções viáveis para a melhor gestão da manutenção é necessária e importante para o gerenciamento de uma organização do setor de mineração. O desenvolvimento de ferramentas e tecnologias de gestão e controle da manutenção se faz necessário devido as necessidades emergentes do mundo globalizado.

A pesquisa se justifica devido a importância do setor de mineração para a economia do Brasil e seu comércio internacional, sendo responsável por 5% do PIB nacional. No entanto, a implantação de melhorias no setor não segue no mesmo ritmo de outros setores, como o setor automobilístico.

1.2 - PROBLEMA DE PESQUISA

As empresas do ramo da mineração procuram vantagens competitivas, que podem ser alcançadas por meio da qualidade e garantia da entrega, inovação tecnológica, e com a redução de custos pela reengenharia dos processos.

A gestão de uma organização do ramo da mineração possui as suas dificuldades no que tange a organização e o desenvolvimento das tarefas diárias dos seus colaboradores e dos processos inerentes as atividades por ela desenvolvidas. Com isso, foi realizada uma contextualização da problemática, conceituando os principais termos da temática com intuito de buscar melhorias para a indústria.

Dessa forma, este trabalho tem como problema de pesquisa o estudo da redução de desperdícios no processo de manutenção em uma empresa do setor de mineração aplicando as ferramentas *Lean Manufacturing*. Este é considerado um problema que se deve solucionar para que se tenha uma gestão da manutenção eficiente e que promovam melhorias, mesmo que gradativas, para a empresa.

1.3 - OBJETIVOS

1.3.1 - Objetivo geral

Analisar as interações, interferências e complicações da falta de processos estruturados implantados na indústria de mineração aplicando a metodologia *Lean Manufacturing* e buscar soluções para os problemas identificados nesses processos.

1.3.2 - Objetivos específicos

- Analisar e padronizar as atividades do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) aplicando as ferramentas FMDS, *kaizen* e *Andon*;
- Implantar a gestão visual nos processos da cadeia de manutenção para reduzir desperdícios;
- Promover uma cultura de análise e solução de problemas através da aplicação das ferramentas *kaizen* e FMDS.

1.4 - HIPÓTESES

A hipótese central para a solução do problema é que a utilização das ferramentas *Lean* no processo de manutenção de uma empresa do ramo da mineração reduza os desperdícios, diminuindo custos e tempo no processo, gerando valor aos produtos e serviços.

A solução proposta para o problema em estudo “padronização dos processos na cadeia de manutenção”, visa utilizar ferramentas da metodologia *Lean*, para o desenvolvimento da cultura de resolver problemas através da aplicação de *kaizen*, do gerenciamento do chão de fábrica (FMDS) e da gestão de rotina utilizando *Andon*.

1.5 - CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO

A pesquisa foi desenvolvida por meio das coletas de dados, análises e resultados obtidos a partir da utilização das ferramentas *Lean*, que contribuiu para estabilização dos processos organizacionais. Dessa forma, as principais contribuições dessa dissertação foram:

- Entendimento das ferramentas utilizadas e adequação destas para o setor de mineração, visto que, essa metodologia foi desenvolvida para a indústria automobilística;
- Ganho de produtividade no desenvolvimento das tarefas e a redução dos desperdícios inerentes ao PCM e uma melhor gestão dos indicadores do PCM;
- Redução do tempo de manutenção da cadeia produtiva do sistema como um todo.

1.6 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O capítulo 1 apresenta a contextualização com os principais conceitos referente ao tema em questão, a motivação, os objetivos gerais e específicos, as contribuições e relevância da dissertação, além da delimitação do tema em estudo.

O capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura sobre o *Lean Manufacturing*, abordando os conceitos, origem e princípios. Abordagem do *Lean* para a cadeia de manutenção, através do Gerenciamento visual de indicadores e rotina do PCM, *kaizen* como uma ferramenta para melhoria contínua dos processos de manutenção.

O Capítulo 3 traz os procedimentos metodológicos utilizados para a realização deste trabalho, discorre ainda sobre o passo a passo para o desenvolvimento desta dissertação.

O Capítulo 4 são mostrados os resultados das análises dos dados da organização em estudo e apresenta uma discussão dos resultados em relação aos objetivos propostos.

Por último, o capítulo 5 são apresentadas as conclusões e sugestões de trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - CONCEITOS *LEAN*

Os conceitos de *Lean* foram desenvolvidos principalmente pelas indústrias japonesas, especialmente pela Toyota. O *Lean Manufacturing* é considerado uma técnica de redução dos desperdícios, conforme sugerido por muitos autores, mas, na prática, maximiza o valor do produto através da minimização de resíduos (SUNDAR *et al.*, 2014).

O *Lean Manufacturing* surgiu após a Segunda Guerra Mundial. Seu criador foi *Taiichi Ohno*, engenheiro da Toyota e seus precursores: *Sakichi Toyoda*, fundador do Grupo *Toyota* em 1902 (LOOW, 2015, SUNDAR *et al.*, 2014).

É um modelo de gestão que se baseia na redução de custos com a estratégia baseada no cliente, visando minimizar os desperdícios com fluxos de valores inteiros, criando mais valor para o cliente (SHAH e PATEL, 2018).

A metodologia *Lean Manufacturing* é aplicada em diferentes setores da indústria, como automobilístico, aviação, refrigeração, programação e controle da produção, planejamento e controle da manutenção na área de mineração. A filosofia *Lean* oferece recursos a todos que estão dispostos a mudar o modelo mental e investir em soluções agregadoras de valor para toda a organização, desde o chão de fábrica até a alta corporação (PSOMAS e ANTONY, 2019).

Diferentes interpretações do *Lean* são empregadas, que vão desde o foco na eliminação de desperdícios, identificação de condições vinculadas ao produto ou serviço e a previsibilidade da demanda e sua estabilidade, até a utilização de ferramentas operacionais e implantando os princípios específicos relacionados à produção.

A implementação da metodologia *Lean* segue três níveis de hierarquia definidas por ARLBJORN e FREYTAG (2013), os autores defendem para que uma produção tenha êxito, uma organização precisa implementar os três níveis da pirâmide como a apresentada na Figura 2.1.

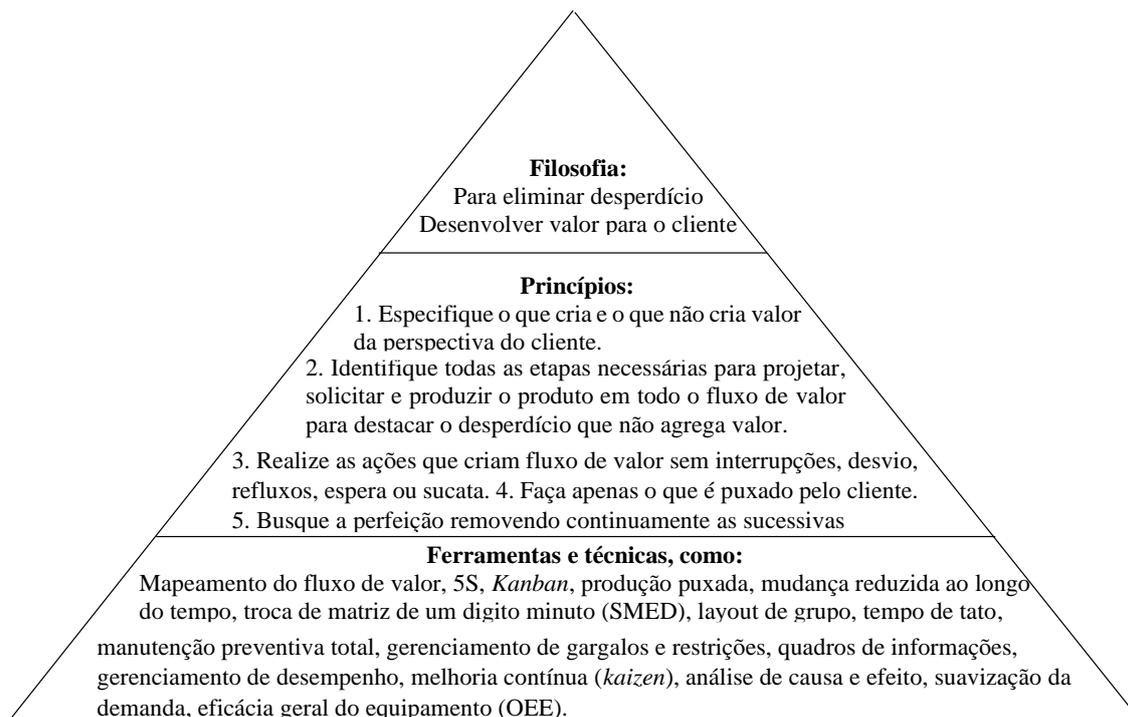


Figura 2.1 - Níveis para a implementação da *Lean* em uma organização.

Fonte: (ARLBJORN e FREYTAG, 2013).

O topo da pirâmide, que representa o nível mais alto é visto como o nível filosófico que representa a principal preocupação das ferramentas *Lean* para eliminar resíduos e melhorar o valor do cliente (VO *et al.*, 2019).

A filosofia *Lean*, trata qualquer atividade comercial ou que faça parte do processo como um desperdício, desde que não crie valor da perspectiva do cliente, portanto, essa atividade deve ser minimizada ou removida. Dessa forma, o segundo nível é composto pelos princípios específicos relacionados à produção (SUNDAR *et al.*, 2014).

A base da pirâmide que representa o terceiro nível é visto como o nível operacional, onde representa o conjunto de ferramentas e técnicas *Lean*, melhorando as ações utilizadas para alcançar os objetivos através das diferentes ferramentas da filosofia (ARLBJORN e FREYTAG, 2013).

Para TEIXEIRA (2013) a eliminação de todas as barreiras que causam algum tipo de obstáculo ao sistema, como a única maneira de conseguir instituir uma rigidez no fluxo de produção de modo que se atingisse a entrega do produto correto no momento correto. Para o autor essas barreiras são classificadas como desperdícios no processo de produção.

No Sistema Toyota de Produção (STP) os desperdícios podem ser elencados de acordo com a Tabela 2.1. Dessa forma, os esforços dispendidos durante o processo devem ser voltados com objetivo de combater essas perdas, disseminando a ideia de um ambiente

altamente produtivo que agregue valor ao produto do ponto de vista do cliente (OHNO, 1997, SHIMOKAWA e FUJIMOTO, 2011).

Tabela 2.1 - Tipos de desperdícios segundo a metodologia *Lean*.

| Tipos Desperdícios | Definições |
|---------------------------|---|
| Transporte | Movimentação e deslocamento além do necessário. |
| Espera | Tempo ocioso quando materiais, pessoas ou ferramentas não estão prontos. |
| Movimento | Movimentos desnecessário durante a produção. |
| Produção em excesso | Produção demasiada com antecipação para atender uma demanda futura. |
| Defeitos | Processo que apresenta falhas, erros, falta de etapas necessária ou retrabalho, resultando em trabalho extra. |
| Estoque | Peças, componentes, materiais ou produtos disponíveis demasiadamente além da necessidade do cliente. |
| Processamento | Esforço adicional desnecessário que não agrega valor no ponto de vista do cliente. |

Fonte: (OHNO, 1997, SHAH e PATEL, 2018).

2.1.1 - Conceito *Lean* no setor de mineração

A utilização da metodologia de produção enxuta no setor de mineração representa uma significativa chance de melhorar a eficiência dos projetos de mineração, isso é mostrado por diversas evidências. Entretanto, há algumas evidências que mostram que a aplicação dessa metodologia pode ser limitada podendo não melhorar a produtividade e o desempenho organizacional da indústria de mineração (HATTINGH e KEYS, 2010, KLIPPEL, 2007, SUNDAR *et al.*, 2014).

Segundo HATTINGH e KEYS (2010), KLIPPEL (2007) evidenciaram que existem diferenças inerentes entre o setor de mineração e o setor de transformação. Mas, essas diferenças não implicam a aplicação da metodologia *Lean* na mineração, pois os autores dizem que a *Lean* e sua proposta de valor não pertence a uma indústria específica e que pode ser aplicada a qualquer setor da indústria.

