



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP
ESCOLA DE MINAS

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE CONTROLE
E AUTOMAÇÃO E TÉCNICAS FUNDAMENTAIS**



DIEGO JOSÉ SACRAMENTO SANTOS

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DE SOFTWARES NA ENGENHARIA DE
CONFIABILIDADE: O ESTUDO DE CASOS MÚLTIPLOS**

OURO PRETO - MG
2017

DIEGO JOSÉ SACRAMENTO SANTOS
diegojssantos@yahoo.com.br

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DE SOFTWARES NA ENGENHARIA DE
CONFIABILIDADE: O ESTUDO DE CASOS MÚLTIPLOS**

Monografia apresentada ao Curso de
Graduação em Engenharia Mecânica
da Universidade Federal de Ouro Preto
como requisito para a obtenção do
título de Engenheiro Mecânico.

Professor orientador: DSc. Washington Luís Vieira da Silva

OURO PRETO – MG
2017

S237e

Santos, Diego José Sacramento.

Estudo da aplicação de softwares na engenharia de confiabilidade
[manuscrito]: o estudo de casos múltiplos / Diego José Sacramento Santos. -
2017.

118f.: il.: color; grafs; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Washington Luís Vieira da Silva.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de
Minas. Departamento de Engenharia de Controle e Automação e Técnicas
Fundamentais.

1. Tecnologia da Informação. 2. Softwares. 3. Confiabilidade (Engenharia). I.
Silva, Washington Luís Vieira da . II. Universidade Federal de Ouro Preto. III.
Titulo.

CDU: 681.5

Catálogo: ficha@sisbin.ufop.br



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E
AUTOMAÇÃO E TÉCNICAS FUNDAMENTAIS
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ATA DA DEFESA

Aos 04 dias do mês de Abril de 2017, às 10h 00min, na sala 6, localizado na Escola de Minas – Campus - UFOP, foi realizada a defesa de Monografia do aluno, **Diego José Sacramento Santos** sendo a comissão examinadora constituída pelos professores: DSc. Washington Luís Vieira da Silva, Prof^a. DSc. Maria Perpetuo Socorro Mol Pereira, Prof^a. DSc. Elisangela Martins Leal. O candidato (a) apresentou o trabalho intitulado: “**Estudo da Aplicação de Softwares na Engenharia de Confiabilidade**”, sob orientação do DSc. Washington Luís Vieira da Silva. Após as observações dos avaliadores, em comum acordo os presentes consideram o(a) aluno(a) APROVADO com a nota/conceito 9,4.

Ouro Preto, 04 de Abril de 2017.

Prof. DSc. Washington Luís Vieira da Silva
Professor Orientador

Prof^a. DSc. Elisangela Martins Leal
Professora Avaliadora

Prof^a. DSc. Maria Perpetuo Socorro Mol Pereira
Professora Avaliadora

Diego José Sacramento Santos
Aluno(a)

A Deus dedico mais esta etapa vencida,
meus pais, pelo apoio.

Aos amigos, pelo carinho e meu irmão,
pela torcida etc.

AGRADECIMENTO

À Deus pelas bênçãos, pela saúde e pela proteção. Aos meus pais pelo caráter, pelos princípios, pelo apoio, força e esforço incondicional. Ao meu irmão pelo companheirismo. Aos amigos do peito Arthur, Felipe e Leonardo, por poder compartilhar lágrimas, sorrisos, alegrias e histórias. Aos companheiros da mecânica, por tornar essa caminhada mais amena. Ao meu orientador Washington, pelo incentivo, pela orientação e por não medir esforços para que este trabalho se concretizasse. Aos professores do curso de Engenharia Mecânica, pela aprendizagem, pelo ensino e por suas importantes contribuições para minha vida profissional. À Fundação Gorceix e seus funcionários, pela contribuição e suporte. À gloriosa Escola de Minas e seus funcionários, pela formação e ensinamentos. E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para essa conquista, deixo meu humilde e sincero obrigado.

“Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá. ”.

Ayrton Senna da Silva

RESUMO

SANTOS, Diego José Sacramento: **Estudo da aplicação de *softwares* na Engenharia de Confiabilidade**, 2017. (Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Ouro Preto.

Este trabalho tem como objetivo analisar a contribuição efetiva de *softwares* no estudo da Engenharia de Confiabilidade. Para tal fim foram realizadas pesquisas detalhadas acerca dos conceitos e métodos de manutenção, gestão da manutenção, confiabilidade, indicadores e tecnologia da informação. A metodologia utilizada foi baseada em estudos de casos, onde se buscou identificar a situação, contexto e dificuldades. Após identificadas, estudou-se como foi realizada a aplicação de *softwares* para sanar as necessidades e como a aplicação contribuiu no estudo da Engenharia de Confiabilidade e no consequente aumento das taxas de confiabilidade dos equipamentos, nos estudos de caso analisados. Dessa forma o estudo permitiu verificar a importância da utilização da tecnologia da informação e *softwares* como ferramentas de suporte na Engenharia de Confiabilidade com resultados significativos, podendo ser utilizados como base estratégica na área de manutenção mecânica para melhoria de desempenho, contribuindo também com um aumento de produtividade e maior competitividade de uma empresa no mercado.

