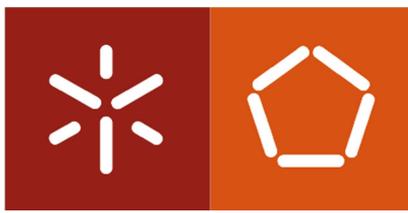


**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Fabiana Marques da Silva

**Implementação de um Programa de Melhoria e Virtualização no  
Processo Administrativo da Manutenção na Usina  
Termoelétrica**

Outubro de 2022



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Fabiana Marques da Silva

**Implementação de um Programa de Melhoria e Virtualização no  
Processo Administrativo da Manutenção na Usina  
Termoelétrica**

Dissertação de Mestrado  
Mestrado em Engenharia Industrial – Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do  
**Professor Doutor José Pedro Teixeira Domingues**

Outubro de 2022

## **Direitos de autor e condições de utilização do trabalho por terceiros**

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos. Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

### ***Licença concedida aos utilizadores deste trabalho***



**Atribuição-NãoComercial-SemDerivações CC BY-**

**NC-ND**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

## **AGRADECIMENTOS**

Obviamente não serão nessas poucas linhas descritas que serão citadas todas as pessoas e profissionais que foram fundamentais para essa conquista, e que estiveram diretamente envolvidos no crescimento pessoal e profissional desde o começo deste curso.

Primeiramente agradeço a Deus por me conceder sua centelha divina, a vida da qual desfruto todos os dias. Aos meus pais que sempre me apoiaram concedendo-me educação para vida, e a todos os meus familiares de extrema importância, dando a força e sustentação para seguirmos firmes na caminhada até o final.

A Universidade do Minho, que abre tantos caminhos e em especial ao meu orientador, professor José Pedro Teixeira Domingues, por suas importantes contribuições ao desenvolvimento do trabalho, e ao coordenador Dr. Jorge Miguel Oliveira Sá Cunha pelas sugestões realizadas e construtivas, troca de ideias e sua disponibilidade de tempo.

Agradeço aos Engenheiros Gilson Corrêa e Juliana Vasconcelos de Souza, pelas orientações do trabalho, por auxiliar e dar suporte técnico e estarem presentes no desenvolvimento com total dedicação, intensa motivação, paciência e inspiração. Mantendo firmes os objetivos propostos.

À Breitener Tabaqui SA, que possibilitou o desenvolvimento deste projeto, expresso a minha sincera gratidão pela oportunidade e pelas excelentes condições de trabalho.

E por fim, gostaria de lembrar dos meus amigos e colegas que foram fundamentais para meu crescimento tanto profissional e pessoal que tive ao longo de minha vida. Muitos trabalhos e aprendizados que nos proporcionaram um grande crescimento mútuo.

A todos, muito obrigada!

## **DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE**

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

## RESUMO

IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROGRAMA DE MELHORIA E VIRTUALIZAÇÃO NO PROCESSO ADMINISTRATIVO DA MANUTENÇÃO NA USINA TERMOELÉTRICA

O presente estudo enquadra-se no âmbito do Projeto de Dissertação inserido no curso de Mestrado em Engenharia Industrial - Gestão Industrial da Universidade do Minho. Este projeto é o resultado de um trabalho desenvolvido em uma Usina Termoelétrica, cujo objetivo consistiu na implementação de medidas tecnológicas e ferramentas *Lean*.

O presente resumo apresenta o enquadramento do projeto desenvolvido, tendo como foco a importância da implementação de soluções no processo administrativo e produtivo no setor de manutenção. Tendo como ferramenta de melhoria o sistema de mobilidade *Brizzo*, sistema esse que tem como função, otimizar as rotinas de manutenção da empresa.

Com base, na aplicação da filosofia *Lean Manufacturing* o objetivo é alcançar melhorias no desempenho e funcionamento do sistema, que tem como função principal, melhorar o fluxo de produção e organização dos postos de trabalho, assim como eliminar e/ou reduzir desperdícios, com o intuito de melhorar a eficiência do processo administrativo e produtivo do setor de manutenção.

O principal modo do sistema *Brizzo*, são os armazenamentos de dados recebidos e enviados diretamente no campo de trabalho. No qual o setor de manutenção irá designar um responsável pelo uso do sistema. É necessário que seja disponibilizado um smartphone para a instalação do sistema de mobilidade *SiggaBrizzo*, para que possam ocorrer melhorias contínuas no processo. Portanto, os resultados que obtivemos com o teste do sistema, foi o fim das impressões, no qual eram difíceis de ser decifradas por conta do processo manual de escrita e otimização do custo financeiro e tempo.

Com a ferramenta se teve agilidade nos processos e aumento de produtividade, onde os setores trabalhavam em conjunto com a melhoria no desenvolvimento das equipes. O setor responsável pela liberação das ordens de serviços teve o tempo hábil, com eficácia e confiabilidade. Pois ocorreu otimização de custos e melhoria na gestão de ativos da empresa atendendo o padrão das usinas termoelétricas - UTE.

### Palavra-chave

Lean Manufacturing, OEE, Kaizen, PDCA,, 5s

## **ABSTRACT**

IMPLEMENTATION OF AN IMPROVEMENT AND VIRTUALIZATION PROGRAM IN THE ADMINISTRATIVE PROCESS OF MAINTENANCE IN A THERMOELECTRIC PLANT

This study is part of the Dissertation Project inserted in the master's in industrial engineering – Industrial Management of the University of Minho. This project is the result of a work developed in a Thermoelectric Plant, whose objective consisted in the implementation of technological measures and Lean tools.

The present chapter presents the framework of the developed project, focusing on the importance of the implementation of solutions in the administrative and productive process in the maintenance sector. Having as an improvement tool the Brizzo mobility system. This system has the function of optimizing the company's maintenance routines.

Based on the application of the Lean Manufacturing philosophy, the objective is to achieve improvements in the performance and operation of the system, whose main function is to improve the production flow and the organization of the workstations, as well as to eliminate and/or reduce waste, with the intention of improving the efficiency of the administrative and productive process in the maintenance sector.

The main mode of the Brizzo system is the storage of data received and sent directly to the work field. In which the maintenance sector will designate a person responsible for using the system. It is necessary that a smartphone be made available for the installation of the Sigga Brizzo mobility system, so that continuous improvements in the process can occur. Therefore, the results we obtained with the system test were the end of paper sheets, which were difficult to be deciphered because of the manual writing process, and the optimization of the financial cost and time.

With the tool we had agility in the processes and increased productivity, where the sectors worked together with the improvement in the teams' development. The sector responsible for releasing the service orders had a timely, effective, and reliable process. Because it occurred cost optimization and improvement in the asset management of the company meeting the standard of thermoelectric plants - UTE.

## **Keywords**

Thermal Power Plant, Improvement Tools, Technology

## ÍNDICE

Agradecimentos .....	i
Resumo .....	ii
Declaração de integridade .....	iii
Abstract .....	vii
Índice de figuras .....	XI
Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos.....	XIII
1. Introdução .....	14
1.1. Enquadramento .....	14
1.2. Objetivos .....	16
1.3. Metodologia .....	17
1.4. Estrutura da dissertação .....	17
2. Revisão bibliográfica.....	18
2.1. Geração de energia no Brasil .....	18
2.2. Definição de processo .....	19
2.4. Desperdícios .....	22
2.5. Paradigma do Lean Manufacturing .....	23
2.6. Ferramentas e técnicas Lean Manufacturing.....	25
3. Descrição da empresa.....	28
3.1. Breitener .....	28
3.2. Área de estudo .....	29
3.3. Estrutura da termoelétrica .....	30
3.4. Estrutura organizacional.....	39
3.5. Coleta de dados .....	41
3.6. Análise de dados .....	42
4. Resultados e discussões .....	42
4.1. Definição do problema .....	42
4.2. Processo de manutenção .....	44
4.3. Dispositivo/Sistema .....	45
4.4. Arquitetura do sistema de mobilidade SIGGA MOBILE EAM .....	46
4.6. Benefícios do aplicativo do sistema de mobilidade SIGGA MOBILE EAM .....	47
5. Impactos no processo .....	49

5.1.	Impactos no planejamento .....	49
5.2.	Impactos no processo da rotina de manutenção .....	52
6.	Conclusão.....	57
6.1.	Considerações finais .....	57
6.2.	Sugestões de trabalhos futuros.....	58
	Referências bibliográficas .....	59
	Anexo I – Planta baixa da usina termoeletrica Breitener Tambaqui .....	61
	Anexo II – Realização de manutenção no maquinário.....	62
	Anexo III – Reparos Elétricos .....	62
	Anexo IV – Gestão de operação e manutenção da empresa .....	63
	Anexo V – Quadro geral de gestão da manutenção .....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Método de Investigação - Ação (IA) .....	17
Figura 2 - Visão geral da geração de energia elétrica no Brasil (Lora e Nascimento, 2004).....	19
Figura 3 - Ford T (Ford, 1922) .....	20
Figura 4 - Os 7 sete desperdícios .....	23
Figura 5 - Princípios lean manufacturing (Womack & Jones, 1996).....	24
Figura 6 - Índice de performance de máquinas e equipamentos .....	25
Figura 7 - 7 etapas do Kaizen (mudança para melhor).....	26
Figura 8 - Ciclo PDCA - “plan-do-check-act” .....	27
Figura 9 - 5 Sensos (ferramenta de melhoria contínua). .....	28
Figura 10 - Logotipo Breitener .....	29
Figura 11 - Localização da área de estudo .....	29
Figura 12 - UTE Breitener Tambaqui.....	30
Figura 13 - Ciclo de distribuição da usina termoelétrica.....	30
Figura 14 - Estrutura da Usina Termoelétrica .....	32
Figura 15 - Sistema de combate de incêndio. ....	33
Figura 16 - Sistema de tratamento de água.....	34
Figura 17 - Parque de bombas. ....	35
Figura 18 - Sala de painéis elétricos. ....	35
Figura 19 - Sala de controle. ....	36
Figura 20 - Casa das máquinas.....	37
Figura 21 - Subestação. ....	38
Figura 22 - Casa de caldeiras.....	39
Figura 23 - Organograma da Breitener .....	39
Figura 24 - Tela de uma falha de um motor. ....	42
Figura 25 - Acúmulo de ordens de serviços para verificação/encerramento.....	43
Figura 26 - Arquivamento. ....	43
Figura 27 - Tela de análise de ordens de serviços abertas .....	44
Figura 28 - Fluxo demandas planejadas.....	45
Figura 29 - Fluxo demandas não planejadas .....	45
Figura 30 - Sistema Sigga Mobile EAM. ....	46
Figura 31 - Processo de comunicação e integração APP x SAP.....	46

Figura 32 – Processo macro (As is x To be) .....	48
Figura 33 – Catálogo dos principais clientes .....	48
Figura 34 – Armário vazio. ....	49
Figura 35 – Indicadores do sistema de bombas de incêndio .....	50
Figura 36 – Indicadores do sistema de tratamento de água. ....	50
Figura 37 – Indicadores do sistema de painéis elétricos .....	51
Figura 38 – Indicadores de outros serviços.....	51
Figura 39 – Computador para o uso da manutenção .....	52
Figura 40 – Redução de custo em horas extras trabalhadas. ....	53
Figura 41 – Economia com o uso de mobilidade. ....	53
Figura 42 – Ordens de serviços programadas (OSP) x Ordens de serviços atendidas (OSA) .....	54
Figura 43 – Acompanhamento dos colaboradores.....	54
Figura 44 – Tela de simulação apresentada na TV com a programação. ....	55
Figura 45 – Ciclo de monitoramento, das OSM .....	56
Figura 46 – Planta baixa UTE Breitener Tambaqui.....	61
Figura 47 – Realização de manutenção em uma turbina. ....	62
Figura 48 – Reparos elétricos na usina termoeletrica.....	62
Figura 49 – Gestão de operação e manutenção da empresa.....	63
Figura 50 – Quadro geral de gestão da manutenção.....	64

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRONIMOS**

BPMN - *Business Process Modeling Notation*

BPM - *Business Process Management*

CPS - *Cyber Physical Systems*

ERP - *Enterprise Resource Planning*

EstatísticasSMS - *Saúde, Meio Ambiente e Segurança*

GPS - *Sistema de Posicionamento Global*

IBGE - *Instituto Brasileiro de Geografia e*

OOE - *Overall Equipment Effectiveness*

PDCA - *Plan, Do, Check, Act*

QR - *Resposta Rápida*

RFID - *Radio Frequency Identification*

SPE - *Sistema de Produção Enxuta*

SAP - *Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados*

5'S - *5 Sensores*

TPS - *Toyota Production System*

TPM - *Total Productive Maintenance*

UML - *Modeling Language*

UTE - *Usina Termelétrica.*

## 1. Introdução

O presente capítulo apresenta o enquadramento do projeto desenvolvido, tendo como foco a importância da implementação de soluções *Lean* no processo administrativo no setor de manutenção. Responsável. São apresentados os objetivos que se pretende alcançar e a metodologia de investigação adotada durante a realização do projeto.

### 1.1. Enquadramento

Segundo Womack e Jones (2004) com o processo de globalização em alta e o surgimento rápido e contínuo de novas tecnologias, o mercado tornou-se competitivo, com o *Lean Manufacturing* também conhecido como sistema Toyota de produção ou desenvolvimento de produto enxuto, tornou-se uma técnica eficaz para tornar as operações enxutas com prioridade na redução de custos, foco na qualidade e melhoria contínua. Segundo Werkema (2011), *Lean Manufacturing* tem como objetivo eliminar desperdícios e foco no que produz mais valor ao cliente, seus objetivos é especificar o valor ao cliente, identificar o fluxo de valor, criar fluxos contínuos, ter uma produção “puxada” e buscar excelência operacional.

Tornar os processos administrativos enxutos vem sendo uma desafio, porém está sendo aceito pelas organizações mundiais, a migração da área fabril para o processo administrativo não é simples, porém temos a facilidade de identificar os desperdícios quando envolvem matérias primas e processos de transformações, sendo assim, na área de escritório as atividades trata-se de informações, tornando-se difícil as identificações dos desperdícios, porém identificar um processamento de algo intangível, torna-se complicado. Segundo Lareau (2002), os processos administrativos de desperdícios classificam-se das seguintes formas: espera, alinhamento de objetivos, controle, movimento, estratégias, confiabilidade entre outros.

Com a expansão da tecnologia da informação nas décadas de 60, 70 e 80, nas organizações empresariais desenvolveu-se o sistema de informação, de forma simplificada atendendo as necessidades específicas. Na década de 80 surgiu a tecnologia de *Workflow* com a tecnologia de definir os fluxos de trabalho e seus procedimentos, rotinas de tarefas e eventos com início e fim das atividades. Tão logo na mesma década de 90, expandiu-se o sistema de gestão empresarial (*Enterprise Resource Planning – ERP*) pelas grandes organizações empresariais e também surgiu o gerenciamento de processos de negócios (*Business Process Management-BPM*). Segundo Kocbek et al. (2015) existem muitas opções de técnicas do processo de negócio: Fluxograma, Gráfico de Gantt, Diagrama de blocos funcionais de fluxo, *Modeling Language (UML)* entre outros, desta forma o BPMN agregou uma linguagem entre as áreas de TI e de negócios. De acordo com Anderl (2014), industry 4.0 é uma abordagem estratégica para a integração de sistemas de controle avançados com tecnologia de internet que permite a comunicação entre as pessoas, produtos e sistemas complexos. Brettel et al. (2014), tratam da mesma abordagem, dizendo que essa revolução industrial será desencadeada pela internet, que permite a comunicação entre os seres humanos, bem como com as máquinas em um Sistema Físico-Cibernético (CPS) em grandes redes. Kagermann et al. (2013) descreve sua visão sobre o programa industry 4.0 afirma que no futuro, as empresas deverão estabelecer redes globais que incorporem suas máquinas, sistemas de armazenagem e instalações de produção na forma de Sistemas Físico-Cibernéticos (*CPS – Cyber-*

*Physical Systems).*

Dessa forma, melhorias na gestão das empresas serão observadas, uma vez que cada sistema será independente, capaz de compreender suas especificações e se comunicar com outros sistemas transferindo informações. Isso permitirá rápidas tomadas de decisão e respostas autônomas dos sistemas de produção. Ainda de acordo com Kagermann et al. (2013), o programa industry 4.0 também irá resultar em novas formas de criação de valor e novos modelos de negócios. Em particular, ele fornecerá às startups e pequenas empresas a oportunidade de se desenvolverem e prestarem serviços. A indústria contemporânea expande a melhoria em seus processos, visando à extensão da sua produtividade, que passa, pela manutenção de suas máquinas e equipamentos, razão pela qual o setor de manutenção precisa de um trabalho eficaz para assegurar a confiabilidade e a disponibilidade dos ativos. Com isso, adquire-se uma satisfação a utilização de sua capacidade frente à demanda, a manutenção atua nas organizações para evitar as falhas e cuida de suas instalações físicas, o que permite a continuidade do processo e garante, também, precisão, segurança e economia, de acordo com Blanchard (2013).