A implementação da metodologia *Lean* gerou muitos resultados positivos de melhorias de desempenho em organizações do setor de mineração e projetos relacionados, como são mostrados em diferentes estudos de casos revisados, foram mostrados estatisticamente as melhorias significativas na confiabilidade operacional, na utilização

do tempo, no desempenho organizacional e na capacidade de produção real (CASTILLO *et al.*, 2015).

Os principais resultados do estudo de CASTILLO *et al.*, (2015) sugerem que a incorporação de metodologias *Lean* tem um grande potencial para melhorar o desempenho das operações de mineração, considerando os desafios atuais e futuros no setor de mineração.

No trabalho de HELMAN (2012) é apresentado uma análise da possível adaptação dos elementos da metodologia *Lean* a condições específicas da gerência do setor de mineração. O artigo apresenta ferramentas e métodos *Lean* selecionados, usados na indústria automotiva. As ferramentas e métodos apresentados são *Just In Time*, *One Piece Flow*, *Jidoka*, TPM, 5S, *Kanban* e também o básico de melhorias contínuas.

Também são apresentadas diferenças fundamentais entre a indústria automotiva e de mineração, incluindo vários aspectos do processo de produção e o gerenciamento e organização do trabalho nas instalações de ambas as indústrias.

É apresentada uma proposta preliminar para a adaptação das ferramentas e métodos *Lean* apresentados para processos de mineração instáveis. Além disso, foi criada a matriz com possibilidades de adaptar elementos *Lean* ao setor de mineração (HELMAN, 2012).

FLYNN e VLOK (2015) descrevem em seu trabalho que as empresas de mineração têm muitos desperdícios gerados a partir de processos que não agregam valor e muitas vezes não minimizam os desperdícios.

Os desperdícios são de material físico extraído dos processos, defeitos nos produtos, tempo ocioso durante os processos, superprodução e excesso de estoque. Isso acarreta em ineficiência, falta de produtividade, uso excessivo de recursos disponíveis, falta de qualidade dos produtos ou serviços e poluição (FLYNN e VLOK, 2015).

2.2 - ABORDAGEM DO *LEAN* NA CADEIA DE MANUTENÇÃO

Existem diversas ferramentas empregadas na indústria do setor de mineração que são empregadas na gestão da manutenção. Essas ferramentas são baseadas no conceito do *Lean manufacturing* (JUSTA e BARREIROS, 2009).

A construção de uma cultura de melhoria contínua é preciso que haja uma organização das práticas e ferramentas de forma que se crie um sistema. E com a combinação das ferramentas, interagindo entre si, dentro de um sistema é que se pode

promover uma cultura dentro de uma organização (JUSTA e BARREIROS, 2009, OHNO, 1997).

Para JUSTA e BARREIROS (2009), quando as técnicas de gestão da metodologia *Lean* são aplicadas de forma integradas às outras, o sistema será formado e se esse sistema for praticado pelas pessoas da organização uma cultura *Lean* terá sido implantada, como é ilustrado na Figura 2.2.

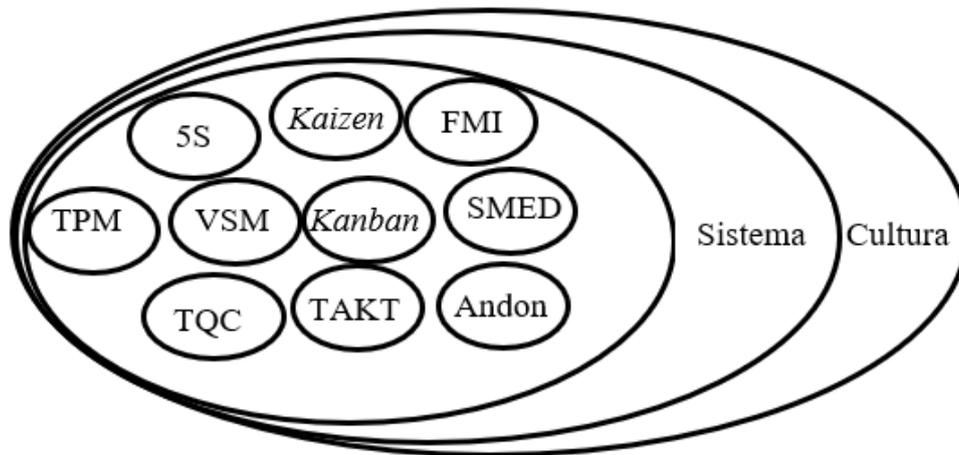


Figura 2.2 - Construção de uma cultura organizacional.
Fonte: Adaptado de JUSTA e BARREIROS (2009).

2.2.1 - Fluxo de Material e Informação (FMI)

O Fluxo do trabalho significa que o valor é agregado ao produto em cada processo enquanto o produto flui ao longo da linha. Se as mercadorias são conduzidas por correias, isto não é fluxo do trabalho, mas sim trabalho forçado a fluir (OHNO, 1997).

O Sistema Toyota de Produção é o estabelecimento do fluxo de fabricação, isto significa que naturalmente o fluxo de trabalho é estabelecido a partir da organização dos materiais e informações de acordo com as prioridades.

A grande importância das informações e materiais em um processo de produção é dada devido a estas serem o meio de sincronizar e representar as diversas funções que exercem no processo e setor de uma organização. Dessa forma, o desenvolvimento do fluxo de material e informação torna-se necessário para o aprimoramento e melhorias dos processos em uma indústria (SHAH e PATEL, 2018).

O Fluxo de Material e Informação é feito a partir do Mapeamento do Fluxo de Valor, e permite elaborar de uma forma mais simples e lógica a visualização do fluxo de

material e informação e como segue o andamento da produção atual, cadeia de valor, fluxos de pessoas e processos (ESPÍNDOLA *et al.*, 2017).

2.2.2 - Padronização dos Processos

As organizações pequenas ou médias não possuem uma padronização dos seus processos. Seus trabalhadores executam as tarefas cada um à sua maneira sem seguir um *script* e isso gera muitos problemas, com peças, produtos ou serviços diferentes uns dos outros gerando trabalhos distintos. Para isso, há a necessidade de montar uma padronização das tarefas ou processos para solucionar as diferenças existentes (BARROS *et al.*, 2019).

O desenvolvimento da padronização do trabalho é dado por meio da melhoria contínua e é estruturado para ser implementada através de *kaizen*. A estruturação é feita adotando uma forma que represente o padrão de uma tarefa ou de um processo, que pode ser qualquer um (SHIMOKAWA e FUJIMOTO, 2011).

Após a padronização, passa a desenvolver as melhorias dessas tarefas ou processos de forma contínua, uma após a outra, em um sistema de tentativa e erro. Para SHIMOKAWA e FUJIMOTO (2011) a padronização dos processos pode começar com o estudo do tempo e movimento ou qualquer outra coisa e tentar alcançar algo perfeito no começo, no entanto, os autores afirmam que isso não irá funcionar. Mas é preferível que seja começado algo de imediato, mesmo que seja imperfeito, e ao longo do tempo seja aprimorado.

OHNO (1997) diz que para a produção *just-in-time* seja realizada, as folhas de padrão de trabalho para cada processo precisam ser claras e concisas. Os três elementos de uma folha de trabalho padrão são:

- Tempo de ciclo: a duração de tempo (minutos e segundos) no qual uma unidade deve ser feita;
- Sequência de trabalho: a sequência do trabalho no fluxo de tempo;
- Inventário padrão: a quantidade mínima de mercadorias necessárias para manter a continuidade do processo.

A tarefa crítica quando se implementa a padronização é encontrar o equilíbrio entre indicar procedimentos rígidos para que os funcionários os sigam e dar-lhes a liberdade de inovar e de ser criativo para atingir metas desafiadoras de modo coerente em relação a custos, qualidade e prazos. A chave para alcançar esse equilíbrio reside na

maneira como as pessoas redigem os padrões, bem como em quem contribui para a sua criação (LIKER, 2005).

2.2.3 - Programa 5S

No Japão, existem os “programas 5S”, que compreendem uma séria de atividades para eliminar as perdas que contribuem para os erros, defeitos e acidentes de trabalho. São elas: *seiri, seiton, seiso, seiketsu e shitsuke* (LIKER, 2005):

- Classificar – Classificar os itens, manter somente o que for necessário e descartar o que não for.
- Organizar – “Um lugar para tudo e tudo no lugar”.
- Limpar – O processo de limpeza frequentemente atua como uma forma de inspeção que expõe condições anormais e predisposição a falhas que podem prejudicar a qualidade ou causar problemas no equipamento.
- Padronizar (criar regras) – Desenvolver sistemas e procedimentos para manter e monitorar os três primeiros S.
- Disciplinar (autodisciplina) – Manter o ambiente de trabalho estável é um processo constante de melhoria contínua.

O programa 5S é amplamente conhecido com as nomenclaturas: senso utilização, senso ordenação, senso limpeza, senso de bem-estar e senso autodisciplina.

Algumas empresas confundem os cinco sentidos com produção enxuta, sendo um grande equívoco. As áreas operacionais e administrativas podem ter um ambiente limpo e organizado, não significando que os desperdícios foram reduzidos ou eliminados (BARROS *et al.*, 2019).

O Modelo Toyota não significa usar o 5S para organizar e classificar corretamente materiais e ferramentas e eliminar as perdas para manter um ambiente limpo e organizado. O controle visual de um sistema enxuto bem planejado não é a mesma coisa que uma operação de produção em massa limpa e organizada (LIKER, 2005).

Os sistemas enxutos utilizam o 5S para sustentar o fluxo tranquilo para o takt-time, também é uma ferramenta que auxilia a tornar visíveis os problemas e, se usada de uma maneira sofisticada, pode ser parte do processo de controle visual de um sistema enxuto bem planejado (NEGRÃO *et al.*, 2019, OHNO, 1997).

2.2.4 - Gerenciamento Visual (FMDS e Andon)

O padrão visual tem como objetivo estabelecer regras e padrões de organização e limpeza para determinado local. E pode fazer com que o ambiente de trabalho seja beneficiado, facilitando a realização das atividades, aumentando a segurança, reduzindo perdas e custos (BARROS *et al.*, 2019, JUSTA e BARREIROS, 2009).

O controle visual é qualquer dispositivo de comunicação utilizado no ambiente de trabalho para nos dizer rapidamente como o trabalho deve ser executado e se há algum desvio de padrão e auxilia os funcionários que desejam fazer um bom trabalho a ver imediatamente como o estão executando (JUSTA e BARREIROS, 2009).

Assim, pode-se mostrar a que categoria os itens pertencem, quantos itens devem constar naquela categoria, qual o procedimento padrão para uma determinada tarefa, o status do estoque em processo e muitos outros tipos de informações importantes para o fluxo de atividades de trabalho (LIKER, 2005).

O acompanhamento dos resultados organizacionais através da gestão visual dos principais indicadores, permite aos gestores e liderados identificar desvios e direcionar aos responsáveis para solução dos problemas relatados. Uma característica positiva da gestão visual é a periodicidade da verificação dos resultados, ocorre diariamente com duração de 20 a 30 minutos (OHNO, 1997, SHIMOKAWA e FUJIMOTO, 2011). Os principais indicadores são a Aderência as Manutenções Sistemáticas (AMS), Aderência a Programação (APR) e o Backlog.

O indicador AMS é um indicador que tem como objetivo acompanhar a realização dos planos de manutenção dentro de um determinado período (BARROS *et al.*, 2019).

O APR (Aderência a Programação) é um indicador que o cumprimento as manutenções programadas para um determinado período. Nele estão contempladas as ordens de manutenção sistemáticas (planos de manutenção), as demandas oriundas da inspeção e do acompanhamento por condição de alguns ativos (OHNO, 1997, SHIMOKAWA e FUJIMOTO, 2011).

O Backlog é um indicador que mede a capacidade que a equipe tem para executar os serviços, caso nenhuma nova demanda entre na carteira de serviços a serem executados. Neste caso em análise, a equipe tem 50 dias para executar todas as ordens de serviço recebidas (BARROS *et al.*, 2019).