Palavras-chave: Confiabilidade, Engenharia de Confiabilidade, manutenção centrada em confiabilidade, gestão da manutenção, indicadores, inspeção, *softwares*, tecnologia da informação.

ABSTRACT

SANTOS, Diego José Sacramento: Study of software application on the Reliability Engineering, 2017. (Mechanical Engineering Graduation). Federal University of Ouro Preto.

This work has the purpose to analyze the effective contribution of software on the study of Reliability Engineering. Aiming this, were realized detailed researches about maintenance concepts and methods, maintenance management, reliability, indicators and information technology. The methodology utilized was based in case studies, where it was tried to identify situation, context and difficulties. Then, studied how the application of software was realized to settle the needs and how the application contributed to the study of Reliability Engineering, and consequently increase of the reliability rates of the equipment, in the case studies analyzed. Therefore, the analysis allows to check the importance of the information technology and software employment as support instruments in the Reliability Engineering with significant results, can even be used as a strategic basis in the mechanical maintenance area to the performance improvement, also contributing with an increase in the productivity and greater competitiveness of a company in the marketplace.

Keywords: *Reliability, Reliability Engineering, maintenance centered on reliability, maintenance management, indicators, inspection, software, information technology.*

LISTA DE SIGLAS

A2 – Nota de avaria

BCM – *Business Centered Maintenance*

DF – Disponibilidade física

FMEA – Análise do modo e efeito de falha

GMG – Grupo de motor gerador

HD – Tempo em horas disponíveis para operar

HG – Horas totais do período

HH – Horas homem

HIM – Tempo que indisponível para operação

HM – Horas que o equipamento esteve em manutenção

HT – Horas totais trabalhadas

LI – Limite inferior

LS – Limite superior

MCC – Manutenção centrada na confiabilidade

MTBF – Tempo médio entre falhas

MTTF – Tempo médio para falha

MTTR – Tempo médio de reparo

NC – Número de intervenções corretivas

OP – Equipamento em operação

OS – Ordem de serviço

PA – Equipamento parado

PCM – Planejamento e controle da manutenção

S3i – Sistema Integrado de Inspeções Industriais

SAP – Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados

SERPRO – Serviços Federais de Processamento de Dados

SPIN – *Software Process Improvement Network*

TI – Tecnologia da informação

TI's – Tipos de inspeção

TMPF – Tempo médio para a falha

TPM – *Total Productive Maintenance*

VC – Valores calculados

VD – Valores deixados

VE – Valores encontrados

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução temporal da manutenção	8
Figura 2 - Desenvolvimento das técnicas de manutenção	10
Figura 3 - Metodologia BCM	19
Figura 4 - Curvas <i>Weibull</i>	24
Figura 5 - Representação da metodologia utilizada.....	31
Figura 6 – Interface de trabalho do <i>Weibull</i> ++	36
Figura 7 - Gráficos interativos para o controle da qualidade da manutenção	39
Figura 8 - Ponte rolante	40
Figura 9 - Abertura de nota de avaria no sistema SPIN	41
Figura 10 - Roteiro para a nota de remoção de anomalia (A2)	42
Figura 11 - Desmonte de rocha.....	43
Figura 12 - Ciclo da mineração	44
Figura 13 - Ações da perfuração percusso-rotativa.....	46
Figura 14 - Perfuratriz Percusso-Rotativa	47
Figura 15 - Componentes da perfuratriz.....	48
Figura 16 - Pontos de inspeção a serem criados na planilha de <i>Excel</i>	50
Figura 17 - Pontos de inspeção preenchidos na planilha de <i>Excel</i>	52
Figura 18 - Listagem dos TI's a serem selecionadas para inspeção do equipamento	54
Figura 19 - Ronda operacional feita na cabine da ponte rolante	56
Figura 20 - Rotas semanais a serem inspecionadas	57
Figura 21 - Plaqueta de alumínio com o código de barras	58
Figura 22 - Inspeção do equipamento através das TI's adicionadas no local de instalação	59
Figura 23 - Acoplamento inspecionado.....	60
Figura 24 - Previsibilidade de falhas com o uso do S3i	61
Figura 25 - Comparação entre o SAP e o S3i.....	63