Dessa forma, será inevitável que as empresas não se adequem ao programa industry 4.0 objetivando sua sobrevivência. Porém, se essa adequação não for realizada de forma consistente poderá trazer consequências negativas para a empresa. Com isso, esta pesquisa busca desenvolver a implementação da indústria 4.0.

Este trabalho tem como foco a implementação de um Programa de Melhoria e Virtualização no Processo Administrativo da Manutenção de Usina Termelétrica, de forma a identificar os desperdícios existentes e, através das técnicas virtualizar “Digitalizar” o sistema de manutenção, assim reduzir custos e obter a produtividade com redução do tempo médio de resposta, ampliando a confiabilidade das informações inseridas no sistema de manutenção, possibilitando a comunicação e controle de operação inteligente (Anderl, 2014).

Assim, Brettel complementa que, ao incluir Sistemas Físico-Cibernéticos (CPS), a comunicação avançada entre máquinas é o mesmo que o seu diálogo com os seres humanos. Isso demonstra a possibilidade de uma produção totalmente automatizada e autônoma, sem intervenções humanas. Estratégias semelhantes também vêm sendo adotadas pelo mundo, onde de acordo com Hermann, Pentek e Otto (2015), quatro componentes são a chave da industry 4.0 ou 4ª Revolução Industrial: Sistemas Físico-Cibernéticos, Internet das Coisas, Internet de Serviços e Fábricas Inteligentes.

A usina termelétrica está instalada na cidade de Manaus-Am, possui um contrato firmado com a Amazonas Energia (Eletrobrás) para despacho de 60MW, tem capacidade de geração 83,2 MW. Abrange os seguintes conjuntos: um (1) motor-gerador tipo 18V 51/60 DF de fabricação MAN B&W acoplados a gerador AMG 160014 DSEB de 17.560 kW 13,8 kV de fabricação ABB, movido a óleo combustível e gás Natural (Bi – Combustível) e com 23 motores do tipo JGS 620 GS – N de fabricação GEJ a Gás Natural.

## **1.2. Objetivos**

O principal objetivo é promover Implementação de um Programa de Melhoria no Processo Administrativo da Manutenção de

Usina Termoeletrica, a fim de reduzir custos e obter a produtividade com reducao do tempo medio de resposta, ampliando a confiabilidade das informacoes, possibilitando a comunicacao e controle operacional inteligente.

Como objetivos parciais pretende-se numa fase inicial do projeto, a realizacao de uma analise detalhada das seccoes, de modo a identificar os problemas existentes nos locais de trabalho. Identificados os problemas, pretende-se determinar quais as ferramentas lean, que melhor se aplicam para sua resolucao.

A elaboracao da propostas de melhoria para o processo administrativo em estudo, em termos de organizacao na produtividade com reducao do tempo medio de resposta, analisando qual a melhoria nas seccoes em estudo pode ser adequada para o processo no setor de manutencao. Portanto sera dividido em fases: mapear o fluxo de valor dos conceitos Lean Office obtendo economia de espaco fisico, usando a ferramenta BPMN (Business Process Modeling Notation), necessario identificar desperdicios no fluxo da manutencao.

Com isso e viavel proceder a organizacao do local de trabalho com a implementacao de metodologias como a dos 5'S e PDCA (planejar (plan), fazer (do), checar (check) e agir (act). Por fim, e necessario analisar os resultados obtidos atraves dessas acoes de melhoria, aumentando a confiabilidade do processo e diminuindo o tempo de resposta para execucao.

### 1.3. Metodologia

Este trabalho utilizara o metodo de Investigacao - Acao (IA), aplicado em uma Usina Termoeletrica em Manaus. De acordo com Saunders, Lewis, & Thornhill (2008), este metodo e muito focado na mudanca que sera introduzida no ambiente de estudo, indicado quando ha uma situacao que nao e a ideal, e o investigador investe uma parcela do seu tempo para diagnosticar, planejar, executar acoes e avaliar os resultados obtidos e o envolvimento dos colaboradores neste processo.

O trabalho de Coughlan & Coughlan (2002) detalha a definicao de Investigacao - Acao, definindo os seis passos para conducao da investigacao dos dados: observar, refletir, agir, avaliar, modificar e seguir para novas direcoes. Ainda segundo o autor, e indicada o uso da IA quando a acao precisa andar junto com a pesquisa. Neste caso, usa-se a abordagem do metodo cientifico para estudar um problema da organizacao, por este motivo, e por ser um metodo extremamente participativo, onde todos os membros da investigacao podem contribuir do processo, optou-se por esta metodologia, conforme mostrado na figura 01 abaixo:



Figura 01 - Método de Investigação - Ação (IA)

## **1.4. Estrutura da dissertação**

A estrutura da presente dissertação é composta por seis capítulos. O Capítulo 1, dedica-se a uma introdução do trabalho, apresenta o enquadramento, os objetivos e a metodologia de investigação utilizada.

No Capítulo 2, é realizada uma revisão bibliográfica sobre o lean manufacturing, com particular ênfase nas técnicas e ferramentas utilizadas no contexto da presente dissertação.

No Capítulo 3, é descrita a empresa onde foi realizado o estudo para a escrita da dissertação. Neste capítulo é apresentada a empresa e o processo produtivo e administrativo do setor de manutenção, descrevendo passo a passo do processo realizado na empresa. Será descrito o processo antigo sem a implantação do sistema de mobilidade e o atual, mostrando as possíveis melhorias que ocorreram, tendo em vista os pontos fortes e fracos.

No Capítulo 4, é descrito o processo de fabrico em estudo, ou seja, aos processos de construção de núcleos de talão e aplicação cunha núcleo, situados no Departamento II- Preparação (Preparação Quente). É feita uma análise dos tempos de ciclo, dos tempos de configurar é necessário para o normal funcionamento dos processos.

No Capítulo 5, descrevem-se as propostas de melhoria apresentadas à empresa. As propostas de melhoria visam solucionar os problemas e melhorar o desempenho do processo produtivo, através da implementação de ferramentas Lean Manufacturing.

No Capítulo 6, são apresentadas as principais conclusões retiradas da realização deste estudo e são também apresentadas sugestões para um trabalho futuro, com vista à melhoria do processo produtivo em estudo.

## **2. Revisão bibliográfica**

Neste capítulo é elaborada uma revisão bibliográfica sobre temas correlativos que serão abordados ao longo deste projeto. Assim serão analisados os conceitos das principais ferramentas, mostrando qual a importância, vantagens e desvantagens nas organizações.

### **2.1. Geração de energia no Brasil**

Com o acelerado desenvolvimento das grandes metrópoles e o conseqüente aumento da população nessas áreas, o consumo de energia elétrica apresentou um crescimento significativo, principalmente durante a década de 90. Segundo Lora e Nascimento (2004) o sistema elétrico brasileiro é constituído de um parque gerador predominantemente hidrelétrico e apresenta como peculiaridade grandes extensões de linhas de transmissão.

O aumento da demanda exigiu um esforço em complementar a geração de energia elétrica, onde as “[...] novas opções de geração termelétrica, especialmente a gás natural e carvão mineral, podem se revelar atrativas ao investidor, em face da

disponibilidade destes combustíveis no mercado brasileiro e a existência de políticas energéticas de incentivo [...]”, (Lora e nascimento, 2004). Segundo Creder (2007), “as termelétricas existentes no brasil [...] utilizam combustíveis fósseis (petróleo, gás natural, carvão mineral etc.), combustíveis não fósseis (madeira, bagaço de cana etc.), combustível nuclear (urânio enriquecido)”.

Devido a facilidade de se encontrar a maioria destes combustíveis na natureza, o baixo custo de implantação de uma termelétrica ser inferior ao de uma hidrelétrica e os impactos ambientais se apresentarem em menor porcentagem nas termelétricas, essa alternativa de geração de energia ganhou força, no que diz respeito à complementação da geração de energia comoum todo. A figura 02 representa o gráfico de como é constituída a geração industrial de energia elétrica no Brasil, entre suas principais formas de geração, conforme mostrado na figura 02 abaixo:

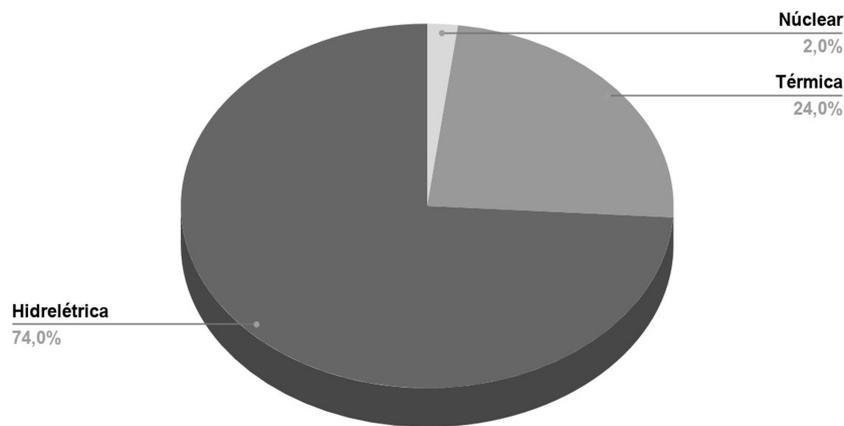


Figura 02 - Visão geral da geração de energia elétrica no Brasil (Lora e Nascimento, 2004)

## 2.2. Definição de processo

Para que exista um produto ou um serviço oferecido por uma empresa é fundamental a existência de um processo (Gonçalves, 2000). Segundo Harrington (1991) um processo é qualquer atividade ou conjunto de atividades que adquire um input, adiciona-lhe valor e fornece um output a um cliente.

Assim sendo, os inputs podem se referir a materiais, ou seja, bens tangíveis ou a informações e os outputs são aquilo que o cliente irá receber após o processo, ou seja o produto ou serviço. Portanto as empresas tendem a ignorar os processos, porém estas têm muito a ganhar em conhecê-los melhor e tentar melhorá-los (Hammer, 1998). Como exemplo, o processo produtivo de um produto pode custar até cerca de 10% do valor final do produto, assim os processos devem ser otimizados com vista a redução de custos para as empresas.

### 2.3. Lean Manufacturing

Os princípios do Sistema Toyota de Produção (STP), ou também denominado Sistema de Produção Enxuta (SPE) podem ser implantados em qualquer sistema produtivo, apesar de ter sido criado edesenvolvido nas empresas automobilísticas (Antunes 2008).

Antes da introdução do conceito de produção em massa, as empresas fabricavam os seus produtos de forma artesanal. A produção artesanal é um estilo de produção que representa a concentração de um produto desde o seu início até a sua conclusão de uma forma artesanal e manual. Isso quer dizer que o trabalho se inicia e finaliza nas mãos de uma única pessoa. Para isso era necessário dispor de funcionários com elevado nível de especialização, ou seja, com conhecimentos para produzir o produto durante todo o seu processo, diferente da produção no processo fabril, onde é concentrada em várias mãos.

Este tipo de produção requer muita mão-de-obra qualificada e a utilização de ferramentas simples para satisfazer as necessidades dos clientes. Produtos fabricados desta forma podem ser considerados únicos, pois estes não se regem por padrões de normalização dos seus componentes, fazendo que não existam então dois produtos iguais. A desvantagem associada a produtos produzidos de forma artesanal são, os elevados custos de produção, a baixa produtividade e a consistência da qualidade do produto final (Womack, & Roos, 1991).

No modelo de produção em massa, é utilizado o conceito de linhas de produção, onde cada funcionário estaria associado a um único posto de trabalho e apenas desempenhava uma tarefa nos veículos que lhe chegavam através do transportador da linha. O elemento chave para o conceito de produção em massa é a permutabilidade dos componentes e a simplicidade de montagem dos mesmos (Womack et al., 1991).

Henry Ford, no ano de 1915, sentiu a necessidade de satisfazer a demanda para o seu novo modelo, o modelo T. Para satisfazer todas as encomendas Ford projetou uma maneira para que o produto pudesse ser fabricado de forma fácil, rápida e de baixo custo. Para isso adotou o sistema de produção em massa (Alizon, Shooter, Simpson, 2009). A Figura 03 abaixo mostra o modelo Ford T.



Figura 03 - Ford T (Ford, 1922)

Com estas inovações na produção e que tornaram uma linha de montagem possível, permitiram à Ford obter elevadas vantagens sobre a sua concorrência. Com o sucesso dos resultados obtidos pela Ford, este modelo de produção foi adotado pelas diversas fábricas de produção de automóveis por todo o mundo. Apesar de ter uma elevada capacidade de produção, a indústria automóvel oferecia pouca diversidade de produtos, pois os processos recorriam a processos de fabrico complexos e pouco flexíveis, o que limitava a capacidade da indústria adaptar-se ao que o mercado pretendia (Ford, 1922). À medida que a tecnologia evoluiu e a sociedade se transformava, o modelo de produção em massa foi perdendo relevância devido à impossibilidade de ser um modelo flexível, quando o mercado já pedia uma maior diversificação dos produtos existentes.

Embora, Henry Ford com a produção em massa, tenha desenvolvido conceitos como as linhas de produção, a minimização dos deslocamentos e as preocupações com a ergonomia dos seus funcionários, apresentavam ainda grandes problemas como os elevados níveis de stock existente e a limitada variedade de produtos lançados para o mercado (Hu, 2013).

O atual nível de competitividade do mercado global tem obrigado empresas de diversos segmentos a buscarem alternativas para se tornarem cada vez mais competitivas. Como as expectativas dos clientes cresceram, existiu logo uma necessidade de diversificar os produtos. Com isso, a busca pela eficiência do processo produtivo torna-se relevante nas organizações, considerando que, se as estratégias deste setor forem eficientes podem gerar vantagens em relação aos seus concorrentes. O modelo de produção em massa chegou a uma situação de estagnação e a indústria precisava de um novo modelo de produção que pudesse satisfazer o mercado.

No período após a II Guerra Mundial, o Japão encontrava-se economicamente fragilizado, devastado e com necessidade de reconstruir o país. A indústria automóvel japonesa, pouco desenvolvida e aliada à falta de recursos (mão de obra e matérias primas), era incapaz de acompanhar a Ford.

Após 1950, Taiichi Ohno, engenheiro da Toyota, procurou desenvolver um modelo de produção económico e de resposta rápida ao pretendido pelo mercado. Por um lado, pretendia que este modelo respondesse ao panorama económico japonês da altura, mas também à concorrência dos mercados externos. Assim nasce um novo modelo produtivo designado por (*Toyota Production System* - TPS), que se baseia essencialmente na eliminação dos desperdícios (2.4 Desperdícios) e para se adaptar ao pretendido pelos mercados (Womack *et al.*, 1991).

O TPS tornou-se bastante popular devido às melhorias significativas que introduziu ao nível da produtividade, da qualidade do produto e dos serviços prestados aos clientes, aumentando desta forma. O nível de competitividade das empresas (Womack *et al.*, 1991). A eliminação total dos desperdícios requer os seguintes dois passos (Ohno, 1988):

- 1.** Aumento da eficácia, o que é traduzido numa redução dos custos produzindo somente o necessário, e com o mínimo de mão-de-obra.
- 2.** Aumento da eficiência da fábrica, o que deve resultar da propagação das melhorias implementadas por toda a fábrica.

## 2.4. Desperdícios

Uma das formas de implementar as metodologias lean manufacturing e melhorar o desempenho de um sistema de produção são através da identificação e eliminação dos desperdícios existentes no processo produtivo. Desperdício pode ser definido como qualquer atividade que não acrescenta valor ao produto, do ponto de vista do cliente (Ortiz, 2006). A não eliminação destes desperdícios vai, em última instância influenciar o preço do produto pago pelo cliente.

Para uma clara identificação de desperdícios numa empresa é então necessário classificar todas as atividades do processo de forma a distinguir aquelas que acrescentam valor ao produto das que não acrescentam (Ortiz, 2006).