Para garantir uma melhor eficiência dessas reuniões, quadros padronizados são instalados em locais acessíveis, próximo da execução das atividades e disponibilizadas as

informações de fácil entendimento. Durante a realização desses momentos, para os indicadores abaixo da meta, ações são endereçadas para restabelecimento da condição normal (KLIPPEL, 2007).

Desta forma, existem algumas medidas para gerenciar os resultados de uma organização. Pode-se citar (LIKER, 2005, OHNO, 1997):

- O quadro para gerenciamento dos indicadores estratégicos e críticos;
- A padronização visual das atividades ou instrução de trabalho. As folhas de trabalho padrão e as informações nelas contidas são elementos importantes do Sistema Toyota de Produção. Para que alguém da produção seja capaz de escrever uma folha de trabalho padrão que outros trabalhadores possam compreender, ele ou ela deve estar convencido(a) da sua importância (OHNO, 1997).
- A sinalização da condição normal versus anormal, através do *Andon*. Segundo LIKER (2005) explica que quando um equipamento para, bandeiras ou luzes, em geral acompanhadas de música ou de alarme, são usadas para sinalizar a necessidade de ajuda para solucionar um problema de qualidade. Esse sistema de sinalização é atualmente chamado de *Andon*.

Para OHNO (1997), a autonomia significa parar a linha de produção ou máquina sempre que surgir uma situação anormal. Isto esclarece o que é considerado normal e o que é considerado anormal. Em termos de qualidade, quaisquer produtos com defeitos são obrigados a aparecer, porque o progresso real do trabalho comparado aos planos de produção diária é sempre tornado visível.

Esta ideia se aplica às máquinas e à linha assim como à organização das mercadorias e ferramentas, inventário, circulação do *kanban*, procedimentos de trabalho padrão e assim por diante. Nas linhas de produção em que se usa o Sistema Toyota de Produção, o controle visual, ou gerenciamento pela visão, é obrigatório (JUSTA e BARREIROS, 2009, VO *et al.*, 2019).

2.2.5 - Kanban, controle dos materiais

Os dois pilares do Sistema Toyota de Produção (STP), conforme relatado anteriormente, são o *just-in-time* e a automação. De acordo com OHNO (1997) informa que a ferramenta utilizada para operar o sistema é o *kanban*, uma ideia inspirada dos supermercados americanos.

A iniciativa de implantar o sistema *kanban* de forma isolada, sem fazer parte da filosofia total da produção enxuta, tem grandes chances de não atingir um resultado satisfatório. O sistema foi desenvolvido durante 30 anos, experimentando, acompanhando as atividades no *gemba*, onde as coisas acontecem, até chegar em um método capaz de aumentar a eficiência global e melhorar as condições no ambiente de trabalho (JUSTA e BARREIROS, 2009, NEGRÃO *et al.*, 2019).

O *Kanban* é uma forma simples e direta de comunicação localizada sempre no ponto que se faz necessária. Na maioria dos casos, um *kanban* é um pequeno pedaço de papel inserido em um envelope retangular de vinil. Neste pedaço de papel está escrito quanto de cada parte tem de ser retirada ou quantas peças têm de serem montadas (OHNO, 1997, VO *et al.*, 2019).

2.2.5 - Kaizen, modificar para melhor

Na base do Sistema Toyota está o trabalho padronizado. E sem padrões não há *kaizen*, ou melhorias contínuas. As melhorias contínuas são tão importantes para os equipamentos quanto para as rotinas de trabalho. O *kaizen* aumenta a eficiência e melhora a qualidade por meio da transmissão de um maior volume de conhecimentos sobre o equipamento (SHIMOKAWA e FUJIMOTO, 2011).

Com os desafios impostos às indústrias, houve uma diminuição da satisfação do cliente, redução nas vendas, entregas não cumpridas, aumento dos custos de commodities e redução da produtividade. Para resolver os problemas mencionados acima, os funcionários da empresa decidiram aplicar o *kaizen*, que é uma palavra de origem japonesa e significa mudar para melhor. É uma metodologia que permite reduzir custos e melhorar a produtividade (VO *et al.*, 2019).

O *kaizen*, é uma maneira muito eficiente de melhorar a qualidade das operações e aumentar a participação dos empregados. No trabalho de VO *et al.* (2019) foram detalhadas as etapas e os resultados do evento *kaizen* que podem ser úteis para bens de consumo embalados e outras indústrias de manufatura para melhorar suas próprias operações.

Os resultados dos eventos de *kaizen*, podem ser utilizados como dados de participação dos funcionários e podem ajudar os tomadores de decisão a entender melhor os esforços de melhoria contínua no local de trabalho (JUSTA e BARREIROS, 2009, OHNO, 1997, VO *et al.*, 2019).

O amadurecimento de práticas de melhoria contínua na Toyota foi possibilitado por ser uma organização para aprendizagem. Isto exigiu da empresa criadora do STP, mais de uma década para difundir este espírito de melhoria contínua.

Para LIKER (2005), o *kaizen* é uma forma de fazer com que as pessoas deixem de “apagar incêndios” e passem se concentrar em melhorias à longo prazo e para isso é necessário o espírito de melhoria contínua.

No entanto, só é possível a implementação do *kaizen* quando o processo estiver padronizado e estabilizado, pois essa ferramenta é essencial para a mudança de atitude e no modo de pensar dos líderes e funcionários, pois proporciona uma auto reflexão e autocrítica e uma desejo de melhorar continuamente (LIKER, 2005, OHNO, 1997).

2.3 - IMPLEMENTAÇÃO LEAN

Para implementar a filosofia *Lean Manufacturing* é necessária uma atenção especial da organização, pois isso representa uma mudança de cultura do sistema por meio da utilização de ferramentas que requer estudo e entendimento dos seus conceitos (TEIXEIRA, 2013).

As pesquisas realizadas por HINES *et al.* (2004) descrevem pontos que devem ser entendidos para direcionar uma organização no processo de implantação da filosofia *Lean Manufacturing*, que são:

- Compreender as necessidades dos clientes e o que eles valem por meio da definição da coordenada que a organização quer seguir, dos resultados e objetivos;
- Ter uma definição clara do fluxo interno de valores usando uma estrutura interna, o que permitirá a organização ver como estão dispostos seus fluxos externos e internos;
- Utilizar métodos adequados para realizar as mudanças adequadas, de forma a eliminar os desperdícios, fazendo com que o fluxo de produtos e informações sejam solicitadas pelos clientes;
- A organização deve estender a definição de valor para fora da própria empresa, externando o enfoque de valores para o fluxo total de valores, além de ter sempre em vista a perfeição através da busca contínua de melhoria do produto e de todos os processos.

Para HINES e TAYLOR (2000), as etapas necessárias para a implementação *Lean* em uma organização são os seguintes:

1. Entender os tipos de desperdícios que há dentro da organização;
2. A organização deve entender os três principais tipos de atividades desenvolvidas;
3. Definir a direção que a organização deseja seguir, isso é feito a partir da identificação dos fatores críticos;
4. É necessário definir medidas e metas organizacionais, de maneira que seja possível o aperfeiçoamento destas;
5. Identificar quais os principais processos da empresa e decidir qual deve ser entregue em relação a cada área alvo;
6. Realizar uma verificação dos processos que necessitam de um mapeamento mais detalhado;
7. Ter um entendimento da real situação da organização, isso deve ser feito uma avaliação do geral;
8. A organização deve identificar as necessidades dos clientes, e fazer o mapeamento completo para entender os fluxos de informações e fluxos físicos.

Nas últimas décadas, houve um acréscimo na quantidade de empresas especializadas em consultoria, com isso, passaram a desenvolver diferentes modelos de avaliação *Lean* próprios. Esses modelos tornaram-se comuns e são conhecidos como *Lean Assessment*, pois podem ser utilizados de acordo com o perfil e estrutura da organização (ALBUQUERQUE, 2008, TEIXEIRA, 2013).

No entanto, para TEIXEIRA (2013) as comparações dos resultados não podem ser comparados, pois não apresentam um padrão definido. Como os modelos são desenvolvidos exclusivamente para cada empresa, a filosofia *Lean* permite que haja várias formas de avaliação, sendo algumas embasadas na cultura organizacional e outras em ferramentas.

2.4 - FATORES DE SUCESSO *LEAN*

O sucesso de implementação de qualquer prática particular de gestão frequentemente depende das características da organização, e não todas as organizações podem ou devem implementar o mesmo conjunto de práticas (SHAH e PATEL, 2018).

Na maioria das empresas o gradiente de melhoria diminui ao longo do tempo, pois o sistema *Lean Manufacturing* é considerado o estado da arte nas organizações e com isso deve estar o tempo todo sendo reinventado (DOMBROWSKI *et al.*, 2012, RODRIGUES, 2014).

O sucesso da implementação *Lean* depende de uma abordagem de liderança inovadora, que compreende a cooperação dos funcionários e líderes em esforço mútuo para o desenvolvimento do processo de melhoria contínua (DOMBROWSKI *et al.*, 2012).

Os critérios que devem ser adotados, segundo RODRIGUES (2014), para o sucesso da implementação do sistema *Lean Manufacturing*, são os seguintes:

- Total comprometimento da alta gestão;
- Disciplina e comprometimento do corpo funcional;
- Flexibilidade para o realinhamento da cultura da organização e;
- Entendimento adequado do pensamento *Lean*.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1 - CARACTERIZAÇÃO E OBJETO DA PESQUISA

A pesquisa teve como objeto de estudo a padronização do planejamento de manutenção. Antes de aprofundar o objeto de estudo, foi realizada uma contextualização da problemática, conceituando os principais termos da temática.

Segundo KARDEC e NASCIF (2001) falam sobre a importância do “pensar e agir estrategicamente”, no desenvolvimento da atividade de manutenção, e a forma que se integra ao processo produtivo e contribua de maneira eficaz para à Excelência Empresarial. E ainda, descrevem a manutenção com uma atividade que deve ser estruturada de maneira a integrar as demais atividades dentro da organização e que busca solucionar os problemas para maximizar os resultados.

O Planejamento e Controle da Manutenção – PCM é uma área do fim de produção e que exerce um papel fundamental em qualquer indústria dos diferentes setores, pois é responsável pelo bom funcionamento da planta (VIANA, 2002). Além disso, o impacto do PCM na saúde da organização é primordial, pois é impossível um sistema funcionar quando este se encontra debilitado.

O PCM como sendo uma área da manutenção industrial que é responsável por cuidar do funcionamento de uma companhia dentro dos muros, melhorando e organizando, caso seja eficiente, a organização possui saúde financeira e isso é um pré-requisito para a sua existência e permitir que coloque seus produtos no mercado com qualidade superior e preço competitivo (KARDEC e NASCIF, 2001, VIANA, 2002).

Para VIANA (2002) o Planejamento e Controle da Manutenção são constituídos dos subprocessos, que compreende:

1. Inspeção – Identificar as demandas através da verificação em campo das condições operacionais dos ativos e/ou instalações.
2. Planejamento – Planejar as demandas identificadas pela inspeção e acompanhar as sistemáticas.
3. Aprovisionamento – Aprovisionar os materiais identificados pela inspeção e planejamento.

4. Programação – Programar as atividades alocando os recursos necessários, tais como: mão de obra, materiais, recursos auxiliares e ferramentas.
5. Controle – Avaliar o desempenho dos indicadores dos ativos e processos de manutenção, acompanhar e direcionar no tratamento dos desvios, suportando a tomada de decisões das lideranças.

Estes subprocessos exigem conexão, sincronismo e fluxos bem definidos e detalhados, garantindo a entrega com eficiência e eficácia ao cliente final do processo, que no caso deste estudo é a área de execução das atividades.

A pesquisa tem a intenção em aplicar algumas das ferramentas do método *Lean Manufacturing* para atuar nos problemas abaixo citados:

3.1.1 - Problema 01

- Padronizar o Planejamento e Controle da Manutenção.