Figura 26 - Relatório de programações de inspeção da equipe operacional	64
Figura 27 - Relatório das inspeções de toda a empresa.....	65
Figura 28 - Curva de Confiabilidade PF0001 e da PF0003, respectivamente, na Fase 1	72
Figura 29 - Curvas de confiabilidade da frota: Sistema hidráulico	77
Figura 30 - Grupos Motores Geradores (GMG) padronizados pelo SERPRO	79
Figura 31 - GMG's cadastrados para a instalação Regional Brasília	80
Figura 32 - Tela com a listagem de manutenções programadas.....	81
Figura 33 - Procedimento de Manutenção Padrão para GMG's de fabricação FG-Wilson	82
Figura 34 – Continuação do Procedimento de Manutenção Padrão para GMG's de fabricação FG-Wilson	83
Figura 35 - Impressão da Folha de Teste do GMG N°1	85
Figura 36 - Tela para cadastramento dos dados de manutenção	87
Figura 37 - Tela para cadastramento dos testes e medições	88
Figura 38 - Relatório das Observações Registradas	89
Figura 39 - Relatório das Medições Realizadas	90
Figura 40 - Relatório de Tendência dos Resultados	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variáveis e indicadores utilizados na pesquisa	33
Tabela 2 - Tabela utilizada para coleta de dados.....	34
Tabela 3 - Tabela de custos de licença, de ferramentas e "suítes" do <i>Weibull</i>	37
Tabela 4 - Comparação no carregamento de rotas para inspeção.....	62
Tabela 5 - Rastreamento de tempo de paradas não programadas 1.....	68
Tabela 6 - Rastreamento de tempo de paradas não programadas 2.....	69
Tabela 7 - Tempo entre falhas	71
Tabela 8 - Perdas PF0001 Fase 1.....	74
Tabela 9 - Perdas PF0003 fase 1	74
Tabela 10 - Características, aplicações e contribuições dos <i>softwares</i> estudados.....	93

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Formulação do Problema.....	1
1.2	Justificativa.....	3
1.3	Objetivos.....	4
1.3.1	Geral	4
1.3.2	Específicos.....	4
1.4	Estrutura do Trabalho	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1	Manutenção: abordagens gerais.....	6
2.2	Os Métodos de Manutenção	11
2.2.1	Manutenção Corretiva	11
2.2.2	Manutenção Preventiva	14
2.2.3	Manutenção Preditiva.....	15
2.3	Gestão da Manutenção.....	17
2.4	Confiabilidade	20
2.5	Indicadores de Manutenção	22
2.6	Distribuições de Probabilidade.....	23
2.7	Sistemas e Tecnologia da Informação	25
2.8	Banco de Dados	27
3	METODOLOGIA.....	29
3.1	Tipo de pesquisa	29
3.2	Materiais e métodos.....	31
3.3	Variáveis e Indicadores	32
3.4	Instrumento de coleta de dados	33
3.5	Tabulação dos dados.....	34
3.6	Considerações finais do capítulo	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1	Descrição dos <i>softwares</i>	35
4.1.1	S3i.....	35
4.1.2	Weibull ++	36
4.1.3	RME-Web®	38

4.2	Casos práticos	39
4.2.1	Caracterização do caso prático 1: Estudo da aplicação da manutenção centrada na confiabilidade com aporte da TI: o caso de uma empresa no setor siderúrgico. Autor: Hugo Leonardo Santos Rocha, 2014.	39
4.2.2	Caracterização do caso prático 2: Estudo de confiabilidade aplicado à manutenção de perfuratrizes de pequeno porte: o caso de uma empresa de mineração. Autor: Bárbara Silva Trindade, 2015.	43
4.2.3	Caracterização do caso prático 3: Estudo de caso: Manutenção inteligente no SERPRO – Implantação piloto do RME-WEB para gestão do conhecimento das técnicas de manutenção. Autores: Bruno Gomes da Cunha; Dilmar Gonçalves da Cunha; Leonardo Batista Porto; 2015.	49
4.3	Aplicação dos <i>softwares</i>	50
4.3.1	Aplicação do <i>software</i> no caso 1	50
4.3.2	Aplicação do <i>software</i> no caso 2	66
4.3.3	Aplicação do <i>software</i> no caso 3	78
4.4	Apresentação das contribuições da aplicação dos <i>softwares</i> no estudo da Engenharia de Confiabilidade.....	91
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	96
5.1	Conclusões.....	96
5.2	Recomendações	97
	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	98

1 INTRODUÇÃO

1.1 Formulação do Problema

As exigências de competitividade do mercado afetam diretamente no comportamento das empresas. A necessidade de determinar procedimentos que visam utilizar um maior aproveitamento dos recursos com foco na produtividade, minimizando os custos com obtenção de resultados eficientes, representa atualmente um grande desafio.