Os sete desperdícios, ou mudas em japonês, que são as atividades classificadas que consomem recursos e não acrescentam valor, são segundo Ohno (1988) e Shingo (1989):

**1. Excesso de Produção:** existe quando um produto é produzido além do necessário Lander & K. (2007). Quando existe produção acima do que é necessário, origina níveis elevados de stock Peter Hines & Rich. (1997). Segundo Abdullah (2003), o excesso de produção é o pior dos desperdícios, já que tende a originar outros desperdícios. Existem diversas formas de eliminar este desperdício, uma delas é a diminuição do tamanho dos lotes produzidos e a diminuição do tempo de preparação das máquinas (Pinto, 2008).

**2. Espera:** São períodos de tempo onde os recursos se encontram indisponíveis (Peter Hines & Rich, 1997). Isto acontece quando há recursos que não são utilizados por se encontrarem à espera de material para produzir. A falta de balanceamento dos processos e os longos períodos de preparação da máquina podem causar este tipo de desperdício.

**3. Transporte:** São movimentações necessárias de materiais de um local para o outro, que resulta em tempos perdidos, recursos consumidos e um acréscimo no custo final do produto. O trajeto de movimentação de materiais deve ser o mínimo possível. As matérias deverão fluir entre etapas o mais rápido possível, sem interrupções e sem armazenamento intermédio, Peter Hines & Rich. (1997).

**4. Stock:** Stock's são originados por quantidades produzidas superiores às necessárias para o processo ou para o cliente (Ortiz, 2006). O excesso de stock origina utilização excessiva de recursos, de movimentação, ocupação de meios de armazenamento, produtos fora de gama e problemas de qualidade, Peter Hines & Ric. (1997).

**5. Deslocações:** Às deslocações por parte dos operadores na execução de uma operação inerente ao processo e que não acrescenta valor ao produto final, J.P. Womack & Jones. (1996). Este tipo de desperdício é causado pela falta de organização no posto de trabalho.

**6. Sob produção:** Qualquer operação que seja desnecessária na execução de um produto é considerada um desperdício Peter Hines & Rich. (1997). Pelo facto de não serem necessárias para o processamento do produto, estas tarefas não acrescentam qualquer tipo de valor ao produto (Ortiz, 2006).

**7. Defeitos:** São produtos que não cumprem com os requisitos de qualidade impostos pelos responsáveis (Ortiz, 2006). A não conformidade dos produtos pode implicar a rejeição do produto pelo cliente ou a necessidade de voltar a submeter os produtos ao processo produtivo de forma a obter os requisitos propostos pelo cliente (Peter Hines & Rich, 1997). Liker

(2004) defende, no seu livro "The Toyota Way: management principles from the world 's greatest manufacturer", a existência de um oitavo desperdício, definido como o desperdício do potencial e da criatividade dos operadores.

A utilização da criatividade dos operadores pode levar a uma melhoria do processo produtivo, pois este conhece melhor o sistema produtivo e está mais apto a dar sugestões de melhoria para o processo. Para que isso aconteça torna-se necessário dar a conhecer à organização o conceito de desperdício, de forma a sensibilizar os operadores a sugerir possíveis melhorias que estes evidenciam no processo. A não utilização do potencial dos trabalhadores, ou mesmo a colocação destes em postos onde não se sintam confortáveis são decisões que levam à criação de desperdícios, e que podem pôr em causa a qualidade do produto final. A Figura 04 abaixo mostra os 7 sete desperdícios.

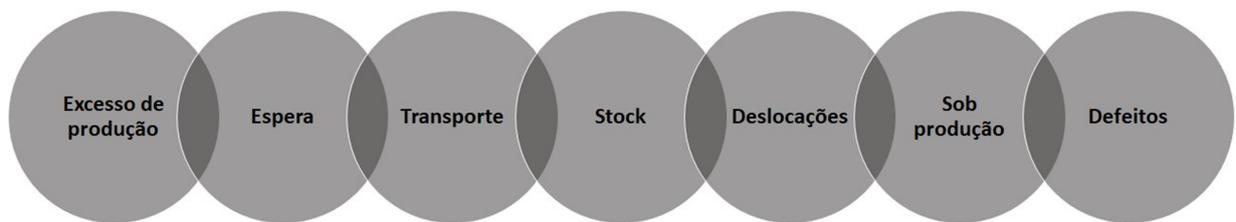


Figura 04 - Os 7 sete desperdícios

## 2.5. Paradigma do Lean Manufacturing

"A produção lean é um sistema sócio-tecnológico integrado, cujo principal objetivo é eliminar os desperdícios e em simultâneo reduzir ou minimizar a variabilidade interna, dos fornecedores e dos clientes" (Shah & T., 2007).

Para que existam benefícios através da aplicação das metodologias Lean é necessário que a organização esteja focada na cadeia de valor (Bhasin e Burcher, 2006). Womack (1996) apresenta cinco princípios assentes a um sistema lean manufacturing, conforme mostrado na figura 05 abaixo:

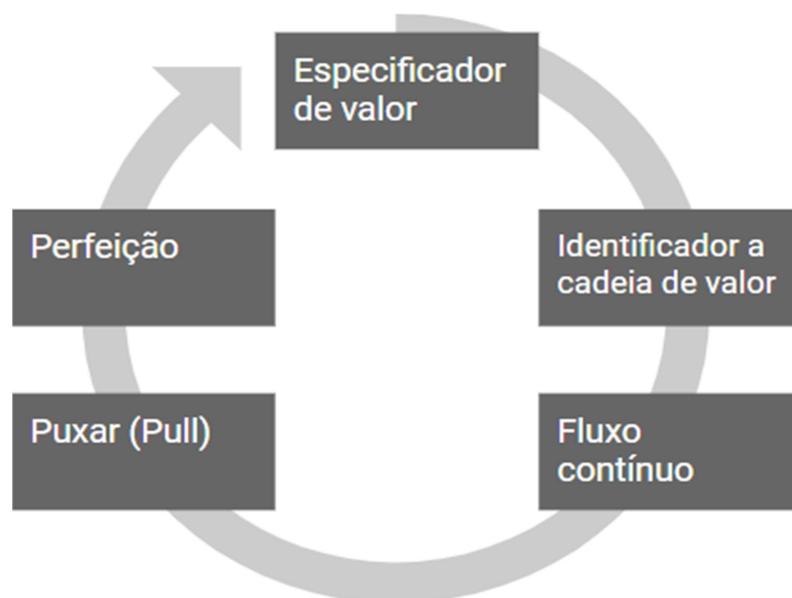


Figura 05 - Princípios lean manufacturing (Womack & Jones, 1996)

- **Especificador de valor**, onde são identificadas as principais características para assegurar a funcionalidade desejada pelo cliente (Peter Hines & Rich, 1997). Todas as características do produto, que do ponto de vista do cliente, não adicionem valor ao produto são desnecessárias. Caso isso aconteça o produto ou processo deve ser alvo de melhoria (Womack & Jones, 1996).
- **A identificação da cadeia de valor**, que se caracteriza por todos os processos necessários para uma empresa entregar um produto ao seu cliente (Pinto, 2008). A cadeia de valor engloba todas as atividades desde a recepção do pedido à empresa até a expedição do produto para o cliente, assim a cadeia de valor engloba os processos que desenvolvem, produz e entrega.
- Um **fluxo contínuo** quer de informação como de materiais. Para isso é necessário produzir só o necessário no momento necessário, e assim evitar atividades que não acrescentem valor ao produto final, tornando o processo o mais fluido possível (Pinto, 2008).
- Um sistema **pull** (puxar), onde o cliente impulsiona a produção de quantidades por ele requeridas, produzindo assim só o necessário (Pinto, 2008).
- Perseguir a **perfeição** aplicação dos princípios anteriores deve originar melhoria contínua (Kaizen). Através da eliminação dos desperdícios dentro de uma organização, para garantir que só as atividades que geram valor ao produto estejam presentes (Peter Hines & Rich, 1997).

## 2.6. Ferramentas e técnicas Lean Manufacturing

Neste subcapítulo, pretende-se identificar algumas das ferramentas e técnicas associadas a metodologias lean manufacturing, que permitem a identificação e eliminação de desperdícios gerados no processo produtivo. As ferramentas e técnicas apresentadas são aquelas que o autor considera as mais importantes e utilizadas no decorrer do estudo em questão.

### 2.6.1. OEE – Overall equipment effectiveness

OEE é o principal indicador de efetividade global de um equipamento, sendo largamente utilizado nas indústrias de manufatura. A sigla OEE é uma abreviação do termo (*Overall Equipment Effectiveness*). O indicador OEE foi introduzido por Seiichi Nakajima, um dos pais da TPM (*Total Productive Maintenance*), como uma medida fundamental para se avaliar a performance de um equipamento, sendo usado como um dos componentes fundamentais da metodologia do TPM, Seiichi Nakajima (2002).

A eficácia geral do equipamento é uma medida de quão bem uma operação de fabricação é utilizada em comparação com todo o seu potencial, durante os períodos em que está programada para ser executada. Ele identifica a percentagem de tempo de fabricação que é verdadeiramente produtivo.

Para obtenção deste indicador, utiliza-se a seguinte equação como mostra na figura 06 abaixo:



Figura 06 – Eficiência Global do Equipamento

O resultado da equação apresentada pode variar entre 0 e 1 ou 0% e 100%, sendo o valor de referência de classe mundial, 85%.

Os três índices necessários para o cálculo do OEE são apresentados em seguida:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de funcionamento}}{\text{Tempo de abertura}}$$

$$\text{Performance} = \frac{\text{Tempo de ciclo ideal} \times \text{Peças produzidas}}{\text{Tempo de funcionamento}}$$

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Peças boas}}{\text{Peças produzidas}}$$

- **Tempo de Abertura** – corresponde ao tempo de tempo total do turno menos as paragens planeadas;
- **Tempo de Funcionamento** – corresponde ao tempo de abertura menos as paragens não planeadas;
- **Tempo de Ciclo ideal** – corresponde à velocidade máxima do equipamento;
- **Peças Produzidas** – corresponde ao número total de peças produzidas durante o tempo do turno;
- **Peças Boas** – corresponde ao número de peças conformes que foram produzidas durante o tempo do turno;

## 2.6.2. Kaizen

A metodologia Kaizen, teve origem no Japão, em 1986, pelo Massaki Imai. O nome deriva da junção das palavras Japonesa Kai e Zen, onde Kai significa mudança e Zen “para melhor” originando o então o termo “melhoria contínua” (Imai, 1986), sendo metodologia Kaizen é um dos principais fundamentos da filosofia lean manufacturing (Melton, 2005). A metodologia Kaizen visa a melhoria dos sistemas produtivos de forma progressiva e contínua ao longo do tempo. A Figura 6 abaixo mostra as 7 etapas do Kaizen, ilustrado na figura 07 abaixo:

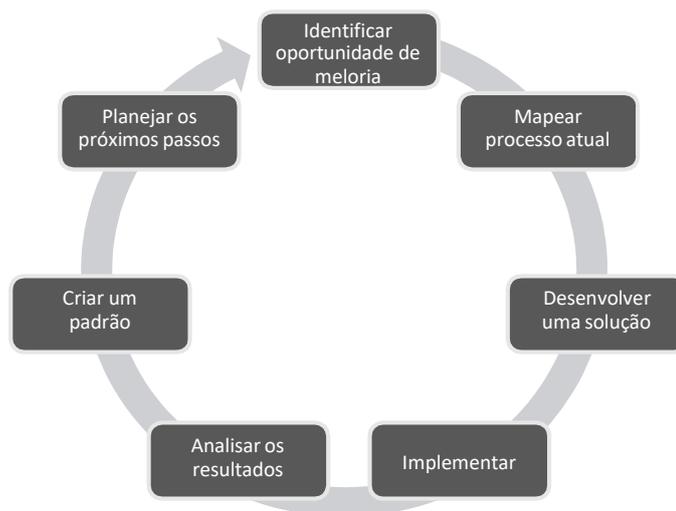


Figura 07 – 7 etapas do Kaizen (mudança para melhor)

### 2.6.3. PDCA – “Plan-Do-Check-Act”

O termo PDCA em sua origem significa Plan (Planejar) estabelecer as metas; Do (Fazer) executar as metas estabelecidas; Check (Controlar) verificar os resultados e ACT (Ação) realizar ações corretivas. Cada etapa tem fundamental importância para o sucesso de sua implantação. A partir da identificação de um problema ou de uma oportunidade de melhoria, (Corrêa; Corrêa 2012). Um dos requisitos da norma segue o ciclo PDCA do inglês "plan-do-check-act" - planejar, fazer, checar e agir, que é usado como ferramenta de melhorias processuais, adequada para atingir de forma eficaz a proteção do ambiente e impactos ambientais adversos. Afinal, a proteção ambiental é a razão pela qual um sistema de gestão ambiental é implementado. Desse modo que a definição de cada processo significa: Plan (Planejar), estabelecimento e documentação de objetivos, metas e processos para alcance do resultado desejado, de acordo com os requisitos do cliente e as políticas da organização; Do (Fazer), implementação dos processos, a partir da execução de tarefas planejadas e capacitação desenvolvidos; Check (Checar), medição, monitoramento e análise dos processos e resultados em relação aos requisitos e políticas definidos; Act (Agir), execução de ações corretivas e/ou preventivas, como forma de melhorar continuamente o desempenho do processo, ilustrado na figura 08 abaixo.

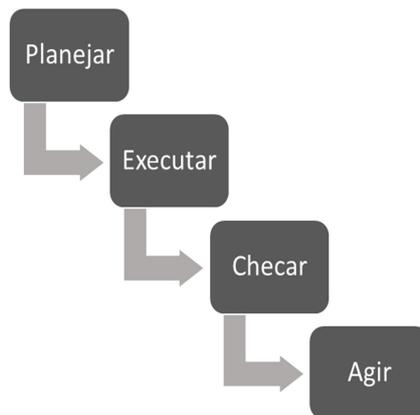


Figura 08 – Ciclo PDCA - “plan-do-check-act”

#### 2.6.4. A Metodologia dos 5 Sentos

Para Silva (1996), o programa de qualidade 5S deve ter sua implementação realizada especialmente para aprimorar as condições de trabalho e configurar um ambiente de qualidade. Um espaço de trabalho limpo organizado deve preceder qualquer influência que tenha como escopo melhorar as condições de trabalho e a qualidade dos produtos e serviços, envolvendo o dia a dia da organização. A satisfação do cliente, a qualidade, a segurança, a motivação e a economia de recursos escassos são as principais metas deste programa. O programa 5S tem como proposta criar as categorias básicas ao desenvolvimento de empresas socialmente responsáveis, sem perder de vista o seu objetivo principal, quer seja o lucro ou a plena utilização dos seus recursos. 5S é um programa de gestão de qualidade empresarial desenvolvido no Japão que visa aperfeiçoar aspectos como organização, limpeza e padronização. Os princípios utilizados pelo programa para alcançar a melhoria contínua e a qualidade total não são diferentes de alguns princípios fundamentais para o crescimento humano e profissional.