Ferramentas aplicadas:

- Padronização dos processos (procedimentos);
- *Andon*;
- Diários de bordo;
- Gestão Visual;

O diagnóstico inicial da situação problema, foi o primeiro passo, com o intuito de identificar os pontos de fragilidades, mapear as oportunidades e definir o plano de trabalho. Segue o detalhamento para Padronização do PCM:

- Análise do problema;
- Definição do Escopo;
- Resultados Esperados;
- Cronograma de Elaboração da Proposta de Padronização do PCM;
- Farol de Participação nas Reuniões;
- Elaboração de fluxos dos processos de PCM por função;
- Treinamento das equipes nos fluxos elaborados;
- Diário de Bordo por Função do PCM;
- Criação dos quadros de Gestão Visual;
- Desvios Identificados no Processo de PCM;
- Sugestões de Melhoria para Eliminar os Desvios;

- Indicadores para Acompanhamento do PCM.

3.1.2 - Problema 02

- Implantar a cultura de solução de problemas.

Ferramentas aplicadas:

- *Kaizen*;
Plano de trabalho para melhoria no processo de solução de problemas.
- Análise do Problema;
- Definição do escopo;
- Elaboração Fluxograma para decisão do tipo de ferramenta de melhoria contínua a ser utilizada;
- Definição do plano de ação;
- Criação de um portal de registros dos projetos desenvolvidos;
- Capacitação - Pensamento Enxuto;
- Definição do sistema;
- Consolidação/validação de itens;
- Treinamento da equipe;
- Tratamento de Desvios/soluções de problemas;
- Apuração dos resultados (meta);
- Encerramento do projeto;

A partir da caracterização do objeto de pesquisa, passou-se para o desenvolvimento da pesquisa com as aplicações das ferramentas *Lean Manufacturing*.

3.2 - DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

O estudo foi desenvolvido em uma empresa do setor de mineração na área de Planejamento e Controle da Manutenção. O diagnóstico inicial das situações problemas foi realizado com o auxílio de um especialista da área. A compreensão atual das problemáticas se faz necessário para o correto entendimento das variáveis que interferem e contribuem na continuação dos resultados não desejáveis para o processo em análise.

O objeto de estudo é constituído de cinco subáreas de planejamento distintas, os quais foram identificados que cada uma realizava as suas atividades a seu modo. Dessa

forma, o estudo desenvolvido neste trabalho de dissertação é a realização da padronização dos processos executados na área do Planejamento e Controle da Manutenção.

Com isso, foi necessário a realização de um diagnóstico interno da situação inicial do Planejamento e Controle da Manutenção, foi identificado baixa aderência de alguns indicadores, papéis e responsabilidades não definidos, documentos orientativos insuficientes para as funções desempenhadas no PCM e ausência de fluxos dos processos.

Como as subáreas do PCM estão intimamente interligadas, a padronização é desenvolvida de forma geral em que todas são trabalhadas a partir das atividades descritas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Atividades realizadas para a padronização dos processos do PCM.

| | | |
|--------------------------------|----------------------------------|--|
| Padronização dos processos PCM | Diagnóstico da situação problema | 1. Realização do diagnóstico da situação inicial. |
| | | 2. Verificação dos indicadores acompanhados. |
| | | 3. Definição dos papéis e responsabilidades dos colaboradores. |
| | | 4. Verificação da quantidade de procedimentos elaborados. |
| | Gestão Visual | 5. Realização do FMDS dos indicadores de PCM. |
| | | 6. Criação do diário de bordo. |
| | Cultura de solução de problemas | 7. Criação de um portal para registro dos <i>Kaizens</i> . |

Com isso, foi definido que seria necessário fazer uma análise prévia da situação do PCM e verificar quais seriam as questões críticas do setor, o segundo passo foi colocar essas informações disponíveis em painéis e murais, possibilitando uma gestão visual. E por último, foram criados meios de implantar cultura de solução de problemas.

3.2.1 - Realização do Diagnóstico

O diagnóstico foi realizado a partir de uma avaliação dos processos e requisitos envolvidos no PCM. O desenvolvimento de uma matriz de processos permitiu à autora da dissertação, a organizar os diagnósticos e obter as respostas obtidas nos diferentes requisitos, de modo a se verificar as condições para os diferentes processos e estruturação dos tópicos básicos.

A análise foi feita a partir de uma tabela com três colunas, em que na primeira é descrito o processo do PCM que compreende Planejamento de Médio Prazo, Planejamento de Curto Prazo, Aprovisionamento e Programação e por último o Gerenciamento da Rotina. Na segunda coluna mostra o requisito, que foram distribuídos em 23 requisitos a serem avaliados se atendia, parcial ou não atendia o que caracteriza a terceira coluna como sendo as respostas dos requisitos, como é ilustrado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Aplicação do questionário para realização do diagnóstico interno.

| DIAGNÓSTICO INTERNO DO PCM | | | | | |
|-----------------------------------|---|--|----------------|----------------|------------|
| # | Processo | Requisitos avaliados | Atende? | | |
| | | | Sim | Parcial | Não |
| 1 | Planejamento de Médio Prazo | Existe documentação orientativa para o processo | | | |
| 2 | Planejamento de Médio Prazo | Os papéis e responsabilidades foram definidos? | | | |
| 3 | Planejamento de Médio Prazo | Mapa anual de paradas elaborado e contemplando as manutenções rotineiras, condicionais e grandes intervenções? | | | |
| 4 | Planejamento de Médio Prazo | Os papéis e responsabilidades foram definidos? | | | |
| 5 | Planejamento de Médio Prazo | Os recursos humanos e materiais foram dimensionados no planejamento? | | | |
| 6 | Planejamento de Médio Prazo | Existe contingência para antecipação e postergação de atividades? | | | |
| 7 | Planejamento de Médio Prazo | O indicador de backlog está dentro da faixa ideal? | | | |
| 8 | Planejamento de Curto Prazo, Aprovisionamento e Programação | Existe documentação orientativa para o processo? | | | |
| 9 | Planejamento de Curto Prazo, Aprovisionamento e Programação | Os papéis e responsabilidades foram definidos? | | | |
| 10 | Planejamento de Curto Prazo, Aprovisionamento e Programação | Existe sistema informatizado para planejar, aprovisionar e programar os serviços? | | | |

| | | |
|----|---|--|
| 11 | Planejamento de Curto Prazo, Aprovisionamento e Programação | As intervenções são programadas com antecedência mínima de uma semana? |
| 12 | Planejamento de Curto Prazo, Aprovisionamento e Programação | Os materiais e recursos são planejados com antecedência? |
| 13 | Planejamento de Curto Prazo, Aprovisionamento e Programação | O indicador aderência a manutenção sistemática está dentro da faixa ideal? |
| 14 | Planejamento de Curto Prazo, Aprovisionamento e Programação | O indicador aderência a programação está dentro da faixa ideal? |
| 15 | Planejamento de Curto Prazo, Aprovisionamento e Programação | Os materiais para aplicação foram requisitados? |
| 16 | Planejamento de Curto Prazo, Aprovisionamento e Programação | Os materiais estão disponíveis em tempo hábil para aplicação? |
| 17 | Planejamento de Curto Prazo, Aprovisionamento e Programação | A carteira dos serviços a serem executados é analisada? |
| 18 | Planejamento de Curto Prazo, Aprovisionamento e Programação | Os desvios identificados na carteira são tratados? |
| 19 | Gerenciamento da Rotina | Existe acompanhamento diário dos serviços a serem executados? |
| 20 | Gerenciamento da Rotina | Existe gerenciamento visual da rotina de manutenção desde a inspeção até o executante? |
| 21 | Gerenciamento da Rotina | Os desvios identificados na cadeia de manutenção são acompanhados visualmente? |
| 22 | Gerenciamento da Rotina | As ações geradas para tratamento dos desvios identificados na cadeia de manutenção são acompanhadas visualmente? |
| 23 | Gerenciamento da Rotina | Existe uma cultura de exposição e solução de problemas? |

Com a criação desse questionário e em reunião com a equipe de PCM foi possível elaborar um levantamento das condições em que se encontrava o setor em cada subárea e com isso traçar o que seria feito para resolver os problemas com a aplicação das ferramentas *Lean*. Com as respostas do questionário (Tabela 3.2) pôde-se traçar os pontos de atenção e o que deveria ser trabalhado com aplicação das ferramentas *Lean* estudadas.

O questionário foi respondido em reunião de alinhamento do PCM. A autora foi apresentando os requisitos e os colaboradores foram dizendo o que atendia, atendia parcialmente e não atendia. A resposta considerada no questionário foi aquela que a maioria concordava, após uma breve discussão sobre o requisito avaliado.

3.2.2 - Gestão visual – FMDS

A implementação da gestão visual possibilita diversos benefícios para uma organização, pois é possível melhorar significativamente a comunicação entre os diferentes departamentos, funcionários e líderes, facilita as ações em momentos adversos e acelera as tomadas de decisões dos gerentes (LIKER, 2005, JUSTA e BARREIROS, 2009).

Em uma organização, a disseminação de metas e objetivos de uma determinada área é de suma importância, bem como a identificação e tratamento dos desperdícios nos processos desenvolvidos. Para isso, o gerenciamento visual tem um papel importante, pois melhora o entendimento dos procedimentos operacionais que são utilizados e norteia as prioridades a serem consideradas na execução dos trabalhos.

Neste trabalho, foi elaborado um quadro em mural para a disponibilização dos indicadores a serem acompanhados. Um exemplo de um quadro de FMDS pode ser visto na Figura 3.1. Cada área possui o local para colocar os indicadores e ainda pode representar em cores diferentes, de forma que facilite a visualização por parte dos funcionários ou pessoas interessadas nas informações.



Figura 3.1 - Modelo de um quadro de gestão visual.
 Fonte: (AGOSTINO *et al.*, 2016).

O gerenciamento pode facilitar a vida de todas as pessoas que frequentam o ambiente que utiliza este conceito, pois as informações importantes e críticas para os processos são adicionadas em locais necessários na empresa. A gestão visual reduz bastante a necessidade de conhecimento prévio para o deslocamento de pessoas, equipamentos e materiais, execução de atividades, cuidados específicos, e em emergências, visto que, todas atividades são expostas em quadros de fácil visualização por parte dos funcionários.

3.2.3 - Gestão visual com diário de bordo – *Andon*

Além dos painéis criados com o acompanhamento dos indicadores APR (Aderência as Programações), AMS (Aderência as Manutenções Sistemáticas) e Backlog, foram criados diários de bordo aplicando o *Andon*, para acompanhamento diário das atividades do planejador, aprovisionador, programador e controlador.

O *Andon* é uma ferramenta de gerenciamento visual utilizada em sistemas de produção para sinalizar o status das operações. A ideia é proporcionar autonomia aos operários em mandar um alerta de ajuda para seus supervisores e parar o fluxo de produção quando há um problema em seus postos de trabalho (LIKER, 2005).

Foi criado o diário de bordo para cada funcionário em que é possível o mesmo acompanhar todas as atividades a serem desenvolvidas em cada dia da semana, bem como podendo definir o horário de cada atividade a ser executada.

Para cada setor do PCM foi desenvolvido um *Andon*, de forma que os colaboradores possuíssem meios de fazer um acompanhamento visual das suas atividades perante ao seu supervisor. Na Figura 3.2 é mostrado o *Andon* que foram utilizados na área de inspeção, bem como para os colaboradores do planejamento, aprovisionamento e programação.

Diário de bordo

| Legenda | | |
|--------------|----------|-----------|
| | | |
| Em andamento | Atrasada | Concluída |

| | SEG | TER | QUA | QUI | SEX |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 07:30 - 08:00 | | | | | |
| 08:00 - 09:30 | | | | | |
| 09:30 - 10:00 | | | | | |
| 10:00 - 10:30 | | | | | |
| 10:30 - 11:00 | | | | | |
| 11:00 - 11:30 | | | | | |
| 11:30 - 12:00 | | | | | |
| 12:00 - 12:30 | | | | | |
| 12:30 - 13:00 | | | | | |
| 13:00 - 13:30 | | | | | |
| 13:30 - 14:00 | | | | | |
| 14:00 - 14:30 | | | | | |
| 14:30 - 15:00 | | | | | |
| 15:00 - 15:30 | | | | | |

Figura 3.2 - Diário de bordo da área de inspeção.