Com o desenvolvimento tecnológico dos meios produtivos, através do *know-how* industrial aliado à automação, e com tendência globalizada de utilizar sistemas *just-in-time*, paradas na produção são grandes inconvenientes para a produtividade de uma empresa. Segundo Moreira, (2005), manter os ativos de forma que os mesmos trabalhem na sua melhor condição, produzindo eficientemente sem que a falha gere inconvenientes, é uma preocupação cada vez maior das áreas de manutenção das empresas.

Atualmente a área de manutenção nas empresas está sendo considerada estratégica, pois por meio da manutenção sistemática é possível antecipar-se e evitar as falhas que poderiam ocasionar paradas imprevistas dos equipamentos de produção e a consequente perda de produtividade e lucro.

Os conceitos e a área de manutenção vêm passando por mudanças significativas, e essas modificações podem ser observadas na quantidade e diversidade das instalações produtivas, com processos cada vez mais complexos e com exigência cada vez maior de conhecimento técnico dos profissionais da área.

De acordo com a norma brasileira que fornece diretrizes, rege conceitos e trata a manutenção como um sistema ou área industrial, a NBR ISO 5462 (1994), manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou relocalar um dado equipamento, instalação ou sistema em um estado no qual possa desempenhar sua função requerida, como outrora projetado.

Segundo Kardec & Nascif (2009, p.32), “a manutenção deve contribuir para o atendimento do programa de produção, maximizando a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos e instalações dos órgãos operacionais, otimizando os recursos disponíveis com qualidade e segurança”.

A realização de uma manutenção planejada e de qualidade resulta em maior confiabilidade do processo produtivo implicando melhor condição para o cumprimento do plano de manutenção. Alta confiabilidade e disponibilidade, aliadas a custos racionalizados, tornaram-se questões chaves.

A norma NBR ISO 5462 (1994, p.3), define confiabilidade como: “capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo”.

Segundo Lafraia (2001), a confiabilidade é a probabilidade de que um item (equipamento, componente ou sistema) não falhe, por um período de tempo previsto, sob as condições de operação por meio das quais foram projetadas. Para auxiliar a tomada de decisão em cenários de incerteza, a Engenharia de Confiabilidade integra suas metodologias com as recomendações e requisitos das normas vigentes a fim de garantir que dado item não irá apresentar falhas durante determinado período de tempo.

As ferramentas de Engenharia de Confiabilidade permitem, por meio de procedimentos conhecidos, aplicar um método de manutenção de acordo com as características e propriedades do modo de falhas de um determinado equipamento, componente ou sistema (KARDEC & NASCIF, 2009).

Em termos de confiabilidade de equipamentos, algumas técnicas estão sendo amplamente empregada nas indústrias: aplicação de *softwares* para análise e tratamento de falhas, e a aplicação de métodos estatísticos para quantificar a confiabilidade. Em outras palavras, a aplicação de modelos probabilísticos é utilizada para fundamentar estratégias de manutenção. Segundo Bergamo Filho (1997, p.2), confiabilidade é definida como “a probabilidade de um produto/serviço/equipamento executar sem falhas, certa missão, sob certas condições, durante um determinado período de tempo”.

Estas e outras técnicas monitoram de forma eficaz, através do uso de *softwares*, o estado do item e planejam possíveis correções a partir do registro dos tempos de ciclo de vida e de outros resultados dos equipamentos, resultando na geração de informações importantes referentes à confiabilidade, disponibilidade e produtividade dos itens, aliada a uma fácil e rápida visualização de resultados facilitando as tomadas de decisões.

Atualmente a utilização da tecnologia da informação e de *softwares* de análise estatística tem se mostrado muito benéfico, e a aplicação dos mesmos juntamente com a Engenharia de Confiabilidade, não se limita apenas a segmentos de ponta da indústria, mas sim em todas as atividades produtivas, como na indústria siderúrgica, metalúrgica, automobilística, aeronáutica e até alimentícia. Neste trabalho, é feito um estudo na área de manutenção de equipamentos em empresas de diversos segmentos.

A perspectiva atual é de grandes dificuldades, preços atenuados, alto custo de produção e menor rentabilidade frente à economia atual. Diante disso, a necessidade de competitividade torna-se crucial e a área de manutenção é parte estratégica para alcançar este objetivo, pois as falhas dos equipamentos interferem nos resultados, reduzindo assim a produtividade. Uma manutenção de qualidade acarreta em redução de custos e aumento de confiabilidade, contribuindo para o aumento da competitividade da empresa.

O setor de manutenção de equipamentos é responsável pelo planejamento, controle e manutenção de equipamentos móveis. Dessa forma, verificou-se a necessidade de aumentar os índices de confiabilidade dos mesmos.

Diante desses fatores apresentados, busca-se responder a seguinte problemática:

Como a aplicação de *softwares* pode contribuir efetivamente no estudo da Engenharia de Confiabilidade em diferentes segmentos empresariais?