O Programa 5S normalmente é implementado como um plano estratégico para que alguns aspectos fundamentais da empresa comecem a apresentar melhorias rumo à qualidade total. Segue as definições de cada Senso. Seiri (Senso de Utilização), consiste em deixar no ambiente de trabalho apenas os materiais úteis, descartando ou destinando os demais da maneira adequada; Seiton (Senso de Organização), consiste em estabelecer um lugar para cada material, identificando-os e organizando-os conforme a frequência do uso; Seisou (Senso de Limpeza), consistem em manter o ambiente

de trabalho limpo e em ótimas condições operacionais; Seiketsu (Senso de Saúde ou Melhoria Contínua), este princípio pode ser interpretado de duas formas. Consiste na aplicação de ações que visam a manutenção da saúde do trabalhador e nas condições sanitárias e ambientais do trabalho. Como melhoria contínua, aplica-se o princípio do Kaizen, melhorando e padronizando todos os processos. Shitsuke (Senso de Autodisciplina), consiste em um estágio avançado de comprometimento das pessoas, que seguem os princípios independente de supervisão. Para atingir esse estágio é necessário que tenha entendido os 4 princípios anteriores, ilustrado na figura 09 abaixo:

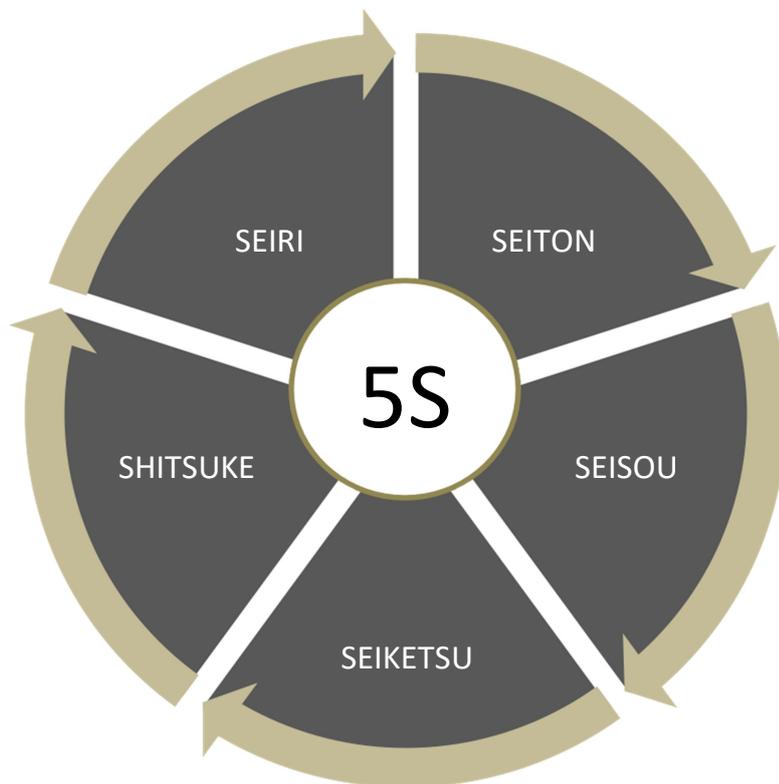


Figura 09 – 5 Sensos (ferramenta de melhoria contínua)

### 3. Descrição da empresa

#### 3.1. Breitener

A Empresa Breitener esteve instalada no Ceará (Distrito Industrial de Maracanaú) no período de 2001/2003, e investiu o equivalente a R\$ 330 milhões. A termoelétrica funciona à base da queima de óleo combustível, logotipo da empresa na figura 10 abaixo.



Figura 10 – Logotipo Breitener

No ano de 2005 a Breitener fechou contrato com a Manaus Energética S/A, subsidiária da Eletronorte e da Eletrobrás, tendo vigência de 20 anos e funcionará com 100% de sua capacidade total de 162,3 megawatts.

A Breitener Energética possui duas Unidades Termoelétrica (UTE), UTE Breitener Tambaqui S.A. e UTE Breitener Jaraqui S.A., situadas em Manaus, totalizando 315 MW de capacidade instalada. As usinas possuem capacidade contratada de 120 MW até 2025 com a Amazonas Energia, distribuidora de energia do Amazonas. A usina de Tambaqui possui uma capacidade de entrega de 155,778 MW, sendo 55,284 MW a óleo combustível, 17,56 mW bicombustível (óleo combustível e gás natural) e 75,477 MW movidos a gás natural.



Figura 11 – Localização da área de estudo

### 3.2. Área de estudo

O presente estudo foi realizado em uma usina termelétrica na cidade de Manaus, capital do estado do Amazonas, sendo o principal centro urbano, financeiro e industrial da Região Norte do Brasil. Considerada cidade mais populosa do Amazonas e de toda Amazônia, com 2.219,580 milhões de habitantes, segundo dados estatísticos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas - IBGE, (2020), conforme figura 12 abaixo.



Figura 12 – UTE Breitener Tambaqui

### 3.3. Estrutura da termoeletrica

Formada por um conjunto de equipamentos adequadamente dispostos, que têm por finalidade produzir energia elétrica a partir de energia térmica e através da reação de combustão (queima de combustíveis). A figura 13 representa o ciclo de distribuição usina termoeletrica.

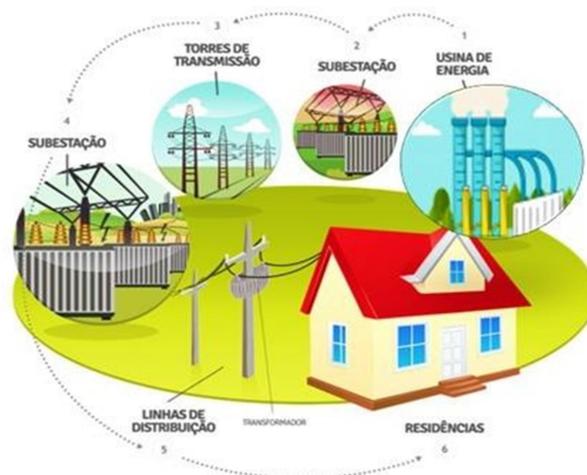


Figura 13 – Ciclo de distribuição da usina termoeletrica

A usina possui 5 motores de combustão interna, sendo 3 (três) motores do tipo 18V 48/60 de fabricação MAN B&W acoplados a geradores do tipo AMG 1600UU14 DSEB, 13,8kV de fabricação ABB, 1 (um) motor do tipo 18V 51/60 DF de fabricação MAN B&W acoplados a geradores do tipo AMG 1600UU14DSEB, 13,8kV de fabricação ABB, e 1(um) motor tipo 16V 32/40 de fabricação MAN B&W acoplados a geradores do tipo AMG 1120UP10 DSEA, 13,8kV de fabricação ABB, sendo os motores 18V 48/60 e 16V 32/40 movidos a óleo combustível (OC1A) e óleo diesel e o motor 18V 51/60 DF a óleo diesel e gás natural (bi-combustível).

A usina GEJ operará no ciclo OTTO a Gás Natural, sendo equipada com 23 (vinte e três) motores do tipo J620F111, configuração V60º, com 20 cilindros com potência mecânica de saída de 3.431 kW e potência elétrica de saída de 3.293 kWe, fabricação GE Jenbacher (GEJ), acoplados aos geradores do tipo DIG 142 d/4 de fabricação AVK com potência nominal de 4.102 KVA, fator de potência 0,8, 13,8KV, 60 Hz, 1800 rpm. O conjunto terá a capacidade de geração de 3.282KW/4.102KVA em 13.800V com fator de potência 0,8.

A usina possui uma subestação do tipo barramento simples com barramento de transferência equipada com dois (2) vãos de transformadores elevadores de 50 / 69 / 77 MVA, 13,8 – 69 kV +/- 2 x 2,5% de fabricação TRAF0, um vão de acoplamento e uma de linha com 5 km de 69kV, circuito simples para interligação com uma subestação da Amazonas Energia.

Na usina existem conjunto de tancagem para armazenamento de óleo combustível, óleo lubrificante e óleo diesel, bem como plataforma de descarga e sistema de combate a incêndio. Foram construídos na USINA Tambaqui prédios administrativos e de apoio para escritórios, refeitório, vestiário, segurança e oficina.

Na planta baixa, Figura 12 da Usina mostra área do almoxarifado e manutenção, distribuidora, casa das bombas, estação de tratamento de água, casa das caldeiras, usina MAN e usina GEJ.

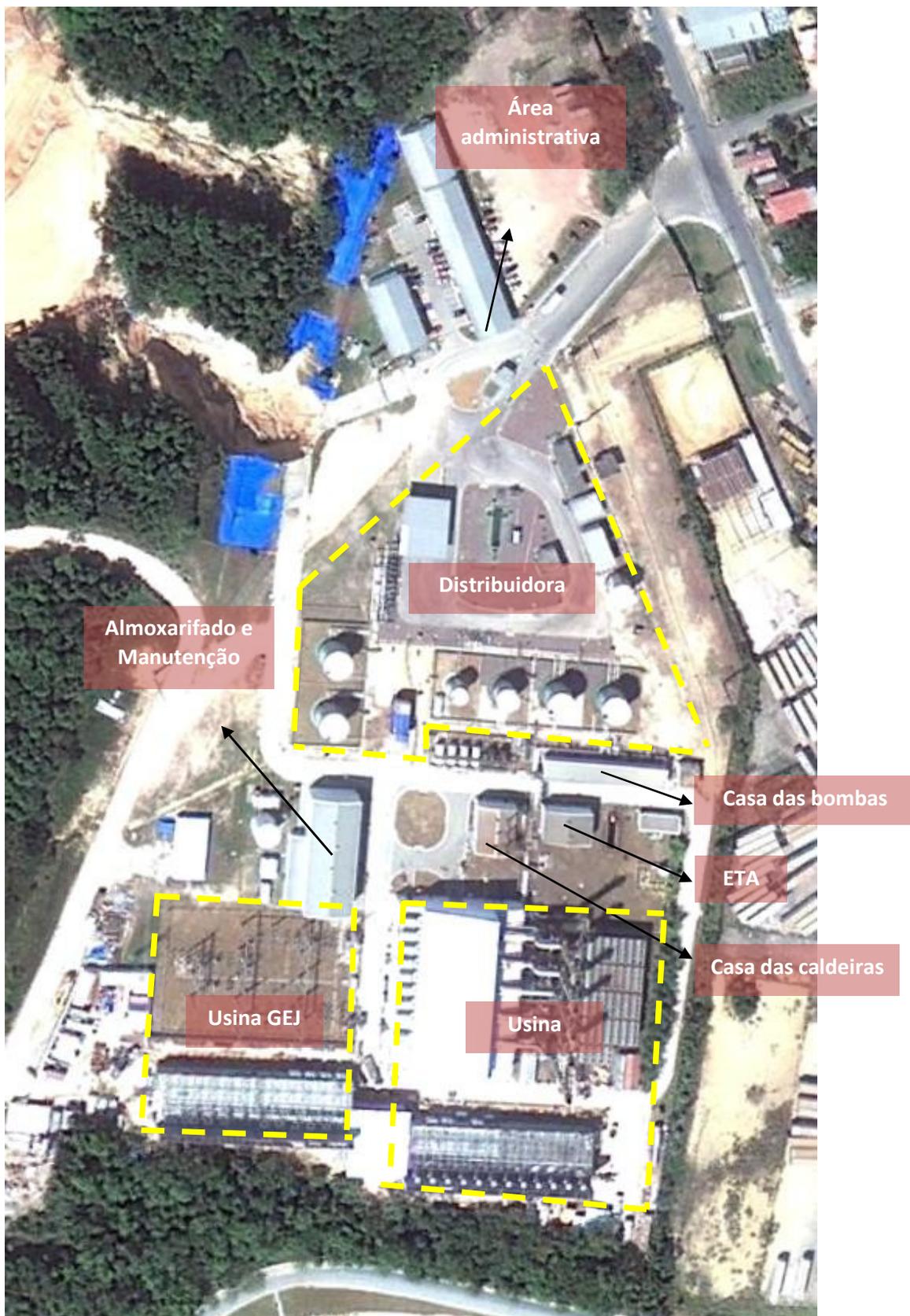


Figura 14 – Estrutura da Usina Termoelétrica

### 3.3.1. Grupos geradores da UTE

Para toda a usina foram instalados dois sistemas independentes de combate a incêndio por meio de água, sendo um para a área de tancagem e outro para a casa de máquinas, radiadores, caldeiras, tratamento de água, transformadores da subestação elevatória, edifícios administrativos, vestiário, refeitório e edifício de almoxarifado e manutenção. Cada um desses sistemas constará de um tanque, uma bomba elétrica tipo “Jockey” e uma bomba diesel. As duas redes de combate a incêndios terão tubulação, válvulas, hidrantes e caixas de mangueiras. Os dois sistemas de alarme de incêndio serão interligados.

Além disso, será providos extintores portáteis e semiportáteis (sobre rodas) tipo pó seco e de CO<sub>2</sub>. Para os transformadores elevadores de tensão principais da usina, que são resfriados a óleo, serão providos sistemas de dilúvios. Estes sistemas são alimentados por uma das redes de combate a incêndios por meio de água (Figura 15).



Figura 15 – Sistema de combate de incêndio

#### 3.3.1.1. O sistema de combate de incêndio

O sistema de combate a incêndio é o conjunto de medidas para detectar e controlar o rastro do fogo, facilitando seu combate e garantindo a segurança da edificação, das pessoas e bens. sendo composta conforme listagem abaixo.

- Hidrantes duplos;
- Válvulas dilúvio;

- Reservatório de água para incêndio;
- Bomba principal elétrica;
- Bomba reserva diesel;
- Bomba Jockey;

### **3.3.1.2. O sistema de tratamento de água**

É o conjunto de instalações e equipamentos destinados a realizar o tratamento da água bruta, sendo composta conforme listagem abaixo, figura 16.

- 1 filtro de areia;
- 1 filtro de carvão ativado;
- 1 trocador catiônico;
- 1 trocador aniônico;
- 1 tanque de água filtrada;
- 2 tanques de água desmineralizada;
- 1 tanque de ácido;
- 1 tanque de soda;
- 1 tanque de armazenamento de ácido;
- 1 tanque de armazenamento de soda;
- 1 tanque de hipoclorito de sódio;
- 1 tanque de armazenagem de hipoclorito de sódio;
- 2 bombas de água filtrada;
- 2 bombas de alimentação do trocador catiônico;
- 2 bombas de diluição;
- 2 bombas de make up;
- 1 bomba dosadora de hipoclorito de sódio;



Figura 16 – Sistema de tratamento de água

### 3.3.1.3. O parque das bombas

São máquinas que realizam trabalho sobre um fluido líquido com a finalidade de deslocá-lo, sendo composta conforme listagem abaixo, figura 17.

- 9 purificadoras centrífugas de óleo combustível, com capacidade de 12 m<sup>3</sup>/h;
- 6 bombas de alimentação do anel de óleo combustível, capacidade 20 m<sup>3</sup>/h, 10 bar;
- 3 estação de filtragem automática com retrolavagem, capacidade “mesh size” 0,034 mm;
- 1 tanque de coleta de óleo combustível, capacidade 0,5 m<sup>3</sup>;
- 6 bombas de alimentação do anel de óleo diesel, capacidade 20 m<sup>3</sup>/h, 5 bar, cada;
- 2 bombas de recirculação de óleo lubrificante, capacidade 10 m<sup>3</sup>/h, 3 bar, cada;
- 2 bombas de reposição de óleo lubrificante, capacidade 3 m<sup>3</sup>/h, 3 bar, cada;
- 1 bomba de remoção de borra da separadora água/óleo do pátio, capacidade 5 m<sup>3</sup>/h;
- 2 bombas de esgotamento de borra dos tanques de borra, capacidade 2,2 m<sup>3</sup>/h;



Figura 17 – Parque de bombas

#### **3.3.1.4. Sala de painéis elétricos**

O cubículo de média tensão é um equipamento destinado para o abrigo de instalações elétricas e para a organização de cabos, compreendendo as unidades funcionais de compartimento de barras, de manobras e de conexão, sendo composta conforme listagem abaixo, figura 18.

- conjunto de cubículos de 13,8 kV;
- 3 resistores de aterramento dos geradores;
- conjunto de painéis de baixa tensão;
- 4 painéis de baixa tensão (460V);
- 1 painel de baixa tensão (220/120V);
- 1 painel de baixa tensão 125Vcc;
- 2 bancos de capacitores (460V);
- 2 conjuntos para ar condicionado;



Figura 18 – Sala de painéis elétricos

#### **3.1.1.1. Sala de controle**

A operação da usina GEJ, em condições normais é realizada por meio dos Sistemas de Supervisão e Controle; um para a usina, que compreende os grupos geradores e seus auxiliares; e outro para a subestação de 69 kV, sendo composta conforme listagem abaixo, figura 19.

- conjunto de painéis de supervisão;
- controle e proteção da subestação de 69 kV;
- conjunto de Interfaces Homem Máquina;
- 1 painel de medição de energia;
- 1 sistema de ar condicionado;
- 1 sistema de comunicação de dados e de voz



Figura 19 – Sala de controle

### 3.1.1.2. Casa das máquinas

A casa de máquinas é um espaço onde são instalados os equipamentos que gera a energia/eletricidade, sendo produzida a partir da queima de gás. O gerador a gás funciona com o ciclo do tipo Otto de combustão interna onde gás é queimado para gerar energia mecânica que é convertida em energia elétrica através do alternador, , sendo composta conforme listagem abaixo, figura 20.