Como mencionado anteriormente o *Andon* é meio de comunicação visual ou ainda por meio de sinal sonoro entre os colaboradores e seus supervisores, no entanto o modelo utilizado neste trabalho foi o visual. O uso da ferramenta *Andon* pode gerar dificuldade por parte dos funcionários que passam a ter que atualizar os *status* de cada atividade descrita no seu quadro, no entanto, é papel da liderança identificar e auxiliá-lo.

3.2.4 - Implantação da cultura de solução de problemas

Iniciada a implantação da ferramenta *Kaizen*, para solução de problemas com baixo custo, onde a causa é conhecida e rápida implantação da solução. Para implantação foi criado os marcos apresentados na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Marcos para implantação da ferramenta *kaizen*.

| Marco | Etapa |
|--------------------------|---|
| Identificação da demanda | Identificação da demanda. |
| Planejamento | Criação do fluxo do <i>Kaizen</i> . |
| Planejamento | Criação do sistema para cadastro do <i>Kaizen</i> . |
| Check | Operação assistida do sistema criado. |
| Capacitação | Capacitação - Pensamento Enxuto. |
| Capacitação | Treinamento da equipe para cadastrar o <i>Kaizen</i> . |
| Entrega | Acompanhamento e tratamento dos desvios/solução de problemas. |
| Entrega | Apuração dos resultados obtidos. |
| Contínuo | Acompanhamento da cultura de solução de problemas. |

O *kaizen* é uma ferramenta utilizada neste estudo e é extremamente importante para a melhora contínua em um processo de eliminação de desperdícios, pois a grande parte dos pontos identificados como problemáticos e a aplicação do *kaizen* mostrou-se ser significativa. A aplicação desta ferramenta gerou impacto direto no ganho de capacidade produtiva no processo analisado (VO *et al.*, 2019, SUNDAR *et al.*, 2014).

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta os resultados e análises de um estudo referente à aplicação das ferramentas *Lean Manufacturing* no Planejamento e Controle da Manutenção de organização do setor de mineração. Os resultados aqui apresentados foram elaborados baseados em diagnósticos e avaliações de dados feitos a partir de acompanhamento por parte da equipe de gestão, observações de campo em visitas *in locu* para averiguação das condições de antes e depois da aplicação das ferramentas e criação de instrumentos para melhorar os processos do PCM e análises dos indicadores a partir de gráficos e tabelas.

Os resultados são apresentados, analisados e discutidos em etapas distintas como descrito na metodologia, em que são apresentadas as soluções para a questão da gestão da manutenção, com o acompanhamento dos indicadores, criação do diário de bordo para os funcionários, exposição dos indicadores com os dados das metas estabelecidas e executadas, bem como a possibilidade de elaborar proposições para que se atinja as metas dos indicadores.

4.1 - ANÁLISES DO DIAGNÓSTICO DOS PROCESSOS DO PCM

Um diagnóstico interno da situação inicial do Planejamento e Controle da Manutenção foi realizado, onde foi identificado baixa aderência de alguns indicadores, funções e responsabilidades não definidos, documentos orientativos insuficientes para as funções desempenhadas no PCM e ausência de fluxos dos processos. Veja o resultado do diagnóstico realizado na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Questionário do diagnóstico respondido.

| DIAGNÓSTICO INTERNO DO PCM | | | | | |
|-----------------------------------|---|--|---------|---------|-----|
| # | Processo | Requisitos avaliados | Atende? | | |
| | | | Sim | Parcial | Não |
| 1 | Planejamento de Médio Prazo | Existe documentação orientativa para o processo? | | x | |
| 2 | Planejamento de Médio Prazo | Os papéis e responsabilidades foram definidos? | | x | |
| 3 | Planejamento de Médio Prazo | Mapa anual de paradas elaborado e contemplando as manutenções rotineiras, condicionais e grandes intervenções? | | x | |
| 4 | Planejamento de Médio Prazo | Os papéis e responsabilidades foram definidos? | | x | |
| 5 | Planejamento de Médio Prazo | Os recursos humanos e materiais foram dimensionados no planejamento? | x | | |
| 6 | Planejamento de Médio Prazo | Existe contingência para antecipação e postergação de atividades? | | x | |
| 7 | Planejamento de Médio Prazo | O indicador de backlog está dentro da faixa ideal? | | | x |
| 8 | Planejamento de Curto Prazo, Aprovisionamento e Programação | Existe documentação orientativa para o processo? | | x | |
| 9 | Planejamento de Curto Prazo, Aprovisionamento e Programação | Os papéis e responsabilidades foram definidos? | | x | |
| 10 | Planejamento de Curto Prazo, Aprovisionamento e Programação | Existe sistema informatizado para planejar, aprovisionar e programar os serviços? | x | | |
| 11 | Planejamento de Curto Prazo, Aprovisionamento e Programação | As intervenções são programadas com antecedência mínima de uma semana? | x | | |
| 12 | Planejamento de Curto Prazo, Aprovisionamento e Programação | Os materiais e recursos são planejados com antecedência? | x | | |
| 13 | Planejamento de Curto Prazo, Aprovisionamento e Programação | O indicador aderência a manutenção sistemática está dentro da faixa ideal? | | | x |

| | | | |
|----|---|--|---|
| 14 | Planejamento de Curto Prazo, Aprovisionamento e Programação | O indicador aderência a programação está dentro da faixa ideal? | x |
| 15 | Planejamento de Curto Prazo, Aprovisionamento e Programação | Os materiais para aplicação foram requisitados? | x |
| 16 | Planejamento de Curto Prazo, Aprovisionamento e Programação | Os materiais estão disponíveis em tempo hábil para aplicação? | x |
| 17 | Planejamento de Curto Prazo, Aprovisionamento e Programação | A carteira dos serviços a serem executados é analisada? | x |
| 18 | Planejamento de Curto Prazo, Aprovisionamento e Programação | Os desvios identificados na carteira são tratados? | x |
| 19 | Gerenciamento da Rotina | Existe acompanhamento diário dos serviços a serem executados? | x |
| 20 | Gerenciamento da Rotina | Existe gerenciamento visual da rotina de manutenção desde a inspeção até o executante? | x |
| 21 | Gerenciamento da Rotina | Os desvios identificados na cadeia de manutenção são acompanhados visualmente? | x |
| 22 | Gerenciamento da Rotina | As ações geradas para tratamento dos desvios identificados na cadeia de manutenção são acompanhadas visualmente? | x |
| 23 | Gerenciamento da Rotina | Existe uma cultura de exposição e solução de problemas? | x |

Dos 23 requisitos avaliados apenas 6 atenderam, 11 atenderam parcialmente e 6 não atenderam as condições analisadas. Com isso, foi traçado um plano de ação para tratativas dos *gaps* identificados e mapeados, todo esse procedimento foi realizado com a participação dos gestores e equipes.

Após realização do diagnóstico, deu-se início a construção de um plano de ação para sanar todos os requisitos que foram atendidos parcialmente e que não foram atendidos.

Com o plano de ação formatado, foi identificado que os indicadores, Aderência as Programações (APR), Aderência as Manutenções Sistemáticas (AMS) e Backlog de Serviços necessitavam de atenção. Com isso, foram elaborados gráficos compostos pelas metas que deveriam ser alcançadas e com os dados executados.

O acompanhamento dos indicadores no ano de 2018 era incipiente e pouco efetivo, não garantindo o alcance das metas estabelecidas para o processo. Os documentos de referência para as funções de planejador, provisionador, programador e controlador, não contemplava todos os passos e fluxos necessários para execução das tarefas, sendo necessário revisar os existentes e criar 4 documentos mais robustos: Planejamento de Médio Prazo, Planejamento de Curto Prazo, Provisionamento, Programação e Controle.

4.2 - GESTÃO VISUAL – APLICAÇÃO DO FMDS E *ANDON*

4.2.1 - Aplicação do FMDS

Após entendimento da situação atual, através da aplicação do diagnóstico, identificamos a necessidade de gerenciarmos o planejamento e controle da manutenção de maneira mais efetiva. Foram aplicados o Gerenciamento do Chão de Fábrica (FMDS), que é uma gestão visual que permite o gestor e seus liderados acompanhar o resultado dos seus indicadores e entregas prevista na periodicidade diária, semanal, quinzenal e mensal, como mostrado na Figura 4.1.



Figura 4.1 - Imagem do Quadro de FMDS implementado no PCM.

Os indicadores que foram tratados a partir da gestão visual por meio do FMDS, para este trabalho de dissertação foram aderência as programações (APR), aderência as manutenções sistemáticas (AMS) e Backlog. Para compreender melhor a importância da ferramenta como uma forma de gestão, foram apresentados os resultados para os indicadores durante um ano sem (2018) e outro com a gestão visual (2019).

A aderência as programações é extremamente importante para o bom funcionamento do PCM, pois isso mostra que a planta está em operação e executa o planejado, os resultados do indicador de aderência as programações são apresentados no gráfico da Figura 4.2 e Figura 4.3.

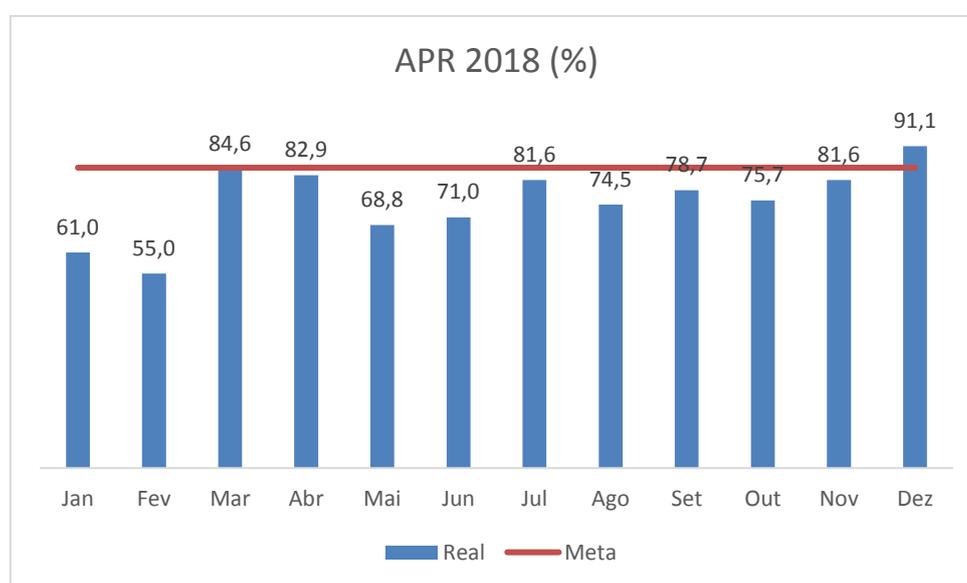


Figura 4.2 - Gráfico de aderência a programação para o ano de 2018.

O comportamento oscilatório do gráfico (Figura 4.2), pode-se avaliar no anterior a implantação do acompanhamento mensal desse indicador, os valores estavam muito abaixo da meta (linha em vermelho). No entanto, a partir do momento que foi executado o plano de ação o indicador foi melhorando com valores observados acima da linha de metas como pode ser visto na Figura 4.3, sendo que no mês de dezembro, para ambos os anos, os valores fecharam acima da meta, impactando de forma positiva nos resultados da organização e isso é muito importante, pois conduz a empresa a alcançar patamares cada vez maior.