1.2 Justificativa

Segundo dados de 2011 da Associação Brasileira de Manutenção (Abraman), o Brasil investe cerca de 128 bilhões de reais em manutenção de equipamentos, produtos, material e pessoal, o que representa 1,14% do seu faturamento bruto das indústrias.

Visto que produtividade está diretamente relacionada ao faturamento e aos custos operacionais, melhorias na confiabilidade de equipamentos produtivos podem contribuir significativamente para aumentar a competitividade das empresas (MÁRQUEZ *et al.*, 2009; NIU *et al.*, 2010).

A confiabilidade de um equipamento ou de um elemento de máquina permite decidir sobre a qualidade e frequência da manutenção necessária (SRIKRISHNA, 1996). A Engenharia de Confiabilidade se baseia no ajuste de diferentes modelos estatísticos e na

análise de falhas, o que viabiliza um melhor planejamento de atividades de manutenção e operação, e auxilia na tomada de decisões.

Atualmente, a utilização de *softwares* na área de manutenção é fundamental para o planejamento, para a elaboração dos planos de manutenção, bem como para a compreensão do tipo e do intervalo de manutenção mais adequado para cada equipamento. A aplicação dos mesmos pode auxiliar as empresas a reduzir custos de manutenção e aumentar a confiabilidade dos equipamentos. Dessa forma, é possível definir a melhor estratégia de manutenção, evitando atividades desnecessárias ou ineficientes e agregar atividades que contribuem efetivamente para o aumento da confiabilidade e da produtividade.

Diante disso, esta pesquisa tem como finalidade estudar a aplicação *softwares* na Engenharia de Confiabilidade, para obtenção de maior confiabilidade e desempenho dos equipamentos e por consequência, redução do tempo de manutenção, redução de custos e estoque de peças sobressalentes, melhor produtividade, para assim gerar processos mais robustos e estáveis.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Analisar a contribuição efetiva de *softwares* no estudo da Engenharia de Confiabilidade em diferentes empresas.

1.3.2 Específicos

- Realizar um estudo teórico sobre manutenção, confiabilidade e utilização de tecnologia da informação, *softwares* e banco de dados;
- Elaborar um procedimento metodológico para verificar a utilização de *softwares* no estudo da Engenharia de Confiabilidade nas empresas estudadas;
- Apresentar os *softwares* aplicados a realidade das empresas;
- Comparar os dados obtidos com a base teórica para apresentar os benefícios da utilização de *softwares* no estudo da Engenharia de Confiabilidade.

1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. O primeiro capítulo apresenta a formulação do problema, a justificativa para realização do trabalho e seus objetivos. O segundo capítulo trata da fundamentação teórica, onde se têm conceitos e teorias sobre manutenção, confiabilidade e tecnologia da informação, *softwares* e banco de dados. Para o terceiro capítulo tem-se a metodologia adotada na pesquisa, bem como as ferramentas utilizadas. No quarto capítulo são apresentados os resultados obtidos comparados com os dados pesquisados na base teórica. E fechando o trabalho, tem-se o quinto capítulo, o qual irá apresentar as conclusões deste trabalho e as possíveis sugestões.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo está dividido em 8 seções onde são apresentadas as fundamentações teóricas abordando desde o histórico e evolução da manutenção, até os conceitos e técnicas utilizadas atualmente.

2.1 Manutenção: abordagens gerais

Existem diversas definições que explicam o conceito de manutenção, fundamentadas em inúmeras literaturas. Essas definições e conceitos foram evoluindo e se modificando significativamente com o passar do tempo.

O dicionário Aurélio (2010, p. 1332) define a manutenção como “as medidas necessárias para a conservação ou a permanência de alguma coisa ou de uma situação” e ainda como “os cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de motores e máquinas”.

De acordo com a NBR ISO 5462 (1994, p. 6), manutenção é a “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou relocalar um item em um estado no qual possa desempenhar sua função requerida”. Ainda neste contexto a NBR ISO 5462 (1994, p. 1), define um item como “qualquer parte, componente, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que possa ser considerado individualmente”.

Para Xenos (1998) o termo “manter” nada mais é do que realizar todas as atividades necessárias para assegurar que um determinado item continue desempenhando as funções para as quais foi projetado e construído, em níveis de desempenhos exigidos e satisfatórios.

Segundo Kardec & Nascif (2009), aborda que a idéia de que a função da manutenção é de reestabelecer as condições originais de um item está ultrapassada para algumas empresas, mas ainda é realidade em outras. Atualmente, a função da manutenção é “garantir a confiabilidade e a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou serviço, com segurança, preservação do meio ambiente e custo adequados” (KARDEK & NASCIF, 2009, p. 23).

Slack *et al.* (2002) aborda a manutenção como a forma pela qual as empresas se esforçam em evitar as falhas. É uma parte de suma importância para a maioria das atividades

de produção, principalmente aquelas em que as instalações físicas possuem papel fundamental na produção de seus bens e serviços.