- 1 sistema de ventilação da Casa de Máquinas;
- 4 sistemas de admissão do ar de combustão;
- 4 sistemas de exaustão dos gases de combustão;
- 2 grupos geradores de 18.900 kW, 13,8 kV;
- 2 grupo gerador de 7.680 kW, 13,8 kV;
- 1 gerador de emergência de 750 kW, 440 V;
- 4 tanques de coleta de óleo lubrificante residual, capacidade 500 l;
- 4 medidores de volume de óleo lubrificante;
- 4 módulos de purificação de óleo combustível;
- 4 módulos de refrigeração de óleo lubrificante;

- 4 módulos de refrigeração do turbo compressor dos motores;
- 4 módulos de água de refrigeração dos bicos injetores dos motores;
- 4 módulos de água de refrigeração dos motores;
- 4 conjuntos de radiadores de refrigeração dos motores;
- 4 tanques coletores de água de resfriamento, capacidade 10 m<sup>3</sup>;
- 4 tanques de expansão de água de resfriamento dos motores;
- 4 tanques de ar comprimido de partida dos motores;
- 3 secadores de ar comprimido;
- 4 tanques de ar comprimido de serviço;
- 3 compressores de alta pressão, 30 bar, 150 m<sup>3</sup>/h;
- 1 compressor de baixa pressão, 11 bar, 118 m<sup>3</sup>/h;
- 4 painéis de controle dos geradores;
- 4 painéis de alimentação dos auxiliares dos grupos;
- 4 painéis de alimentação dos moto-ventiladores dos radiadores;
- 1 ponte rolante com capacidade de 10 t;



Figura 20 – Casa das máquinas

### 3.1.1.3. Substação

A subestação de 69 kV foi construída com estruturas de concreto armado. Para dar-lhe uma maior flexibilidade operacional, ela foi concebida segundo o esquema de barramento principal e barramento de transferência, sendo composta conforme listagem abaixo, figura 21.

- 1 conjunto de estruturas de concreto;
- 2 barramentos principais;
- 4 vãos de transformadores elevadores;
- 1 vão de disjuntor de acoplamento;
- 4 vãos de saída de linha.



Figura 21 – Substação

### 3.1.1.4. Casa de caldeira

A caldeira é um equipamento de larga utilização na indústria, onde sua principal função é gerar vapor para diversos fins. Estes equipamentos térmicos tão importantes transformam água em vapor, utilizando para isso a queima dos mais diversos tipos de combustíveis, sendo composta conforme listagem abaixo, figura 22.

- 3 caldeiras compactas flamotubular, 4 t/h, 12 bar;
- 3 tanques de óleo diesel de partida;
- 3 tanques diários de óleo combustível;
- 1 tanque de limpeza (flush);
- 1 módulo de coleta de amostra de vapor.



Figura 22 – Casa de caldeiras

### **3.2. Estrutura organizacional**

A usina termoeletrica detém uma estrutura com um número de 100 colaboradores, é formada pelos setores de manutenção mecânica, manutenção elétrica, SMS, planejamento, operação e engenharia, com funcionamento de 24 horas por dia. A figura 23 abaixo representa a estrutura organizacional da empresa, e ela passa por 15 diretrizes corporativas de segurança, meio ambiente e saúde.

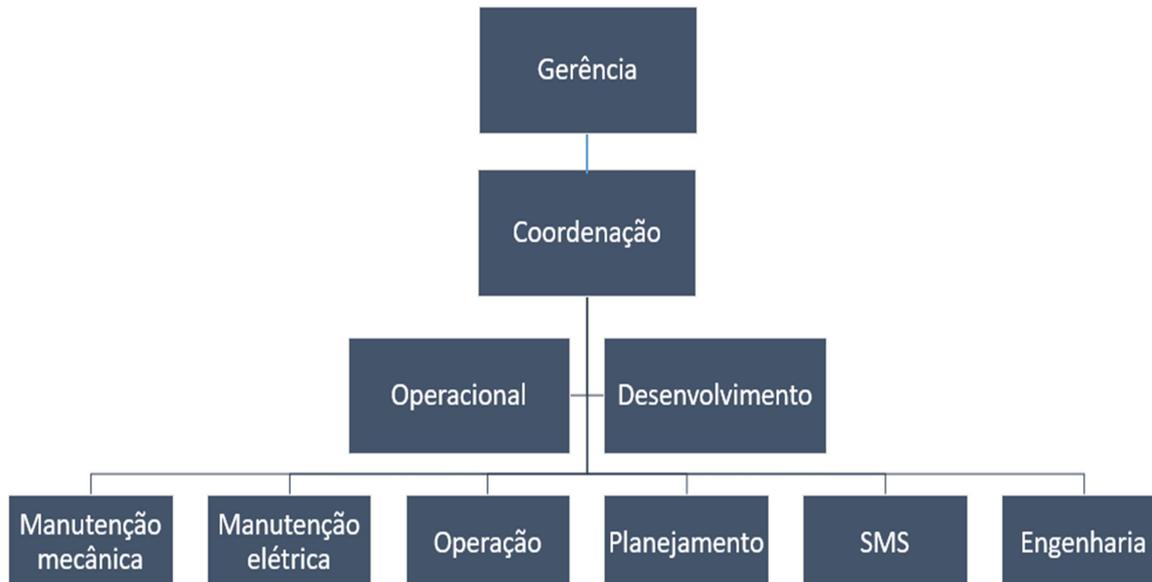


Figura 23 – Organograma da Breitener

**Liderança e Responsabilidade** - Integrar segurança, meio ambiente e saúde à sua estratégia empresarial, reafirma o compromisso de todos os seus empregados e contratados com a busca de excelência nessas áreas.

**Conformidade Legal** - As atividades da empresa devem estar em conformidade com a legislação vigente nas áreas de segurança, meio ambiente e saúde.

**Avaliação e Gestão de Riscos** - Riscos inerentes às atividades da empresa devem ser identificados, avaliados e gerenciados, de modo a evitar a ocorrência de acidentes e/ou assegurar a minimização de seus efeitos.

**Novos Empreendimentos** - Os novos empreendimentos devem estar em conformidade com a legislação e incorporar, em todo o seu ciclo de vida, as melhores práticas de segurança, meio ambiente e saúde.

**Operação e Manutenção** - As operações da empresa devem ser executadas de acordo com procedimentos estabelecidos e utilizando instalações e equipamentos adequados, inspecionados e em condições de assegurar o atendimento às exigências de segurança, meio ambiente e saúde.

**Gestão de Mudanças** - Mudanças, temporárias ou permanentes, devem ser avaliadas visando à eliminação e/ou minimização de riscos decorrentes de sua implantação.

**Aquisição de Bens e Serviços** - O desempenho em segurança, meio ambiente e saúde de contratados, fornecedores e parceiros deve ser compatível com o do Sistema Petrobras.

**Capacitação, Educação e Conscientização** - Capacitação, educação e conscientização devem ser continuamente promovidas, de modo a reforçar o comprometimento da força de trabalho com o desempenho em segurança, meio ambiente e saúde.

**Gestão de Informações** - Informações e conhecimentos relacionados a segurança, meio ambiente e saúde devem ser precisos, atualizados e documentados, de modo a facilitar sua consulta e utilização.

**Comunicação** - As informações relativas a segurança, meio ambiente e saúde devem ser comunicadas com clareza, objetividade e rapidez, de modo a produzir os efeitos desejados.

**Contingência** - As situações de emergência devem estar previstas e ser enfrentadas com rapidez e eficiência visando à máxima redução de seus efeitos.

**Relacionamento com a Comunidade** - A empresa deve zelar pela segurança das comunidades onde atua, bem como mantê-las informadas sobre impactos e/ou riscos eventualmente decorrentes de suas atividades.

**Análise de Acidentes e Incidentes** - Os acidentes e incidentes decorrentes das atividades da empresa devem ser analisados, investigados e documentados, de modo a evitar sua repetição e/ou assegurar a minimização de seus efeitos.

**Gestão de Produtos** - A empresa deve zelar pelos aspectos de segurança, meio ambiente e saúde de seus produtos, desde sua origem até a destinação final, bem como empenhar-se na constante redução dos impactos que eventualmente possam causar.

**Processo de Melhoria Contínua** - A melhoria contínua do desempenho em segurança, meio ambiente e saúde deve ser promovida em todos os níveis da empresa, de modo a assegurar seu avanço nessas áreas.

#### **4.0 Coleta de dados**

O processo de coleta de dados para realização desta pesquisa ocorreu no primeiro trimestre de 2020, no setor de manutenção e operação. Obedeceu a uma ordem de atividades: visitas *in loco*, observação direta, registros fotográficos, aplicação de questionários e entrevistas com os funcionários da empresa, desenvolvidos especificamente para este fim. Os seguintes pontos a serem observados:

Definição do problema, Sistema de mobilidade Brizzo, Dispositivo, Módulos de sistema, Principais funcionalidades, Custo, Impactos no planejamento e Impactos no manutenção.

O setor de operação é responsável pelo funcionamento dos equipamentos de produção para manter o produto final que é a energia e coleta várias variáveis/parâmetros de funcionamento de vários equipamentos em diversos sistemas e que através destas informações, é feita uma análise para que se venha garantir a maior confiabilidade dos equipamentos e consequentemente da produção.

A produção contratada da usina é 60 MW líquidos de geração elétrica por dia, para atender contratos com empresas públicas e privadas. O setor de planejamento é responsável pelo processo de controladas manutenções dos equipamentos ligados diretamente e indiretamente a produção, através de análises das variáveis coletadas pela operação, ordens de manutenção, históricos, controle de horas, análise de materias, planos de manutenção, entre outros.

A rotina diária do processo, proporciona identificar as necessidades de manutenções preventivas e corretivas geradas diariamente, seja ela através de notas de manutenção (informadas pelo setor de operação) ou através dos planos de manutenção. Através da detecção de necessidades corretivas, são criadas notas de manutenções, que passam por avaliações do

supervisor de operação, como mostra a figura 24 abaixo.

Nota	9388316	ZF	UGGN-24 MANOMETRO PRESSAO AGUA LT DANIF
Status da nota	MSIM MSPR ORDA	INIT	
Ordem	2015462881		
<b>Dados Gerais</b>   Prioridade/Avaliação   Disponib. Instalação   Localização / Classif. Contábil			
<b>Objeto de referência</b>			
Loc. instalação	JRUG24.SMAO.INM00_	SENSOR PRES DE AG DE LT - NUP10-24	
Equipamento			
Conjunto			

Figura 24 – Tela de uma falha de um motor

Observe que, após a identificação da falha/defeito, é criada uma nota de manutenção com os dados necessários para o manter informado sobre a necessidade de correção. Esse documento é impresso para que possa ser emitida uma ordem de manutenção e assim ser anexada junto à permissão de trabalho a ser revisado pelo setor de SMS e operação para após ser realizado a atividade pelo setor de manutenção.

#### 4.1 Análise de dados

Os dados obtidos durante a realização das visitas *in loco* e da observação direta, foram tabulados em planilhas do programa Microsoft Excel para que pudessem ser analisados e interpretados posteriormente no qual foram geradas tabelas, quadros e gráficos sobre os itens citados na coleta de dados. Com as informações obtidas através da entrevista e com auxílio de documentos de informações sobre a UTE, e com a utilização de ferramentas metodológicas, possibilitaram de forma satisfatória atingir o objetivo geral e os específicos.

### 5.0 Análise crítica, resultados e discussões

#### 5.1 Definição do problema

De acordo com o levantamento de dados, foi observado que diariamente são impressas mais de 20 ordens de serviços, causando uma desorganização e falta de controle, além de diversas falhas como: perda da ordem pelo mantenedor,

consequentemente perdendo informações importantes; as ordens de serviços quando eram de forma impressa, ocorria as vezes por descuido serem molhadas, sujas, cortadas e amassadas; dificuldades no entendimento da legibilidade da escrita do técnico quanto as informações de execução; demora no retorno das informações de campo quanto a execução da atividade; demora na inclusão das informações no sistema de gestão da manutenção.

As figuras 25 e 26 mostram a desorganização devido o grande número de impressões de ordens de serviços diariamente.



Figura 25 – Acúmulo de ordens de serviços para verificação/encerramento



Figura 26 – Arquivamento

O arquivamento é feito em pastas, causando um excesso de peso nas estantes e nos armários. Esse problema é comum, no entanto, a criação de uma ferramenta tecnológica, permitiria a digitalização e conseqüentemente melhoraria o processo, pois a desorganização dificulta a confiabilidade das informações tais como histórico, análise de falhas, horas trabalhadas, relatórios técnicos e evidências. Nota-se na figura 27 abaixo uma amostra breve das ordens de manutenções criadas devido ao alto índice de falha/defeito ocorridos durante o dia.

Um sistema de virtualização da manutenção, proporciona a resolução de imediato do problema comum como o acúmulo de papéis, assim como a otimização do tempo e custo e organiza de forma prática e objetiva as atividades da usina. Alguns passos precisam ser seguidos para a implantação de forma ágil segura do sistema.

Ordem	P	Descrição	Tp.	T.Int.	P
2015443262	7	UGGN-02 VIBRACAO EXCESSIVA GEARBOX	ZF	5	
2015443874	3	UGGN-02 INST PLATAFORMA SUPERIOR LD B	ZS	2	X
2015450306	7	UGGN-02 VAZ ÓLEO LUBR PELO TROCADO CALOR	ZF	5	
2015450321	6	UGGN-12 SOLENÓIDE DE ABASTEC ÓLEO CARTER	ZF	5	
2015450335	4	CORRIGIR VAZAMENTO DE AGUA NA ETA	ZF	5	
2015450428	5	1BA001 FALHA BOMBA AGUA ALIMENTACAO C1	ZF	6	
2015451402	4	1FIL003 FALHA NO FILTRO AUTOMATICO HFO	ZF	5	X
2015451432	9	CC-CA002 FORNALHA FURADA	ZF	6	X
2015451438	8	CALD 3 VAZ VAPOR VISOR DA CALDEIRA	ZF	5	
2015451457	6	2P029-BOMBA DE TRANS DE BORRA COM AVARIA	ZF	6	X
2015451461	4	2P008-AVARIA NO RETENTOR DA BOMBA	ZF	5	

Figura 27 – Tela de análise de ordens de serviços abertas

É realizado o mapeamento atual do processo, para que possa ser desenvolvido um protótipo para ser aplicado o sistema de mobilidade. É necessário a configuração dos dispositivos móveis que serão utilizados pelos mantenedores em campo. Após todo o processo de instalação, vem a parte do treinamento com os setores operacionais e alta gestão que ficaram responsáveis pela a inclusão e monitoramento do sistema. Finalizando ocorrerá a simulação com todos os envolvidos trazendo a realidade das atividades em campo para o processo digital.

Com o dispositivo em mãos, visa eliminar as falhas do processo e conseqüentemente trazer mais confiabilidade e rapidez nas informações das atividades realizadas em campo.

## 5.2 Processo de manutenção

O principal fluxo é para Demandas Planejadas, que tem por características serem possíveis efetuar ao menos uma breve



comunicação e/ou redes sociais. Destacamos também pela facilidade e agilidade no registros das informações, tanto na forma digitada quanto em registros fotográficos, audios e vídeos. Com a adequação do sistema de mobilidade facilitará o processo, trazendo inumeros beneficios a curto, medio e longo prazo, obtendo excelentes resultados com mais eficácia e eficiência na tomada de decisão da manutenção, podendo assim ser alcançado os objetivos pretendidos.

O sistema de mobilidade tem como diferencial o funcionamento online somente para obter as informações de execução importação/exportação (notas, ordens, materiais, ferramentas, procedimentos) e totalmente off-line após a obtenção das informações necessárias. A interface é multi- idioma e multi-plataforma, podendo ser utilizado para Android, IOS e Windows Desktop. O sistema de mobilidade escolhido é, denominado Mobile EAM, pela sua facilidade de usabilidade, por já ter sido implantado em grandes empresas e ser certificada pela empresa SAP no sistema R/3 com única empresa a ter tal certificação, além de ter suporte técnico altamente especializado (figura 30).



Figura 30 – Sistema Sigga Mobile EAM

#### 5.4 Arquitetura do sistema de mobilidade SIGGA MOBILE EAM

Por ser um sistema totalmente integrado com o ERP da empresa, existem algumas camadas de comunicação para validação dos dados transmitidos entre o APP e o ERP, a figura 30 mostra de forma clara como se dá essa integração.