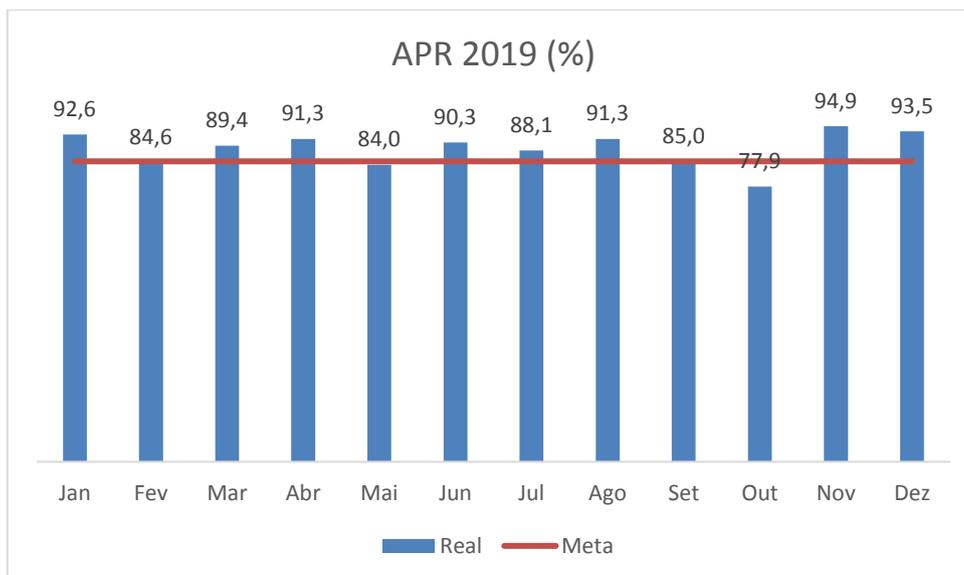


Figura 4.3 - Gráfico de aderência a programação para o ano de 2019.

Outro indicador avaliado foi a aderência as manutenções preventivas, pois esses são dados de suma importância para o PCM, haja visto que, esse tipo de manutenção é imprescindível, pois garante o funcionamento dos equipamentos, a confiabilidade e segurança, esse indicador é mostrado nos gráficos aderência as manutenções sistemáticas apresentadas nas Figura 4.4 e Figura 4.5, para os anos de 2018 e 2019, respectivamente.

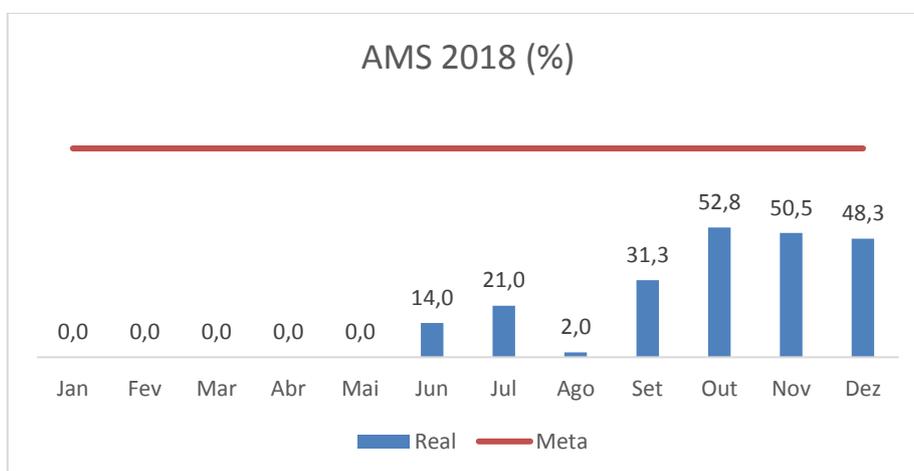


Figura 4.4 - Gráfico aderência as manutenções sistemáticas do ano 2018.

No gráfico da Figura 4.4 é possível verificar que a maior parte do ano de 2018, os dados avaliados não houve aderência e no ano de 2019 (Figura 4.5) o indicador apresentou alta considerável, sempre próximo da meta para a maior parte dos meses, com menor indicador para o mês de novembro, seguido de outubro. Nos meses de outubro e

novembro o indicador AMS performou abaixo devido a necessidade de priorização da execução de algumas demandas emergenciais não relacionadas aos planos de manutenção previstos para os meses.

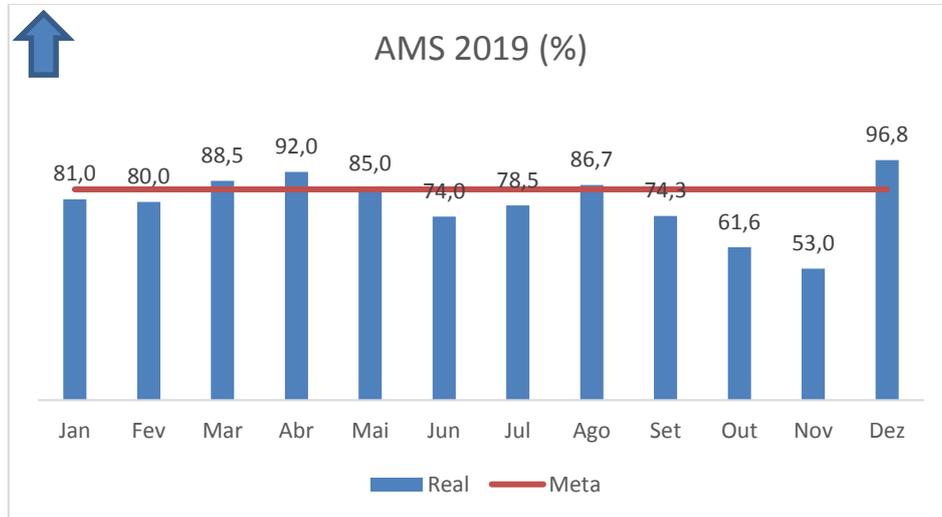


Figura 4. 5 – Gráfico aderência as manutenções sistemáticas do ano 2019.

Para o indicador de backlog dos serviços, apresentado na Figura 4. 6 e Figura 4. 7 para os anos de 2018 e 2019, respectivamente. Como pode ser visto, esse indicador sempre apresentou resultados muito bons ao longo dos anos avaliados, sempre com valores acima da meta estipulada.

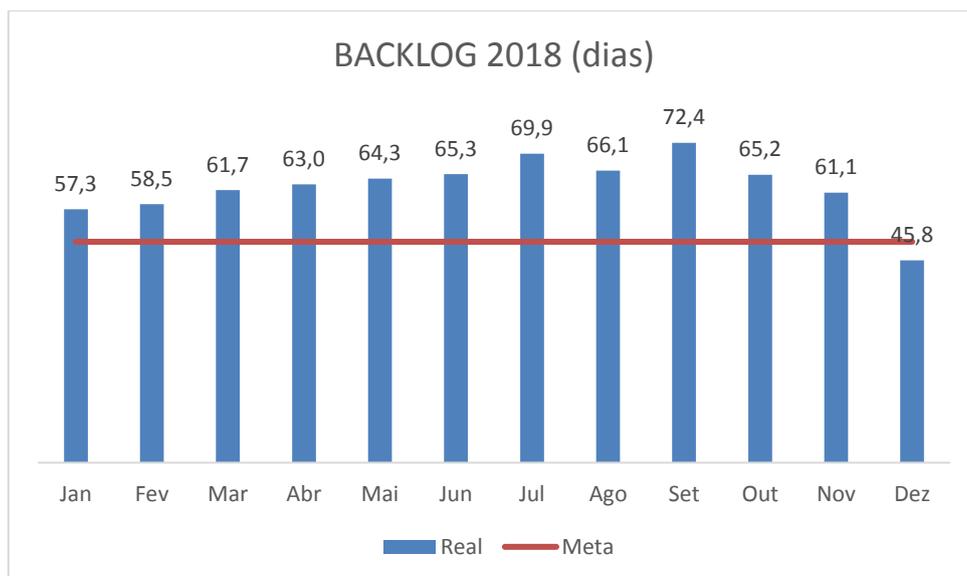


Figura 4. 6 – Gráfico do backlog de serviços 2018.

Entretanto, no ano de 2019 alguns meses avaliados, o indicador ficou abaixo da meta, isso aconteceu devido ao aumento da demanda de serviços e isso acarretou em uma maior quantidade de tarefas a serem executadas e impactando no indicador de forma negativa para o ano de 2019, como pode ser visto na Figura 4.7.

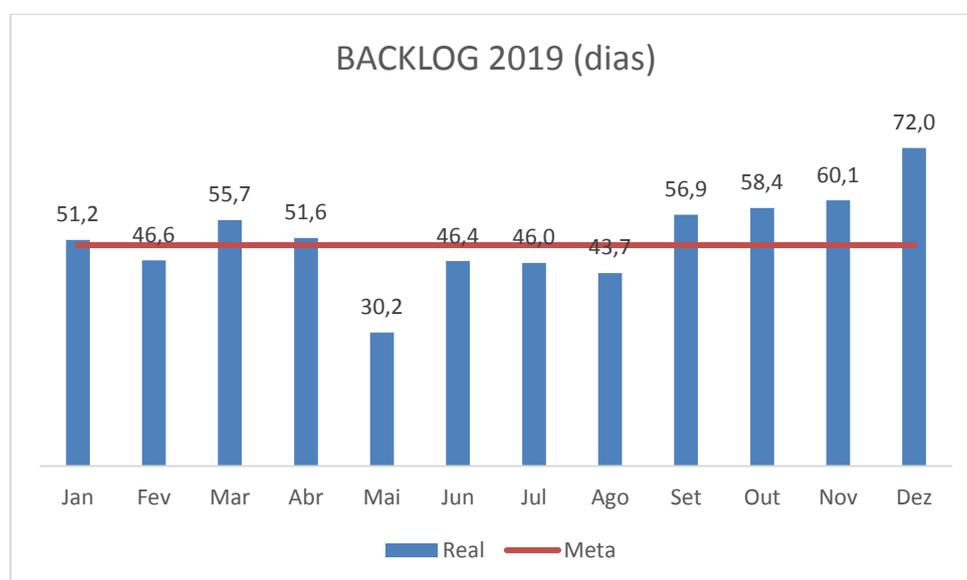


Figura 4. 7 – Gráfico backlog de serviços 2019.

Além dos painéis criados com o acompanhamento dos indicadores APR, AMS e Backlog, foram criados diários de bordo aplicando o *Andon*, para acompanhamento diário das atividades do planejador, provisionador, programador e controlador.

Os três indicadores (APR, MAS e Backlog) em análise são importantíssimos para avaliar o quanto a área está conseguindo realizar uma boa gestão da manutenção, sendo complementares entre si. Dentre os três, o backlog se torna um dos mais importantes indicadores, visto que, este dar uma previsibilidade das necessidades a longo prazo relacionadas a recursos humanos e materiais e isso evita uma interrupção inesperada no seu fornecimento.

4.2.2 – Aplicação do *Andon*

Primeiramente foi criado um diário de bordo com a distribuição das tarefas no período de manhã e tarde e em seguida aplicado o conceito do *Andon*. Por exemplo, o programador tem uma tarefa a ser entregue na terça-feira às 10h e não conseguiu executá-la, então, ele coloca uma sinalização vermelha. Isso é um desvio e o gestor poderá verificar em até 3 segundos e ajudá-lo a tratar o desvio. Caso esteja em andamento,

coloca-se a sinalização amarela e se concluída a sinalização verde. Foram criados os diários de bordos para todas as subáreas que compõe o PCM.