Para Tavares (1999), a manutenção é a associação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou relocar um item em um estado no qual possa desempenhar sua função previamente determinada. Ainda na visão de Tavares (1999), a função básica da manutenção consiste em:

- Efetuar reparos, selecionar, treinar e qualificar profissionais para assumir responsabilidades de manutenção;
- Acompanhar projetos e montagens de instalações para posteriormente poder otimizá-los;
- Manter, reparar, e fazer revisão geral dos itens, deixando-os sempre em plenas condições operacionais;
- Preparar lista de materiais sobressalentes necessários, bem como programar sua conservação;
- Prever com antecedência suficiente a necessidade de material sobressalente;
- Nacionalizar o maior número possível de itens e sobressalentes, dentro dos critérios de redução de custo e performance;
- Manter um sistema de controle de custos de manutenção para cada item em que haja intervenção.

Mais tarde, o próprio Tavares (2005) salienta que a manutenção vem ganhando papel de destaque dentro das empresas, visto que possui grande influência e está diretamente ligado à produtividade de um processo.

O reconhecimento da manutenção do processo produtivo é atual. Há algumas décadas atrás a manutenção não recebia a devida importância como parte estratégica no âmbito empresarial. Mais recentemente, devido à competitividade do mercado e à demanda produtiva cada vez mais acirrada, essa concepção sofreu importantes mudanças, principalmente com relação aos processos produtivos.

Atualmente não é aceitável que os equipamentos trabalhem com capacidade reduzida ou deixem de produzir, pois um equipamento parado ou produzindo a níveis inferiores ao projetado configura-se como perda de tempo e dinheiro. Neste contexto a manutenção

assume função primordial, não apenas para o processo produtivo, mas também para a garantia de qualidade de produtos, processos e serviços.

A manutenção passou de um mal necessário para parte integrante das diligências estratégicas corporativas. De uma simples área de suporte que realizava intervenção na área produtiva, se tornou peça fundamental na garantia do atendimento ao cliente e seus requisitos (MORAES, 2004).

Kardec & Nascif (2009) explicam que o setor de manutenção foi o que mais evoluiu nas últimas sete décadas, em efeito do aumento das instalações, da diversidade de equipamentos e dos níveis de automação. No entanto, à medida que a manutenção evoluiu, novas técnicas foram criadas, novas formas de se trabalhar foram implementadas e novos paradigmas surgiram.

Sendo assim, Siqueira (2009) e Moubray (1997), dividem a manutenção em três grandes gerações, onde cada uma corresponde a um período tecnológico de produção, resultando em novos conceitos, técnicas, ferramentas e atividades de manutenção; como pode ser visto na Figura 1.

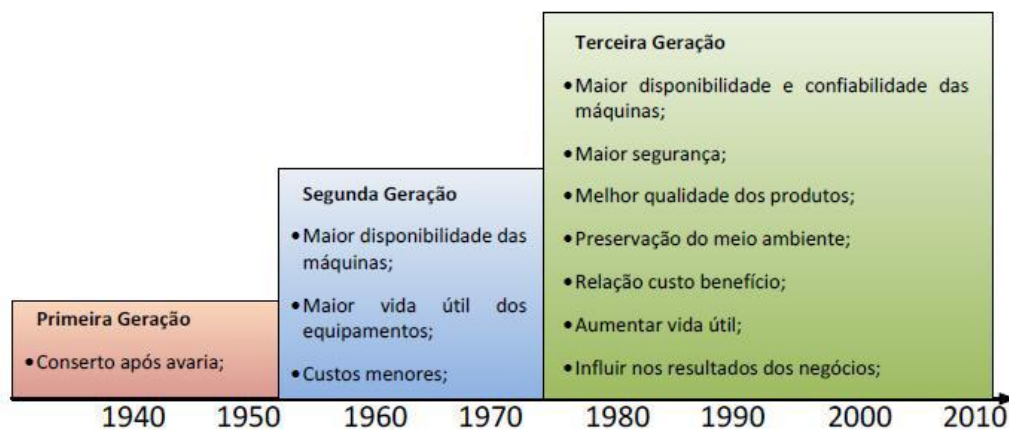


Figura 1 - Evolução temporal da manutenção
Fonte: Moubray (1997)

A Figura 1 apresenta as três gerações da manutenção bem como o enfoque de cada uma delas, representando assim sua evolução.