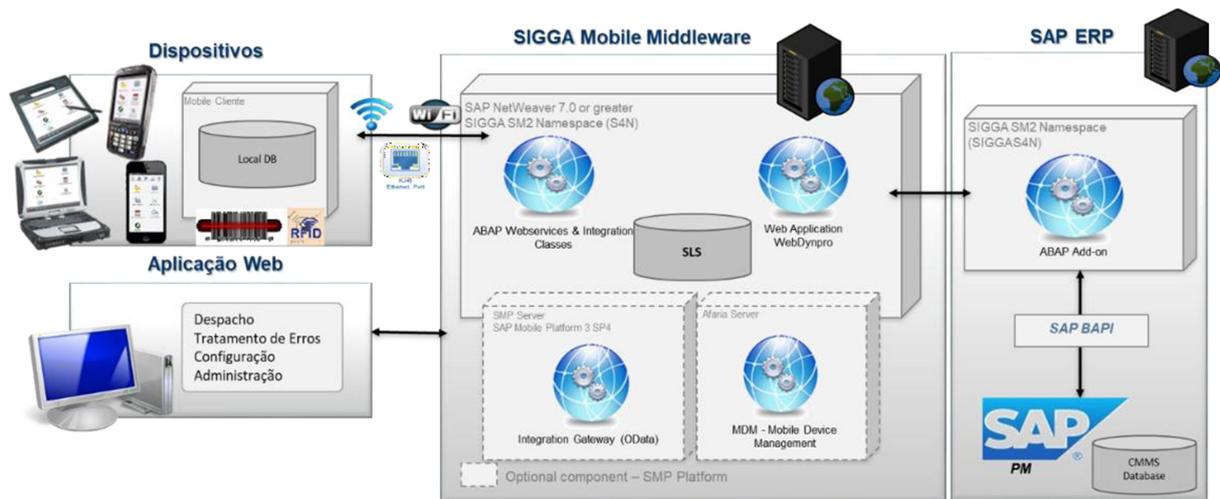


Figura 31 – Processo de comunicação e integração APP x SAP

## 5.5 Funcionalidades do sistema

Para ter um bom funcionamento do sistema é necessário que o responsável entenda quais são as principais funcionalidades. Portanto serão descritas em um breve resumo cada. O primeiro passo é a manutenção planejada que possibilita a execução de ordens de manutenção previamente programadas no SAP; Ordens de operações e visualização de informação e comunicação; Registro de mão de obra (automática, manual ou clonagem); Apontamento de materiais planejados e não planejados; Visualização do histórico de manutenção por equipamento; Alteração de status da ordem de manutenção; Atendimento de rota de inspeção. Em seguida temos os documentos de medição que possibilita a criação de registros de documentos de medição para os pontos de medição, segue lista abaixo.

- documentos para nova medição;
- Informações dos pontos de medição para utilização no SAP;
- Visualização do histórico de medições, depois a criação de ordens que possibilita a criação de registros e ordens de manutenção;
- Criação e reporte de ordens com operações, detalhes, observações e texto longo etc;
- Visualização do histórico de manutenção por equipamento; Mudanças de status da ordem;
- Criação de relatórios de falhas (quando necessário/aplicável);

- Criação de Notas que permite a abertura e registros de notas; Criação de uma nota e designação para um Departamento/Pessoa;
- Informações sobre a nota. código de barra que registra o número de inventário do local de instalação e/ou equipamento com o identificador para o código de barra. Sincronismos de dados entre o SIGGA MOBILE EAM e o SAP ECC; +40 pontos de integração (certificados pela SAP);
- Características nova interface de usuário; menor necessidade de intervenção do usuário final; Maior Performance; Indicadores de conectividade e transferência de dados. Apontamento de tempo, mão-de-obra e materiais;
- Criação de ordens com base em lista de tarefas; Criação de ordem com modelo; Reserva de material; Reserva de material com lista técnica;
- Criação de nota de manutenção; Registro de ordens com fotos e documentos; Identificação por RFID, QR e Barcode; Pesquisa e localização de ativos por GPS; Estatísticas de ordens de serviço e operações.

## 5.6 Benefícios do aplicativo do sistema de virtualização

Por meio de utilização de tecnologias e soluções integradas que maximizam a produtividade e reduzem custos em atividades operacionais e de manutenção industrial e otimizam o processo, destacamos alguns benefícios como, figura 32 e 33:

- Melhoria na padronização dos processos operacionais e obtendo mais assertividade nas atividades em campo;
- Informações precisas garantindo a atualização do SAP com dados precisos, coletados por meio de uma ordem de serviço eletrônica, aumentando a qualidade das informações para a engenharia de manutenção;
- Otimização com o acompanhamento das atividades do mantenedor e análise o tempo, desvios e paradas na execução dos serviços, possibilitando revisar planos e realocar recursos;
- Confirmação efetiva da execução, permitindo que o mantenedor tenha em campo a mobilidade e os dados necessários para a confirmação dos serviços no momento da execução das atividades;
- Melhoria nos indicadores, tendo em mãos dados confiáveis para gerenciar melhor suas paradas e garantir um reparo mais rápido;
- Envio eletrônico e automatizado das ordens de manutenção, agilizando o atendimento a chamados de manutenção;
- Integração direta com o SAP R/3 PM, eliminando a necessidade de digitadores para entrada de dados;
- Identificação e localização de equipamentos via GPS ou Beacons;
- Identificação de ativos por QR Codes, RFID, GPS e Beacons (BlueTooth);

- Apontamento de mão-de-brá simplificado e automático de tempos de mão de obra (play/stop).

## Macro processo | As is x To be



Figura 32 – Processo macro (As is x To be)



Figura 33 – Catálogo dos principais clientes

## 6.0 Impactos no processo

### 6.1 Impactos no planejamento

Foi realizado uma simulação pro bono do sistema de mobilidade iniciado no segundo semestre de 2020, para mensurar os custos x benefícios da implantação do sistema. Teve um resultado satisfatório, principalmente no setor de planejamento, ocorreu uma grande e notoria otimização relacionando custos no que se refere às impressões e arquivamento das notas/ordens de manutenção. O processo tornou-se mais ágil e a informação entre lideranças nos setores de manutenção e planejamento tornaram-se mais eficazes e confiáveis, após o rápido retorno da informação descrita na confirmação das atividades executadas pelos mantenedores pelo sistema de mobilidade.

O reflexo disso é o local onde ficava as ordens de serviços arquivadas, agora se pode ver o local sem acúmulos de papéis conforme a figura 34, seguindo as ferramentas do *Lean Manufacturing* citadas no início do trabalho.



Figura 34 – Armário vazio

As ordens anteriores foram copiadas e armazenadas em um local específico. Essa boa prática de manutenção foi vista com bons olhos perante a nossa gerência, logo foi criado o controle de indicadores da manutenção, para monitorar o que cada responsável estava fazendo durante sua jornada de trabalho com o planejamento de um dia semanal para apresentação desses resultados obtidos.

Atualmente facilitou o setor de planejamento com o monitoramento de rotinas operacionais e check list diários dos grupos geradores da UTE: sistema de bombas de incêndio, sistema de tratamento de água e sistema de painéis elétricos. Os gráficos abaixo mostram os indicadores de planejamento, cancelamento e execução. Ordem de serviço de manutenção planejada (OSMP), Ordem de serviço de manutenção cancelada (OSMC), Ordem de serviço de manutenção execução (OSME).

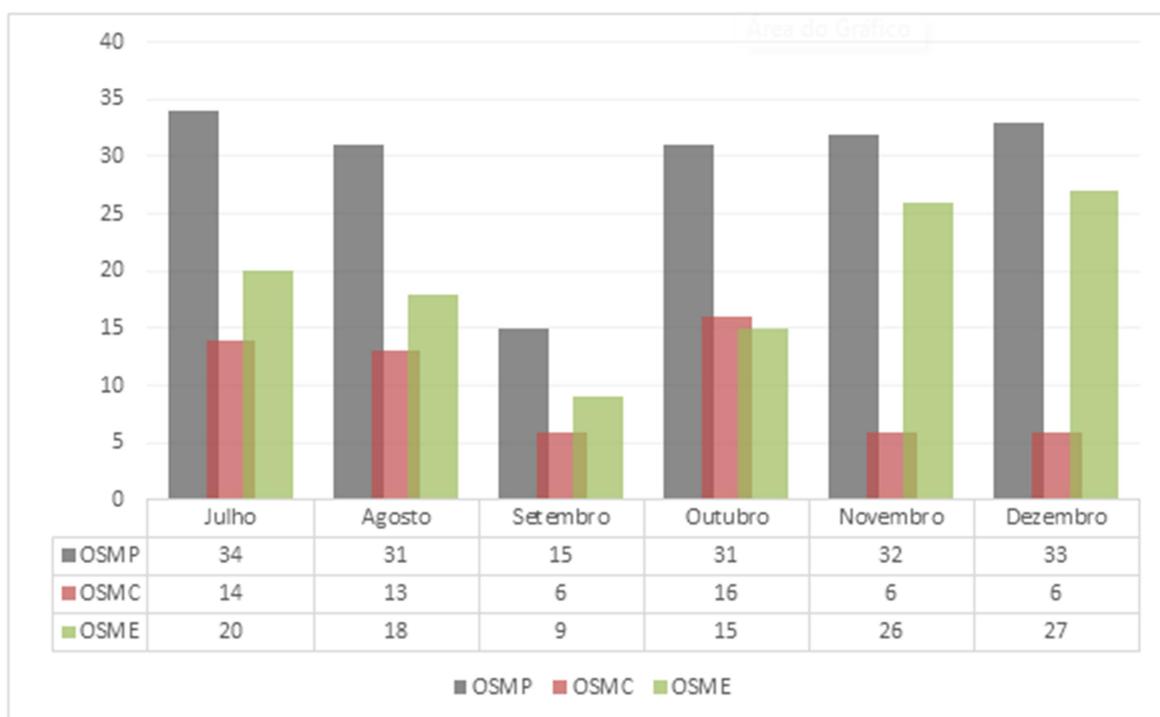


Figura 35 – Indicadores do sistema de bombas de incêndio

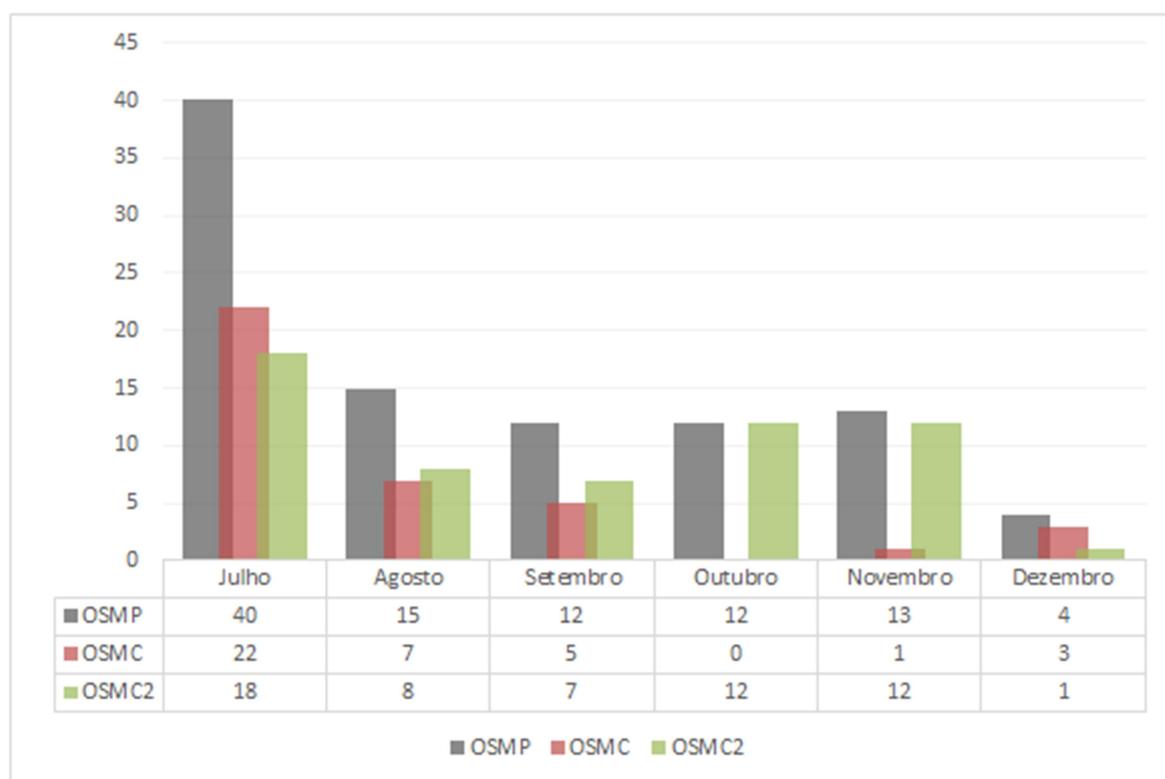


Figura 36 – Indicadores do sistema de tratamento de água

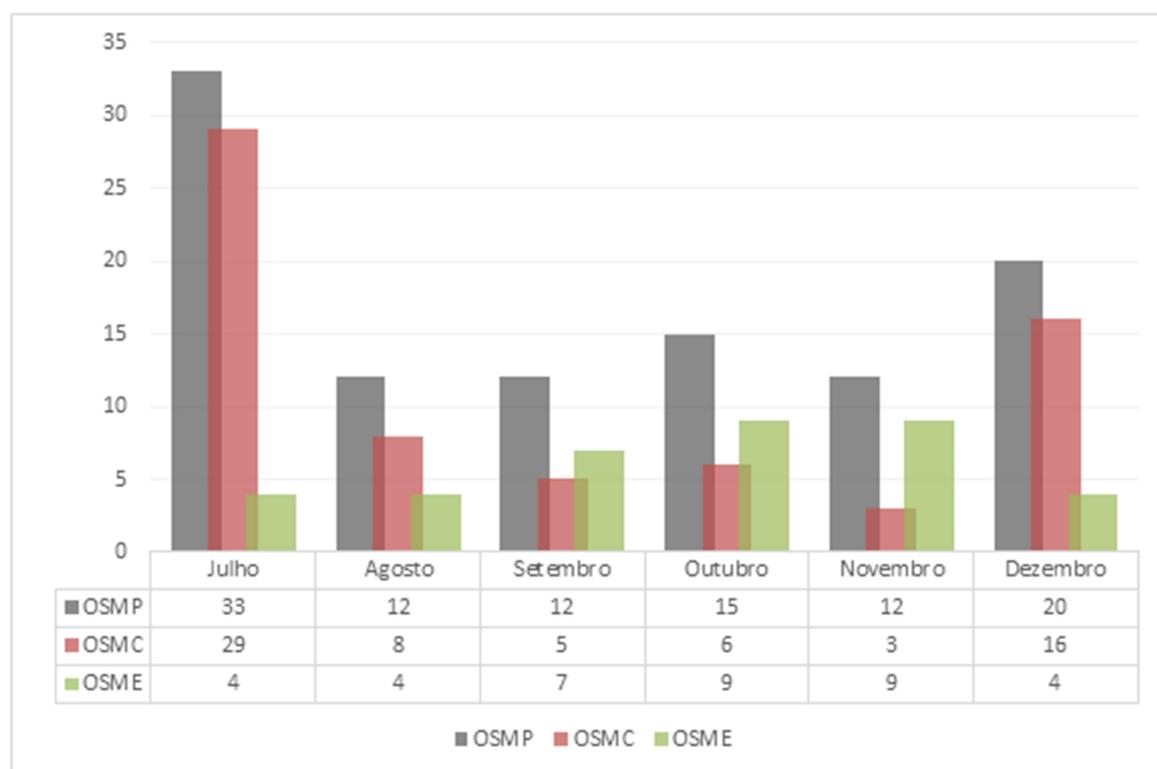


Figura 37 – Indicadores do sistema de painéis elétricos

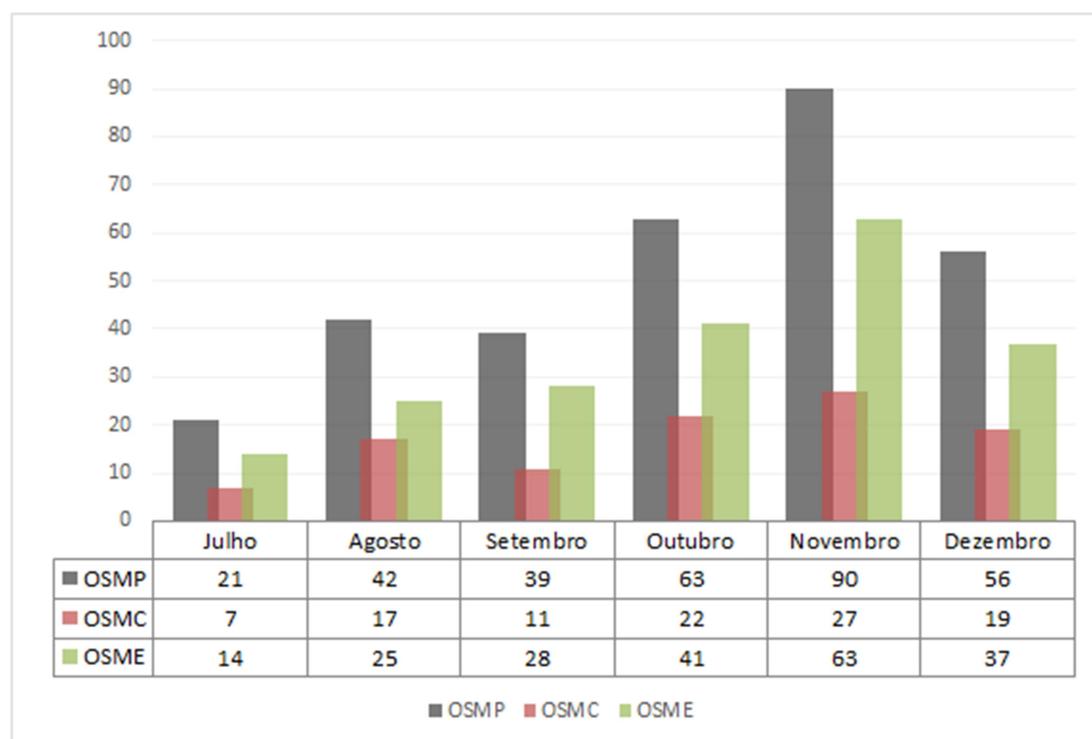


Figura 38 – Indicadores de outros serviços

O planejamento passou a ter mais controle das ordens no sistema, o índice de erro foi reduzido, a confiabilidade nas informações, o cuidado com o ativo foi melhorado e a produtividade do planejador aumentou consideravelmente. O planejamento seria o setor responsável por incluir e retirar ordens de manutenção dos dispositivos dos colaboradores, corrigir os erros e analisar cada apontamento de informações do mantenedor.