Nas Figuras 4.8 e 4.9 são apresentados os diários de bordos dos inspetores e dos planejadores, respectivamente. Como pode ser visto, todas as atividades são descritas de acordo com os horários preestabelecidos, sendo marcadas de acordo com o *status*/legenda da condição em que a tarefa se encontra.

| Exemplo preenchido Diário de bordo – Inspeção | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | SEG | TER | QUA | QUI | SEX |
| 07:30 - 08:00 | Início de jornada e reunião diária (FMDS) | Início de jornada e reunião diária (FMDS) | Início de jornada e reunião diária (FMDS) | Início de jornada e reunião diária (FMDS) | Início de jornada e reunião diária (FMDS) |
| 08:00 - 09:30 | Verificar carteira de serviços | Verificar carteira de serviços | Verificar carteira de serviços | Verificar carteira de serviços | Verificar carteira de serviços |
| 09:30 - 10:00 | Realizar Inspeção | Realizar Inspeção | Realizar Inspeção | Realizar Inspeção | Realizar Inspeção |
| 10:00 - 10:30 | | | | | |
| 10:30 - 11:00 | | | | | |
| 11:00 - 11:30 | | | | | |
| 11:30 - 12:00 | Almoço | Almoço | Almoço | Almoço | Almoço |
| 12:00 - 12:30 | | | | | |
| 12:30 - 13:00 | Gerar notas/OM's ou associar nota existente | Gerar notas/OM's ou associar nota existente | Tratamento Carteira | Gerar notas/OM's ou associar nota existente | Gerar notas/OM's ou associar nota existente |
| 13:00 - 13:30 | | | | | |
| 13:30 - 14:00 | Solicitar compras | Solicitar compras | Reunião de Programação | Tratamento Carteira | Tratamento Carteira |
| 14:00 - 14:30 | | | | | |
| 14:30 - 15:00 | Relatório inspeção | Relatório inspeção | | Recebimento O.M. da Próxima semana | |
| 15:00 - 15:30 | | | | | |

| Legenda | | |
|---|--------------|--|
|  | Em andamento | |
|  | Atrasada | |
|  | Concluída | |

OM: Ordem de manutenção.

FMDS: do inglês Floor Management Development System.

Figura 4. 8 – Diário de bordo dos inspetores.

| Diário de bordo – Planejamento | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|
| <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> ■ Em andamento ■ Atrasada ■ Concluída </div> | | | | | |
| | SEG | TER | QUA | QUI | SEX |
| 07:30 - 08:00 | Início de jornada e reunião diária (FMDS) | Início de jornada e reunião diária (FMDS) | Início de jornada e reunião diária (FMDS) | Início de jornada e reunião diária (FMDS) | Início de jornada e reunião diária (FMDS) |
| 08:00 - 09:30 | Geração de Relatório de Carteira | Consultar notas/ordens | Consultar notas/ordens | Consultar notas/ordens | Consultar notas/ordens |
| 09:30 - 10:00 | Realizar Inspeção | Geração de Relatório de Carteira |
| 10:00 - 10:30 | | Tratamento da Carteira | Tratamento da Carteira | Tratamento da Carteira | Tratamento da Carteira |
| 10:30 - 11:00 | | | Tratamento da Carteira | Tratamento da Carteira | Tratamento da Carteira |
| 11:00 - 11:30 | Almoço | Almoço | Almoço | Almoço | Almoço |
| 11:30 - 12:00 | | | | | |
| 12:00 - 12:30 | Atualização de relatórios | Planejar recursos humanos, componentes, equipamentos, ferramentas e serviços | Planejar recursos humanos, componentes, equipamentos, ferramentas e serviços | Planejar recursos humanos, componentes, equipamentos, ferramentas e serviços | Planejar recursos humanos, componentes, equipamentos, ferramentas e serviços |
| 12:30 - 13:00 | | | | | |
| 13:00 - 13:30 | | | | | |
| 13:30 - 14:00 | | | | | |
| 14:00 - 14:30 | | | | | |
| 14:30 - 15:00 | Reunião de Programação | Reunião de Carteira. | | | |
| 15:00 - 15:30 | | | | | |

FMDS: do inglês Floor Management Development System.

Figura 4. 9 – Diário de bordo dos planejadores.

Também foram desenvolvidos os diários de bordos para os aprovacionadores e programadores do PCM, como pode ser visto nas Figuras 4.10 e 4.11, respectivamente.

| Diário de bordo – Aprovisionamento | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|
| <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> ■ Em andamento ■ Atrasada ■ Concluída </div> | | | | | |
| | SEG | TER | QUA | QUI | SEX |
| 07:30 - 08:00 | Início de jornada e reunião diária (FMDS) |
| 08:00 - 09:30 | Consultar as demandas com necessidade de material |
| 09:30 - 10:00 | Emitir requisições |
| 10:00 - 10:30 | | | | | |
| 10:30 - 11:00 | | | | | |
| 11:00 - 11:30 | Almoço | Almoço | Almoço | Almoço | Almoço |
| 11:30 - 12:00 | | | | | |
| 12:00 - 12:30 | Diligenciar os pedidos de compra | Diligenciar os pedidos de compra | Tratamento desvios | Diligenciar os pedidos de compra | Diligenciar os pedidos de compra |
| 12:30 - 13:00 | | | Reunião de Programação | | |
| 13:00 - 13:30 | | | | | |
| 13:30 - 14:00 | | | | | |
| 14:00 - 14:30 | | | Tratamento desvios | | |
| 14:30 - 15:00 | | | | | |
| 15:00 - 15:30 | | | | | |

FMDS: do inglês Floor Management Development System.

Figura 4. 10 – Diário de bordo dos aprovacionadores.

| Diário de bordo – Programação | | | | | |
|-------------------------------|---|--|---|---|---|
| | SEG | TER | QUA | QUI | SEX |
| 07:30 - 08:00 | Início de jornada e reunião diária (FMDS) | Início de jornada e reunião diária (FMDS) | Início de jornada e reunião diária (FMDS) | Início de jornada e reunião diária (FMDS) | Início de jornada e reunião diária (FMDS) |
| 08:00 - 09:30 | Atualização de relatório e acompanhamento da projeção | Atualização de relatório e acompanhamento da projeção | Atualização de relatório e acompanhamento da projeção | Atualização de relatório e acompanhamento da projeção | Atualização de relatório e acompanhamento da projeção |
| 09:30 - 10:00 | | | | | |
| 10:00 - 10:30 | | | | | |
| 10:30 - 11:00 | Almoço | Almoço | Almoço | Almoço | Almoço |
| 11:00 - 11:30 | | | | | |
| 11:30 - 12:00 | Tratamento da carteira | Consolidação das informações para reunião de programação | Reunião de Programação | Tratamento da carteira | Providenciar a impressão das ordens de serviço |
| 12:00 - 12:30 | | | | | |
| 12:30 - 13:00 | | | | | |
| 13:00 - 13:30 | Consultar retorno da programação | Consultar retorno da programação | Reunião de Programação | Conferir as demandas para programação | Tratamento da carteira |
| 13:30 - 14:00 | | | | | |
| 14:00 - 14:30 | | | | | |
| 14:30 - 15:00 | Verificação do cumprimento da programação no físico | Verificação do cumprimento da programação no físico | Reunião de Programação | Verificação do cumprimento da programação no físico | Tratamento da carteira |
| 15:00 - 15:30 | | | | | |

FMDS: do inglês Floor Management Development System.

Figura 4. 11 – Diário de bordo dos programadores.

Com a aplicação dos diários de bordo para cada área, descrevendo todas as atividades diárias e determinando os horários as quais deveriam ser executadas. Com a gestão visual da rotina de cada colaborador ficou mais simples de ser feita, visto que, a etapa executada, em andamento ou atrasada é sinalizada no quadro do funcionário.

Essa gestão visual, além de organizar a rotina do funcionário tem como objetivo entregar resultados mais eficientes, dando uma maior fluidez nos processos de gestão da organização e isso foi percebido por todos os gestores e equipes que utilizaram o diário de bordo.

4.3 – IMPLANTAÇÃO DA CULTURA DE SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Para a filosofia *Lean*, o pensamento de melhoria contínua deve ser uma cultura dentro da organização, ou seja, deve fazer parte do cotidiano dos funcionários. A ferramenta utilizada como meio para alcançar esse objetivo é o *kaizen*, pois é um instrumento que oportuniza melhorias identificadas por algum funcionário.

Como o *kaizen* está presente nas atividades do dia-a-dia da empresa e envolve todos os membros, pois os funcionários são os responsáveis por desenvolver os

procedimentos para resolver os problemas de forma a contribuir positivamente nos resultados foi desenvolvido um fluxograma (Figura 4.12) para auxiliar os funcionários a decidirem qual ferramenta de melhoria contínua utilizar para a solução de problemas dentro do PCM.

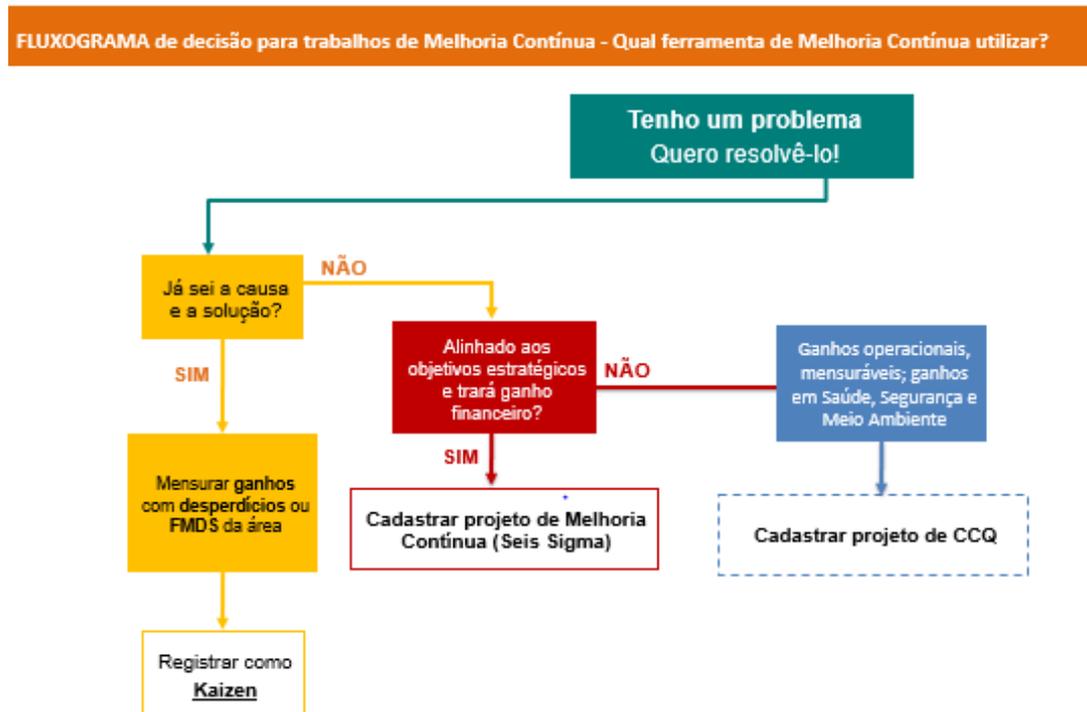


Figura 4.12 - Fluxograma para decidir qual a ferramenta utilizar.

O fluxograma foi desenvolvido em que o funcionário vê que tem um problema e se pergunta se já sabe a causa e a solução, caso sim, ele mensura os desperdícios e os ganhos e registra como um *Kaizen*. Caso não, o trabalho pode ser registrado ainda como um projeto de melhoria contínua (Seis Sigma) ou ainda com CCQ (Círculo de controle de qualidade).

A melhoria contínua deve ser inserida nas organizações como sendo uma metodologia de identificação de problemas crônicos que de alguma forma afeta os resultados e consequentemente a saúde financeira dessas empresas.

Com a implementação de uma cultura de solução de problemas dentro de uma empresa é possível aumentar os ganhos de tempo, econômico, pessoal, entre outros, pois as ferramentas para solução de problemas possibilitam a detecção das causas fundamentais e o desenvolvimento de plano de ação para resolvê-lo.

A implementação da cultura de solução de problemas deve seguir quatro etapas essenciais que são: planejar, desenvolver, controlar e agir. Com isso, o processo de implantação de melhoria contínua deve envolver todos da corporação, desde o chão de fábrica até a alta administração, de forma que fique incorporado como uma cultura da empresa (SUNDAR *et al.*, 2014).

Para o sucesso da utilização do *kaizen* é necessário que os funcionários contribuam com suas ideias de melhoria e que a empresa dê condições para o desenvolvimento e implantação dessas ideias em seus processos internos. Sendo, que um sistema de sugestões é uma das partes mais importantes dessa ferramenta (VO *et al.*, 2019).

Neste contexto, foi desenvolvido um portal para registros de *kaizen*, pois é a partir dele que é possível iniciar novas rotinas e processos de melhoria contínua na organização. Na Figura 4.13 é mostrada a tela inicial do portal, em que são apresentadas informações do ranking de *kaizen* por área, lista para cadastrar os trabalhos desenvolvidos e status dos mesmos, bem como a opção de cadastrar um novo.