A primeira geração engloba o período anterior à Segunda Guerra Mundial, quando a indústria era pouco mecanizada, os equipamentos eram simples, em sua maior parte, superdimensionados e seu reparo de fácil execução. Aliado a isso, devido à situação

econômica da época, produtividade, disponibilidade e prevenção de falhas não eram vistos como prioridades. Visto isso, eram realizados apenas serviços de limpeza, lubrificação e reparo após falha, não havendo necessidade de fazê-los de forma sistemática. Ou seja, não existia nenhum tipo de planejamento, a manutenção era totalmente corretiva (KARDEK & NASCIF, 2009; MOUBRAY, 1997).

A segunda geração ocorreu entre as décadas de 1950 e 1970, onde o pós-guerra gerou uma crescente demanda por produtos, ao mesmo tempo em que o contingente de mão de obra diminuiu, impulsionando assim a mecanização das indústrias com maior quantidade de máquinas e maior complexidade das instalações industriais (KARDEC & NASCIF, 2009). Com isso, a indústria estava bastante dependente do bom funcionamento das máquinas e equipamentos.

Com a necessidade de aumentar a produtividade, então, surge o conceito de manutenção preventiva a partir da consideração que as falhas nos equipamentos podiam e deviam ser previstas.

Os custos da manutenção também começaram a se elevar em comparação com outros custos operacionais, sendo assim necessário aumentar o planejamento e o controle da manutenção.

A terceira geração iniciou-se em meados da década de 1970 quando acelerou-se o processo de mudança nas indústrias. Neste período buscou-se novas formas de aumentar a vida útil dos equipamentos e os sistemas começaram a ser projetados para trabalhar com maior precisão, sendo dimensionados mais próximos dos limites operacionais e assim passou-se a existir a preocupação com a disponibilidade e a confiabilidade, com maior segurança, maior qualidade e custos sob controle visando elevar o padrão de produtividade e de qualidade.

Segundo Kardec & Nascif (2009), na terceira geração reforçaram-se o conceito e a utilização da manutenção preditiva, o avanço da informática permitiu o desenvolvimento e utilização de computadores e *softwares* potentes para o planejamento e acompanhamento dos serviços de manutenção. Também houveram significativos avanços no desenvolvimento e aplicação da manutenção preditiva, resultando no surgimento de metodologias de manutenção como o processo de manutenção centrada na confiabilidade (MCC), cuja sua

implantação foi iniciada na década de 1990 no Brasil, e como a *Total Productive Maintenance* (TPM).

O desenvolvimento das técnicas de manutenção verificadas em cada geração pode ser visualizado na Figura 2.

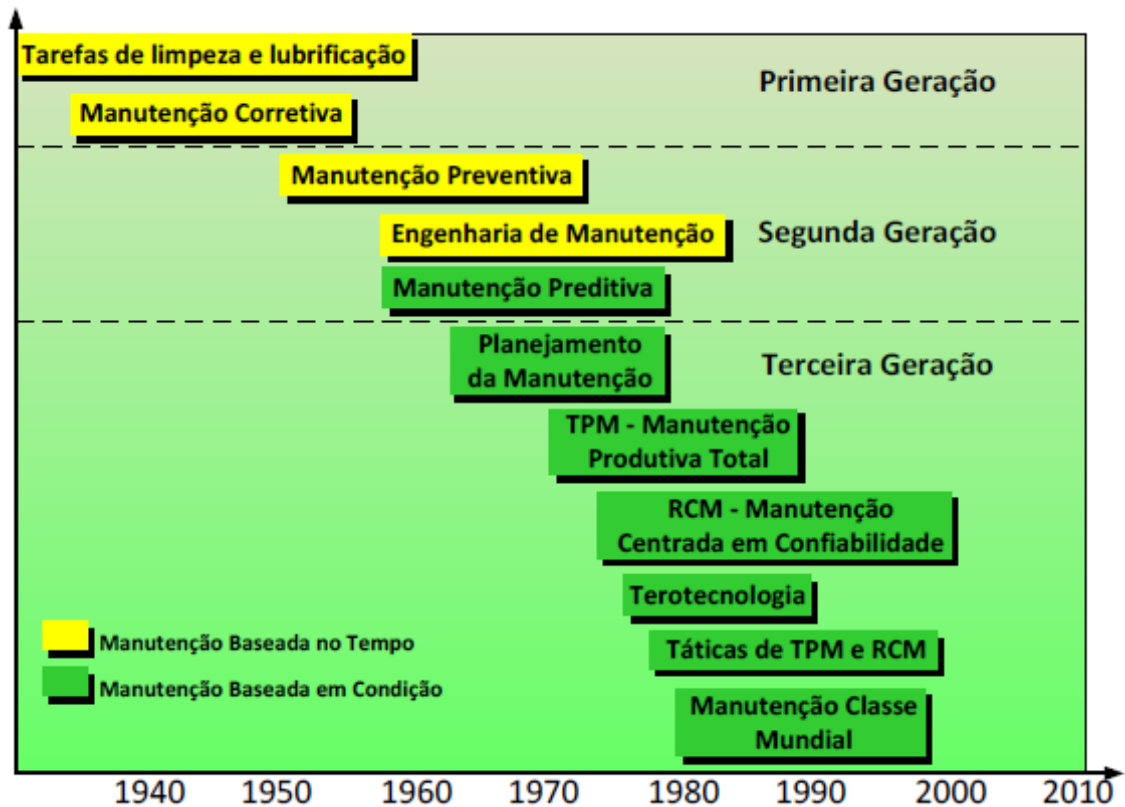


Figura 2 - Desenvolvimento das técnicas de manutenção
Fonte: Gutiérrez, Luis A. Mora (2005).