## 6.2 Impactos no processo da rotina de manutenção

O setor de manutenção hoje na usina, é o que mais utiliza os recursos do sistema, onde é feito o apontamento de informações de execução, reserva de material, análise de falhas da nota e inclusão de pontos de medição para variáveis em manutenções preditivas. Antes desse sistema, a manutenção necessitava de uma hora no dia ou mais, para fazer o apontamento no SAP, no qual o mesmo se deslocava até um computador e fazia seus apontamentos manuais, figura 39.

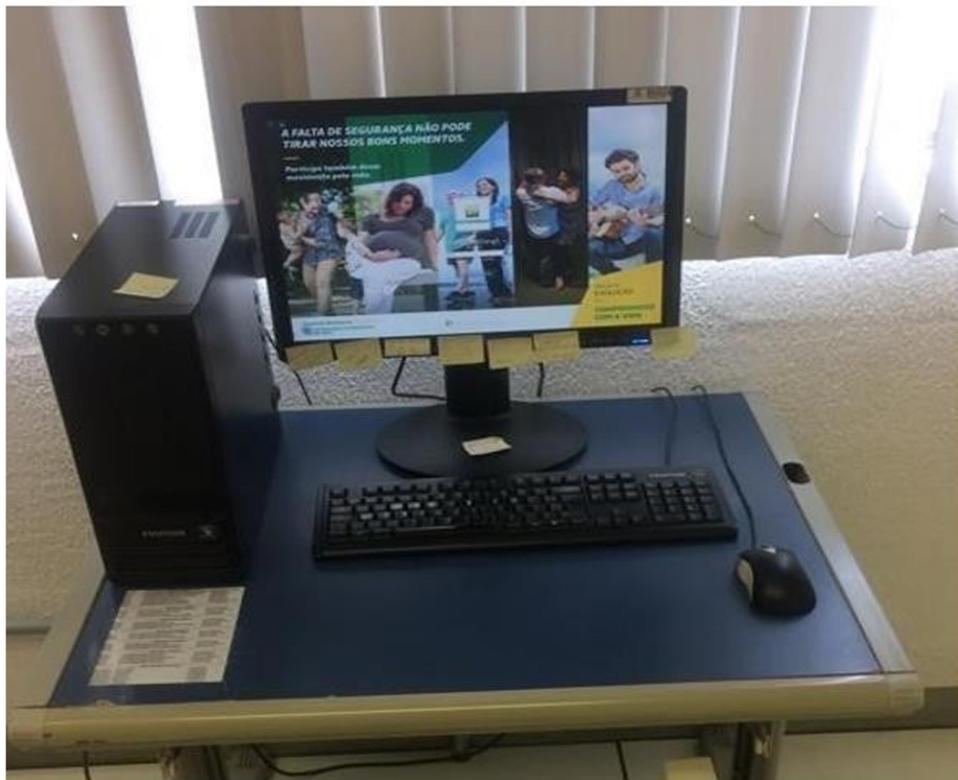


Figura 39 – Computador para o uso da manutenção

Com isso o colaborador perdia muito tempo, pois a demanda no sistema é muito alta, até porque cada responsável necessita cumprir com a manutenção programada no dia. Com todo esse atraso, havia dias que o responsável não fazia seus apontamentos, por saber que não conseguiria cumprir com a manutenção do dia e resultando no acúmulo de notas sem análise, necessitando de mais horas para fazer o apontamento, figura 40.

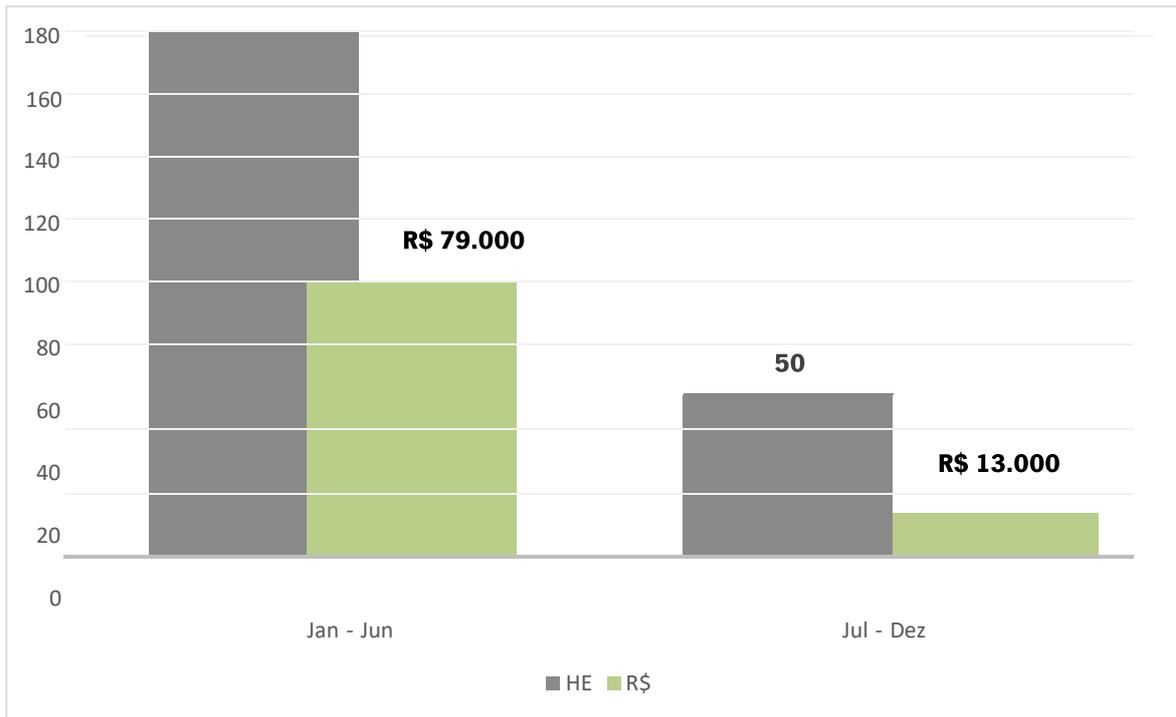


Figura 40 – Redução de custo em horas extras trabalhadas

Podemos observar que através dessa simulação foi realizado um comparativo entre o antes e depois com a implantação/utilização do sistema de mobilidade levando em consideração fatores primordiais para um ganho considerável na redução dos custos não somente com impressões, mas principalmente com a melhoria no processo é claramente evidenciada conforme as figuras 41 e 42 representada por gráficos.

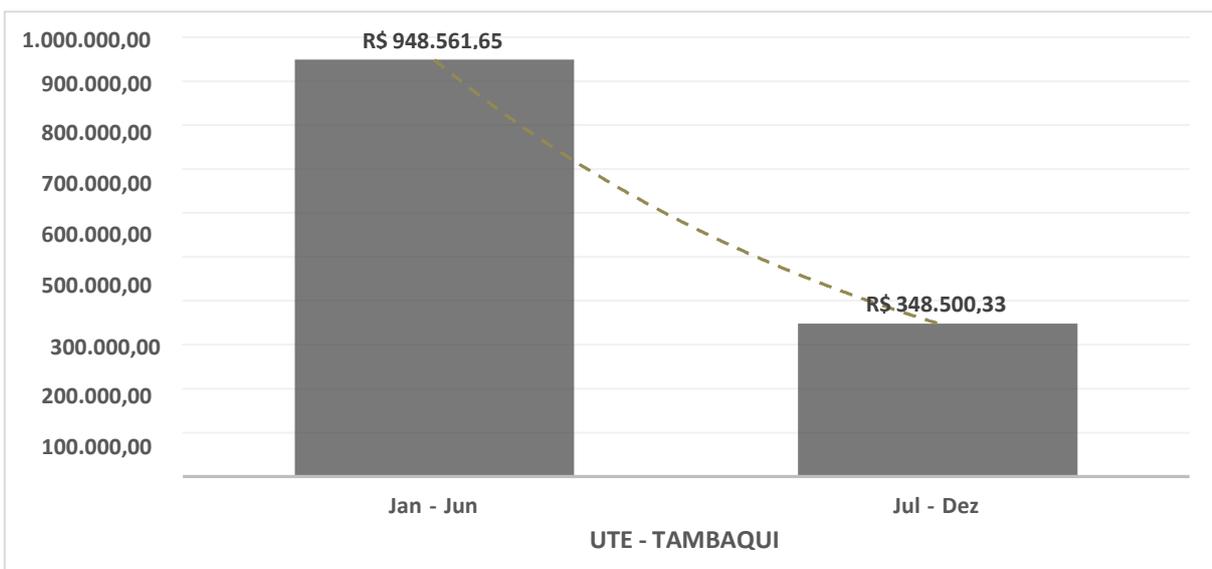


Figura 41 – Economia com o uso de mobilidade

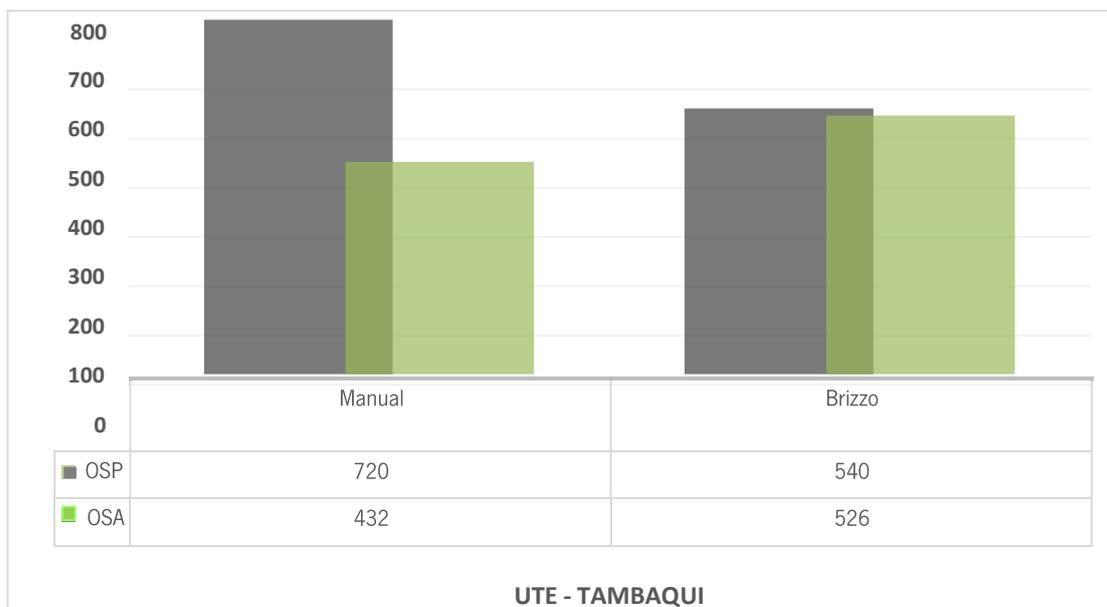


Figura 42 – Ordens de serviços programadas (OSP) x Ordens de serviços atendidas (OSA)

Os resultados obtidos com a simulação do sistema passaram a ser controlados através de indicadores de manutenção, e em um dos indicadores que mede a produtividade da manutenção, onde é realizado o levantamento de horas de cada colaborador, para indicar possíveis desvios da programação e/ou execução das atividades, que através de uma análise crítica pode-se chegar a melhoria do processo e um melhor aproveitamento da mão-de-obra disponível da manutenção. A figura abaixo demonstra a produtividade de cada mantenedor, com isso busca-se um melhor entendimento das atividades e consequentemente uma melhoria do aproveitamento da utilização da disponibilidade (figura 43).

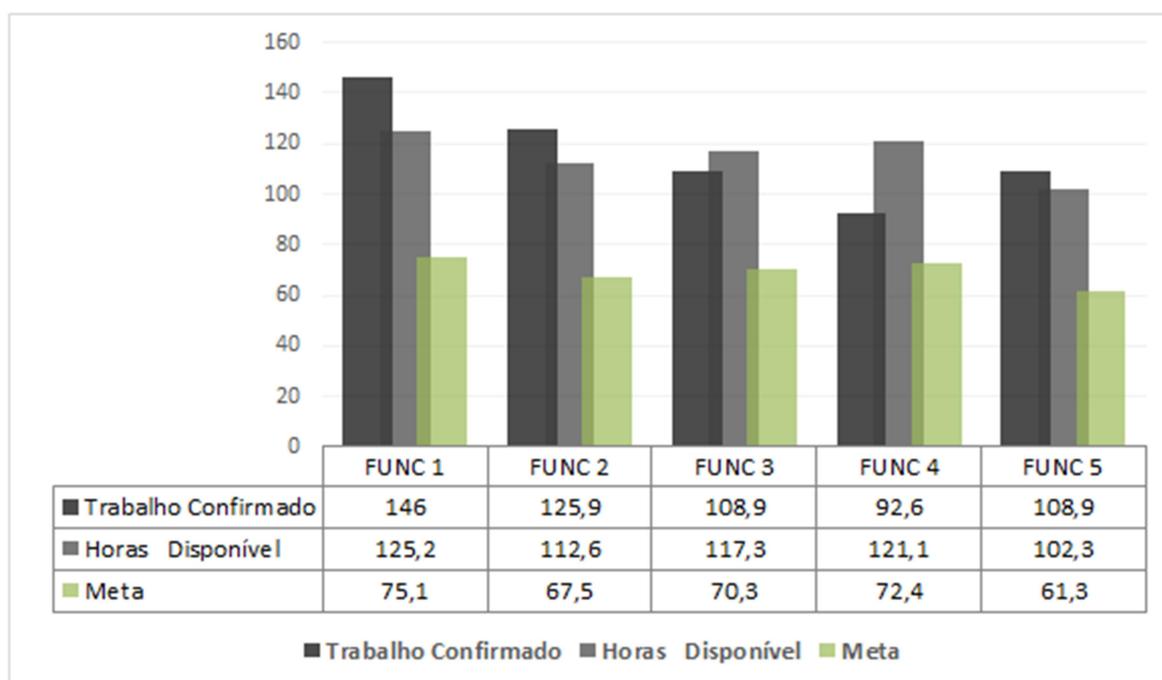


Figura 43– Acompanhamento dos colaboradores

Outra melhoria que a simulação mostrou foi a alteração na programação das intervenções que antes do sistema de mobilidade o mantenedor recebia a ordem de manutenção impressa no dia da execução da atividade, após a implantação as ordens são enviadas para o dispositivo no dia anterior a execução, sendo criado também uma tela com a programação do dia anterior, dia atual e do dia seguinte em uma TV instalada na sala de manutenção para consulta de qualquer mantenedor, operador, supervisão, gerência, etc.

Na figura 44 é possível observar a informação sendo exibida de fácil consulta, tendo também uma outra grande utilidade para acompanhamento tanto dos mantenedores quanto da liderança, em que com o sistema de mobilidade, os mantenedores fazendo sincronismo (envio) das informações de execução em tempo real, fazendo com que na tela de apresentação da programação possa ser exibido um farol onde vermelho significa que não foi feita nenhuma confirmação da atividade, amarelo quando a confirmação foi parcialmente realizada, ou seja, a atividade ainda continua a ser executada e verde, quando a confirmação foi finalizada, assim como, a ordem e consequentemente a atividade.