Kaizen -Tela inicial



Figura 4.13 - Tela inicial da ferramenta de registro de *kaizen*.

Quando o colaborador vai registrar um novo *kaizen*, uma segunda tela se abre para que possa inserir as informações básicas inerentes ao processo de desenvolvimento do trabalho de melhoria como, dados gerais, contribuições em relação a gestão do chão de fábrica e aos desperdícios, e a opção de fazer o *upload* de imagens de antes e depois da implantação do *kaizen*, como pode ser visto na Figura 4.14.

Kaizen -Tela cadastro

Kaizen



Dados Gerais

Data: Área: Área Aplicada:

Título Kaizen:

Objetivo do Kaizen:

Contribuição

FMDS: Pessoas Segurança Qualidade Produtividade Custos

Desperdício: Espera Superprodução Transporte Inventário Movimento Defeito Excessivo Processamento Excessivo

Antes do Kaizen

 Clique aqui para inserir uma imagem

Depois do Kaizen

 Clique aqui para inserir uma imagem

Figura 4.14 - Tela de cadastro de *kaizens*.

Após o preenchimento da etapa anterior, se abre uma outra janela para o preenchimento com mais informações sobre o *kaizen* realizado. A Figura 4.15 mostra os campos para colocar informações da equipe realizadora, resultados alcançados, se gerou ganhos em segurança, econômico, entre outros.

Kaizen -Tela cadastro

Inserir novo Kaizen
Ação Realizada:

Realizadores

Inserir novo participante

Foto do Realizador ou da Equipe

 Clique aqui para inserir uma imagem

Resultado Alcançado

| | Antes | Depois | Ganho |
|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Risco de Segurança | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| Quantidade Estoque | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| Distância (passos) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| Espaço (m ²) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| Financeiro(R\$/ano) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| Outros | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

Avaliadores

Observações Exclusivas da Equipe de Qualidade

Digite aqui a mensagem para o usuário



Salvar



Fechar Formulário

Figura 4.15 - Tela de cadastro de *kaizens* (Continuação).

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

Neste trabalho foi aplicado um diagnóstico da condição inicial do PCM como uma forma de analisar como estavam sendo geridos, sendo verificado que alguns processos não atendiam aos requisitos e outros atendiam de forma parcial. Com isso, foi implementado as ferramentas FMDS e *Andon* para realizar a gestão visual dos indicadores.

Com o acompanhamento diário, semanal, quinzenal e mensal desses indicadores por meio de um quadro de gestão visual, os resultados alcançados foram satisfatórios do ponto de vista que todos os indicadores que foram estudados apresentaram evolução de melhora de um ano para o outro.

Em relação a gestão da rotina dos funcionários foram desenvolvidos diário de bordos a partir da ferramenta *Andon*, em que foi possível identificar uma melhora significativa na entrega das demandas do pessoal do PCM, que pode ser comprovada a partir da análise do indicador de *backlog* de serviços.

Além disso, foi possível desenvolver a cultura de solução de problemas dentro da organização por meio da ferramenta *kaizen*. Esse processo apresentou ótimos resultados, pois foram desenvolvidos meios para que os funcionários pudessem se engajar na utilização da ferramenta como, a criação de um fluxograma para orientá-los como proceder diante de um problema, realização de treinamentos, desenvolvimento de um portal para o registro dos *kaizen* realizados na área do PCM. O que contribuiu para o reconhecimento das ideias e uma maior facilidade para os funcionários, e para os gestores tenham o retorno dos incentivos realizados dentro da organização ao longo do tempo.

Assim, foi constatado neste estudo, conforme apresentado nos resultados que as ferramentas da filosofia *Lean* são de utilidade para os colaboradores e ficou claro sua importância para qualquer organização que busca a excelência no setor de produção.

A seguir são apresentadas algumas ideias de trabalhos futuros, baseadas nas lacunas observadas no desenvolvimento deste trabalho.

- Aplicar o FMDS na área da operação, com o objetivo de avaliar os indicadores da área como, Tempo Médio de Descarga e Taxa Comercial de Embarque;

- Realizar análises do impacto na produtividade e no financeiro da organização com a implementação da cultura de solução de problemas utilizando o a ferramenta *kaizen* no PCM;
- Aprofundar estudos sobre a aplicação de outras ferramentas *Lean Manufacturing* como, Fluxo de Materiais e Informações (FMI), *Kanban* e 5S, no Planejamento e controle da Manutenção de uma empresa do setor de mineração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINO, I. R. S., SOUSA, S. R. O., FROTA, P. C. *et al.*, 2016, "A implantação de um sistema de gestão visual em uma gerência estudo de caso na empresa vale s/a. in: *XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, v.sn , pp sn. , João Pessoa, Brasil, Outubro.

ALBUQUERQUE, T. P., 2008, *Manufatura Enxuta: Dificuldades identificadas para implantação em indústrias de manufatura*. Dissertação de M.Sc., NPGA/UFBA, Salvador, BA, Brasil.

ARLBJORN, J. S., FREYTAG, P. V. 2013, "Evidence of lean: A review of international peer-reviewed journal articles", *European Business Review*, v. 25, n. 2, pp. 174–205.

BARROS, A., MIRANDA, S. M., SILVA, J. F. *et al.*, 2019, "Lean manufacturing: redução de desperdícios e a padronização do processo", *Journal of Chemical Information and Modeling*, v. 53, n. 9, pp. 1689–1699.

CASTILLO, G., ALARCÓN, L. F., GONZÁLEZ, V. A., 2015, "Implementing lean production in copper mining development projects: Case study", *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 141, n. 1, pp. 1–11.

COUTINHO, H. L., 2017, *Melhoria Contínua Aplicada para Carregamento e Transporte na Operação de Mina a Céu Aberto*. Dissertação de M.Sc., PPGEM/UFOP, Belo Horizonte, MG, Brasil.

DOMBROWSKI, U., MIELKE, T., ENGEL, C., 2012, "Knowledge management in lean production systems", *Procedia CIRP*, v. 3, n. s/n, pp. 436 - 441.

ESPÍNDOLA, A. P., NABUCO, G. T., OLIVEIRA, I. M., 2017, "Identificação e indicação de ferramentas da Lean Thinking em serviços : um estudo de caso em um salão de beleza". In: *VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção*, v. s/n, pp. s/n, Paraná, Brasil, Dezembro.

FLYNN, J. R., VLOK, P. J. 2015, "Lean Approaches in Asset Management Within the Mining Industry", In: *9th WCEAM Research Papers*, v. 1, Lecture Notes in Mechanical Engineering, Springer International Publishing, pp. 101 - 118.

HATTINGH, T. S., KEYS, O. T., 2010, "How applicable is industrial engineering in mining?". In: *The 4th International Platinum Conference: Platinum in transition 'Boom*

or *Bust*', v. s/n, pp. 206–210, Rustenburg, South Africa, October.
HELMAN, J., 2012, "Analysis of the potentials of adapting elements of Lean Methodology to the unstable conditions in the mining industry". *AGH Journal of Mining and Geoengineering*, v. 36, n. 3, pp. 151–157.

HINES, P., TAYLOR, D., 2000, *Guia para implantação da Manufatura Enxuta – Lean Manufacturing*. São Paulo, IMAM.

HINES, P., HOLWE, M., RICH, N., 2004, "Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking". *International Journal of Operations and Production Management*, v. 24, n. 10, pp. 994–1011.

JUSTA, M. A. O., BARREIROS, N. R., 2009, "Técnicas de gestão do sistema toyota de produção", *Revista Gestão Industrial*, v. 5, n. 1, pp. 1–17.

KARDEC, A. P., NASCIF, J. A. X., 2001, *Manutenção: Função Estratégica*. Rio de Janeiro, Qualitymark Editora Ltda.

KLIPPEL, A. F. 2007, *Implementação da gestão enxuta em empresas de mineração a partir de um modelo de gestão integrada: uma perspectiva de sinergia entre a engenharia de minas e a engenharia de produção*. Tese de D.Sc., PPGEM/UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

LIKER, J. K., 2005, *O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Porto Alegre, Bookman.

LOOW, J. *Lean production in mining: an overview*. Edição da Luleå University of Technology, 2015. Disponível em: <<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:996836/FULLTEXT01.pdf>> Acesso em: 04 jun. 2020.

MANDELLI, F. L., 2016, *Práticas lean manufacturing e métricas de desempenho em empresas do setor automotivo da serra gaúcha*. Dissertação de M.Sc., PPGA/UCS, Caxias do Sul, RS, Brasil.

NEGRÃO, L. L. L., GODINHO FILHO, M., GANGA, G. M. D., *et al.*, 2019, "Lean manufacturing implementation in regions with scarce resources: A survey in the Amazon Region of Brazil". *Management Decision*, v. 58, n. 2, pp. 313 - 343.

OHNO, T., 1997, *O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre, Bookman.

PANWAR, A., NEPAL, B. P., JAIN, R., *et al.*, 2015, "On the adoption of lean manufacturing principles in process industries". *Production Planning and Control*, v. 26, n. 7, pp. 564–587.

PSOMAS, E., ANTONY, J., 2010, "Research gaps in Lean manufacturing: a systematic literature review". *International Journal of Quality and Reliability Management*, v. 36, n. 5, pp. 815–839.

REIS, Z. C., 2014, *Antecedentes na implementação da filosofia lean no processo de desenvolvimento de produtos (PDP)*. Tese de D.Sc., PPGA/PUCRS, Porto Alegre, RS, Brasil.

RODRIGUES, M. V., 2014, *Entendendo, aprendendo e desenvolvendo sistemas de produção Lean Manufacturing*. Rio de Janeiro, Elsevier, 2014.

SEIFULLINA, A., ER, A., NADEEM, S. P., *et al.*, 2018, "A Lean Implementation Framework for the Mining Industry". *IFAC-Papers On Line*, v. 51, n. s/n, pp. 1149 - 1154.

SHAH, D., PATEL, P., 2018, "Productivity Improvement by Implementing Lean Manufacturing Tools In Manufacturing Industry". *International Research Journal of Engineering and Technology*, v. 5, n. 3, pp. 3794–3798.

SHIMOKAWA, K., FUJIMOTO, T., 2011, *O Nascimento do Lean*. São Paulo, Bookman.

SOUZA, J. C., 2014, *Aumento da Capacidade Produtiva utilizando Princípios e Ferramentas da Manufatura Enxuta: estudo de caso em uma linha de montagem de veículos automotores*. Dissertação de M.Sc., PPGO/UFG, Goiânia, GO, Brasil.

STEINBERG, J. G., 2010, *"Lean mining": modelagem e melhorias em cadeias logísticas minerais*. Tese de D.Sc., PPEM/EPUSP, São Paulo, SP, Brasil.

SUNDAR, R., BALAJI, A. N., SATHEESH KUMAR, R. M., 2014, "A review on lean manufacturing implementation techniques". *Procedia Engineering*, v. 97, n. s/n, pp. 1875–1885.

TEIXEIRA, E., 2013, *Graus de maturidade da cultura lean do polo do metal-mecânico do nordeste de Santa Catarina*. Dissertação de M.Sc., PPIST/SOCIESC, Florianópolis,

SC, Brasil.

TORTORELLA, G. L., GIGLIO, R., VAN DUN, D., 2019, "Industry 4.0 adoption as a moderator of the impact of lean production practices on operational performance improvement". *International Journal of Operations and Production Management*, v. 39, n. 6/7/8, pp. 860–886.

VIANA, H. R. G., 2002, *PCM, planejamento e controle de manutenção*. São Paulo, Ed. Qualitymark.

VO, B., KONGAR, E., BARRAZA, M. F. S., 2019, "Kaizen event approach: a case study in the packaging industry". *International Journal of Productivity and Performance Management*, v. 68, n. 7, pp. 1343–1372.

WANG, J. X., 2019, *Lean Manufacturing: Business Bottom-Line Based*. Florida, CRC Press.