Intervenções Manutenção				
Ordem	OP	Descrição Ordem	Descrição Operação	Especialidade
2018904276	60	NGC-14 REVISAO INTERCOOLER	INSPEÇÃO NA COMPENSADORA TURBO	TECMEC02
2018904241	200	UGGN-14 - MPREV MOTOR GEJ 10.000 HORAS	REVISÃO DA INSTRUMENTAÇÃO	TECELE01
2018904241	10	UGGN-14 - MPREV MOTOR GEJ 10.000 HORAS	FOLGA DAS VÁLVULAS/SALIÊNCIA DA HASTE	TECMEC01
2018904241	30	UGGN-14 - MPREV MOTOR GEJ 10.000 HORAS	SUBSTITUIR VALVULA GAS PRE-CAMARA	TECMEC01
2018904241	250	UGGN-14 - MPREV MOTOR GEJ 10.000 HORAS	PREVENTIVA PRE-CAMARA 10K	TECMEC01
2018904241	90	UGGN-14 - MPREV MOTOR GEJ 10.000 HORAS	MISTURADOR DE GAS (MIX)	TECMEC01
2018904276	10	NGC-14 REVISAO INTERCOOLER	REVISÃO DO INTERCOOLER 10K	TECMEC01
2018904276	20	NGC-14 REVISAO INTERCOOLER	LIMPEZA DA VALVULA CORTA CHAMA 10K	TECMEC01
2018904276	30	NGC-14 REVISAO INTERCOOLER	INSPEÇÃO NA COMPENSADORA TURBO	TECMEC01
2018731137	10	UGGN-08 COLETA OL LUB CARTER (800HORAS)	COLETA OLEO LUBRIFICANTE (800 HORAS)	TECQUI01
2018902836	10	UGGN-04 COLETA OL LUB CARTER (800HORAS)	COLETA OLEO LUBRIFICANTE (800 HORAS)	TECQUI01
2018731031	10	UGGN-08 - MPREV LUBRIFICACAO GERADOR AVK	MPREV LUB DOS ROLAMENTOS (1000HRS)	TECMEC02
2018731075	10	UGGN-06 - MPREV LUBRIFICACAO GERADOR AVK	MPREV LUB DOS ROLAMENTOS (1000HRS)	TECMEC02

Figura 44 – Tela de simulação apresentada na TV com a programação

Por fim, o sistema de simulação mostrou que com a implantação do sistema de mobilidade, a supervisão consegue ter uma visão antecipada para tomada de decisão em tempo real, e com isso realizar melhorias quanto a distribuições das atividades, assim como ter um melhor acompanhamento diretamente no sistema SAP o que antes não ocorria. A programação passou a ser realizada no último dia útil da semana, o supervisor passou a se reunir com o planejador para planejar as ocorrências de manutenções da semana. Essa atividade é de suma importância, pois através da antecipação é possível

realizar mudança dos responsáveis pelas atividades afetar muito a programação do dia.  
quando ocorre a ausência de um mantenedor, sem

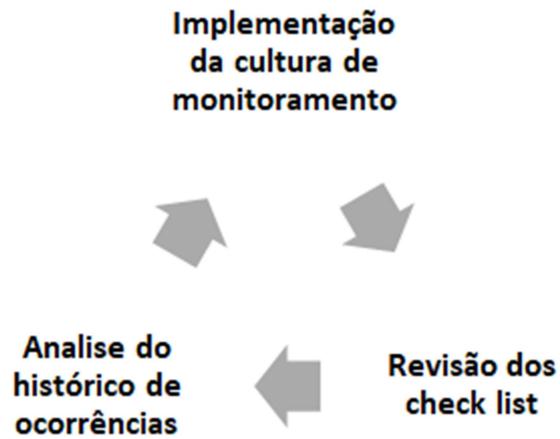


Figura 45 – Ciclo de monitoramento, das OSM

Com a antecipação das informações retornadas do campo e realização das atividades que também possuem anexos de fotos, vídeos por exemplo, o supervisor pode em conjunto com o mantenedor mesmo que estando longe tomar uma decisão sobre determinada questão durante uma atividade, (figura 45).

## 7.0 Conclusão

Neste capítulo são apresentados os principais resultados e as conclusões retiradas do desenvolvimento deste trabalho. Por fim são ainda sugeridas algumas propostas a serem desenvolvidas como um trabalho futuro para a empresa.

### 7.1 Considerações finais

A energia elétrica é cada vez mais indispensável para a sociedade moderna, pois com ela obtemos a luz, a manutenção dos alimentos em geladeiras e o uso cada vez maior de aparelhos eletrodomésticos e eletrônicos. Atividades simples como assistir à televisão ou navegar na internet só são possíveis por meio do uso da energia elétrica. Fábricas, supermercados, shoppings e uma infinidade de outros lugares precisam dela para funcionar. Obtida a partir de vários processos, métodos e matérias primas, a eletricidade é transportada e chega aos consumidores de inúmeras regiões do mundo por meio de sistemas complexos, compostos por quatro etapas principais: geração, transmissão, distribuição e consumo.

O sistema móvel de gestão da manutenção, através do aplicativo SIGGA MOBILE EAM, proporcionou uma grande evolução no setor de manutenção. Os dados mostram que com o uso da ferramenta ficou mais fácil realizar as atividades programadas, com melhor qualidade de informações para ter uma análise dos indicadores de eficiência de programação, evolução no cumprimento da manutenção periódica, redução do backlog de ordens, redução no tempo médio de solução de anomalia, o que garante uma maior confiabilidade no processo produtivo, onde o cumprimento destes indicadores significa manter os equipamentos em condições altamente confiáveis de funcionamento e conseqüentemente alta produtividade.

Portanto todos os setores se envolveram para a simulação, no qual a equipe de planejamento pode coletar informações necessárias para o desenvolvimento do sistema. O sistema mostrou através do pré- teste custos e benefícios. Como melhoria logística, tempo economizado.

O software mostrou ser menos burocrático e ágil, teve um impacto muito significativo, pois a manutenção passou a bater suas metas, levando em consideração, os atrasos e ausências que passaram a ser controladas não só pelos recursos humanos, mas também pelo planejador. Com isso, agilizamos 90% das atividades da manutenção, ganhamos confiabilidade nas informações, tivemos redução de custo e aumento de produtividade.

Conforme demonstrado com a simulação a implantação do sistema Mobile EAM, a usina poderá se adequar de forma a não impactar o meio ambiente, pois diminuirá o grande volume diária de papéis impressos. “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. (Art 225. Constituição Federal)”.

Desta forma, o sistema SIGGA MOBILE EAM na organização, pode-se afirmar que o setor de manutenção passou a ter um maior controle das informações, contribuindo positivamente na gestão e nas tomadas de decisões, e trouxe ao mesmo uma nova dinâmica na execução e detalhamento das suas informações gerando maior confiabilidade, disponibilidade, menor custo de manutenção, reduzindo retrabalho entre outros fatores.

Após os resultados a gerência concordou com a implantação do sistema Brizzo na Usina Termoelétrica em Manaus. Foi necessário o suporte ideal na UTE, com os dispositivos de última geração, nos quais nos tornamos padrão do parque elétrico no Brasil. Com isso, foi realizado um cronograma de reuniões e avaliações semanais para apresentação de indicadores de falhas e economias.

## **7.2 Sugestões de trabalhos futuros**

Fica como principal sugestão para futuros trabalhos na presente dissertação duas opções. Analisar o custo, com a implantação do sistema, e melhorias continua observadas que foram adequadas e monitoradas ao longo do processo. Analisando o custo mais as ferramentas de complementos. Ferramentas o qual poderá ajudar a realizar levantamento para verificação da eficiência e ampliação do sistema para outros ramos. Já que o sistema já tem uma cartela de clientes.

Porém ocorreu uma dificuldade para encontrar trabalhos para análise do sistema. Portanto um tópico interessante para ser desenvolvido em futuros trabalhos o investimento em informação que, não visosamente obter novas revelações, mas que também já vá gerando algum fluxo de caixa para o projeto. As empresas poderiam investir em demonstrações de informações através de publicações de artigos.

## Referências bibliográficas

- Abdullah, F. (2003). *Lean Manufacturing Tools And Techniques In The Process Industry With A Focus On Steel*. University Of Pittsburgh.
- Alizon, F., Shooter, S. B., & Simpson, T. W. (2009). *Henry Ford And The Model T: Lessons For Product Platforming And Mass Customization*. *Design Studies*, 30(5), 588-605.
- Abraman – Associação Brasileira De Manutenção. *A Situação Da Manutenção No Brasil-Setembro/2007*. Agência Nacional Do Petróleo Gás Natural E Biocombustíveis –Anp. *Estabelece a especificação do gás natural, nacional ou importado, a ser comercializado em todo território nacional*. Resolução Anp N.16, De 17 De Junho De 2008.
- Black, J. T. *O Projeto Da Fábrica Com Futuro*, Trad. Gustavo Kanninberg. Porto Alegre: ArtesMédicas, 1991.
- Branco Filho, Gil. *A Organização, O Planejamento E O Controle Da Manutenção*. Rio De Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2008.
- Branco Filho, Gil. *Dicionário De Termos De Manutenção, Confiabilidade E Qualidade*. Rio De Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2006.
- Corrêa, Henrique L.; Corrêa, Carlos A. *Administração De Produção E Operações: Manufatura E Serviços: Uma Abordagem Estratégica*. 2. Ed. São Paulo: Atlas. 2006.
- Creder, Hélio. *Instalações Elétricas*. 15. Ed. Rio De Janeiro: Ltc, 2007.
- Bezzon, L. C. (Org.). (2005). *Guia prático de monografias, dissertações e teses: elaboração e apresentação* (3a ed. ver. ampl.). Campinas, SP: Alinea.
- Bhasin, S., & Burcher, P. (2006). *Lean Viewed As A Philosophy*. *Journal Of Manufacturing Technology Management*. 17(1), 56-72.
- Binner, H.: *Indústria 4.0 Bestimmt Die Arbeitswelt Der Zukunft*. *Elektrotech*. 230-236 (2014)
- Brettel M, Mauer R, Engelen A, Küpper D. *Corporate effectuation: Entrepreneurial action and its impact on R&D project performance*. *Journal of Business Venturing*, mar. 2014, vol. 27, no. 2, pp. 167- 184.
- Carreira, B. (2005). *Lean Manufacturing That Works: Powerful Tools For Dramatically Reducing Waste And Maximizing Profits*. *American Management Association*.
- Freitas. *Efeito da aplicação de água residuária de suinocultura sobre a produção de milho para silagem*. *Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.8, n.1, p.120-125, 2013.
- Ford, H. (1922). *My Life And Work: Createspace Independent Publishing Platform*, Pp 71. Ferreira, Aurélio Buarque De Holanda. *Novo Dicionário Da Língua Portuguesa*. Rio De Janeiro, Qualitymark Ed., 2001.
- GIL PÉREZ. *Por uma imagem não deformada do trabalho científico*. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2002.
- Gonçalves, Elsa Araújo (2013). *Implementação De Técnicas E Princípios Da Produção Lean Numa Empresa De Plásticos*. Dissertação em Mestrado De Engenharia Industrial Na Empresa Polibag, Universidade Do Minho, Portugal.
- Gonçalves, José Ernesto Lima. "As Empresas São Grandes Coleções De Processos." *Revista De Administração De Empresas* 40.1 (2000): 6-9.
- Garcia, D., Gluesing, J.C.: *Qualitative Research Methods In International Organizational Change Research*. *J. Organ. Change Manage*. 26(2), 423-444 (2013).
- Hammer, Michael. *A Empresa É Voltada Para Processos*. *Management*, jul./ago. 1998 Harrington, H. James. *Business Process Improcedente*. New York: Mcgraw Hill, 1991.

- Hermann, M., Pentek, T., Otto, B.: *Design Principles For Industrie 4.0 Scenarios. In: Proceedings Of The 49th Annual Hawaii International Conference On System Sciences (Hicss)*, Pp. 3928–3937. Computer Society Press (2016).
- Harmon, P.: *Business Process Change, 3rd Edition Provides A Balanced View Of The Field Of Business Process Change*. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco (2014).
- Hu, S. J. (2013). *Evolving Paradigms Of Manufacturing: From Mass Production To Mass Customization And Personalization*. *Procedia Cirp*, 7(0), 3-8.
- Kagermann, H., Wahlster W., Helbig, J. (Eds.): *Recommendations For Implementing The Strategic Initiative Industrie 4.0: Final Report Of The Industrie 4.0 Working Group*. Frankfurt (2013)
- Kardec, A; Nascif, J. *Manutenção: Função Estratégica*. Rio De Janeiro: Qualitymark, 1999. Kardec, Alan Kardec; Xavier, Júlio Aquino Nascif. *Manutenção: Função Estratégica*. Rio De Janeiro: Qualitymark, 2009.
- Kardec, Alan; Nascif, Júlio. *Manutenção: Função Estratégica*. Rio De Janeiro: Qualitymark, 2006. Lander, E., & K., L. J. (2007). *The Toyota Production System And Art: Making Highly Customized And Creative Products The Toyota Way*. *International Journal Of Production Research*, 45(16).
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles From The World's Greatest Manufacturer*. New York: Mcgraw-hill.
- Lora, Electo Eduardo Silva; Nascimento, Marco Antônio Rosa. *Geração Termelétrica: Planejamento, Projeto E Operação*. Volume 1. Rio De Janeiro: Interciência, 2004.
- Melton, T. (2005). *The Benefits Of Lean Manufacturing: What Lean Thinking Has To Offer The Process Industries*. *Chemical Engineering Research And Design*, Vol.83, 662-673.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-scale Production*. New York: Productivity Press.
- Ohno, T. (1997). *O Sistema Toyota De Produção: Além Da Produção Em Larga Escala*. Porto Alegre: Bookman.
- Ortiz, C. A. (2006). *Kaizen Assembly: Designing, Constructing, And Managing A Lean Assembly Line*: Crc Press.
- Pinto, J. P. (2008). *Lean Thinking: Introdução ao Pensamento Magro: Comunidade Lean Thinking*.
- Shah, R., & T., W. P. (2007). *Defining And Developing Measures Of Lean Production*. *Journal Of Operations Management*, 25(4), 785–805.
- Shingo, S. (1996) *“O Sistema Toyota De Produção – O Ponto De Vista Da Engenharia De Produção”* Bookman, Porto Alegre.
- Shingo, S. (1989). *A Study Of The Toyota Production System From Industrial Engineering*.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste And Create Wealth In Your Corporation*: Simon & Schuster.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1991). *The Machine That Changed The World: The Story Of Lean Production*: Harpercollins.



## Anexo II – Realização de manutenção no maquinário



Figura 47 – Realização de manutenção em uma turbina

## Anexo III – Reparos Elétricos



Figura 48 – Reparos elétricos na usina termoeétrica

## 5 OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

**As operações da empresa devem ser executadas de acordo com procedimentos estabelecidos e utilizando instalações e equipamentos adequados, inspecionados e em condições de assegurar o atendimento às exigências de segurança, meio ambiente e saúde.**

### Requisitos

- Adoção de práticas operacionais seguras, que preservem a saúde da força de trabalho e reduzam ao máximo os riscos de acidentes.
- Verificação e atualização sistemáticas de todos os procedimentos operacionais, observadas as recomendações provenientes das avaliações de risco.
- Implementação de mecanismos que permitam, com a máxima rapidez, a identificação, caracterização e correção dos casos de não-conformidade com os procedimentos estabelecidos.
- Execução das atividades de inspeção e manutenção de acordo com os procedimentos estabelecidos, de modo a manter o controle sobre seus riscos.
- Execução de programas específicos de inspeção, teste e manutenção associados a sistemas de segurança, integridade e proteção das instalações, de modo a assegurar sua confiabilidade.
- Identificação, análise e monitoramento de impactos causados pelas atividades da empresa à saúde e ao meio ambiente, buscando a contínua redução de seus efeitos.
- Implementação de mecanismos que preservem a saúde da força de trabalho, buscando assegurar-lhe, sempre que necessário, diagnóstico precoce, atendimento imediato, interrupção de exposição, limitação de dano e reabilitação.

Figura 49 – Gestão de operação e manutenção da empresa

## Anexo V – Quadro geral de gestão da manutenção



Figura 50 – Quadro geral de gestão da manutenção