A Figura 2 mostra a utilização das principais ferramentas e técnicas de manutenção ao longo dos anos com destaque para classificação da manutenção baseada no tempo e baseada em condição. Observa-se que as atividades de manutenção baseadas na condição, mais eficazes, são mais atuais e surgiram a partir do final da segunda geração.

2.2 Os Métodos de Manutenção

A maneira pela qual é feita a intervenção nos equipamentos, sistemas ou instalações caracteriza os vários métodos de manutenção existentes. Há uma enorme variedade de nomenclaturas para classificar a atuação da manutenção e isto ocorre devido aos procedimentos distintos adotados nas empresas.

Essa variedade causa certa confusão na classificação dos métodos de manutenção. Por essa razão, é importante uma caracterização mais clara e objetiva dos diversos métodos de manutenção (KARDEC & NASCIF, 2009).

A classificação da manutenção é realizada em função do planejamento das atividades em função dos objetivos do método ou procedimentos de manutenção aplicados (SIQUEIRA, 2009). A manutenção pode ser executada por meio de diferentes estratégias, adotadas a partir do comportamento e histórico do item em questão, e de forma a provocar um menor impacto econômico.

Ainda segundo Kardec & Nascif (2009), os diversos métodos de manutenção podem ser considerados como políticas de manutenção, desde que a sua aplicação seja o resultado de uma definição gerencial ou política global da instalação, baseado em dados técnico-econômicos.

Conforme Viana (2002), muitos autores abordam vários tipos de manutenção, que nada mais são do que as formas de como são conduzidas as intervenções nos equipamentos, processos ou sistemas de produção. Porém, considera-se que há um consenso, com algumas alterações insignificantes em torno da seguinte classificação dividida em três grandes grupos: manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva.

2.2.1 Manutenção Corretiva

Segundo Siqueira (2009), a manutenção corretiva foi o primeiro método de manutenção que surgiu. A manutenção corretiva pode ser percebida na primeira geração, onde eram realizados apenas serviços de limpeza, lubrificação e reparo após falha, não havendo necessidade de fazê-los de forma sistemática (KARDEC & NASCIF, 2009).

Segundo a NBR ISO 5462 (1994, p. 7), manutenção corretiva é a “manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item”.

Conforme Xenos (1998), do ponto de vista dos custos de manutenção, a manutenção corretiva é mais barata do que prevenir falhas. Porém, pode causar enormes prejuízos por perda de produtividade devido a longas paradas no processo de produção. É importante salientar também que, mesmo que a manutenção corretiva tenha sido escolhida por ser mais vantajosa, não se pode conformar com a ocorrência de falhas como um evento já esperado, mas sim esforçar-se para identificar, precisamente as causas raiz da falha, tratá-las e bloqueá-las afim de evitar sua recorrência.

Kardec & Nascif (2009, p. 38) afirmam que a manutenção corretiva é “a atuação para correção da falha ou do desempenho menor do que o esperado”. Ao atuar em um equipamento que apresenta falha ou desempenho abaixo do previsto, estamos realizando manutenção corretiva. Dessa forma, a manutenção corretiva não é necessariamente considerada como manutenção de emergência (KARDEC & NASCIF, 2009).

Logo, a manutenção corretiva pode ser dividida em duas classes: manutenção corretiva não planejada (ou de emergência) e manutenção corretiva planejada.

A manutenção corretiva não planejada é caracterizada pela ocorrência da falha ou dano inesperado de maneira aleatória com intervenção da equipe de manutenção em um fato já ocorrido, sem que haja tempo para a preparação dos serviços a serem prestados no reparo da anomalia. Infelizmente, no Brasil ainda é mais praticado do que deveria (KARDEC & NASCIF, 2009).

Este método de manutenção acarreta em grandes agravantes para as empresas, gerando altos custos devido à quebra inesperada, custos indiretos de manutenção, perda de produtividade e perda de qualidade nos produtos ou processos. Além disso, quebras aleatórias podem ainda ter consequências graves para o equipamento, reduzindo sua vida útil, perdendo capacidade de produção.

Para maior esclarecimento, o gráfico 1, ilustra a relação de desempenho de um equipamento de acordo com o tempo.

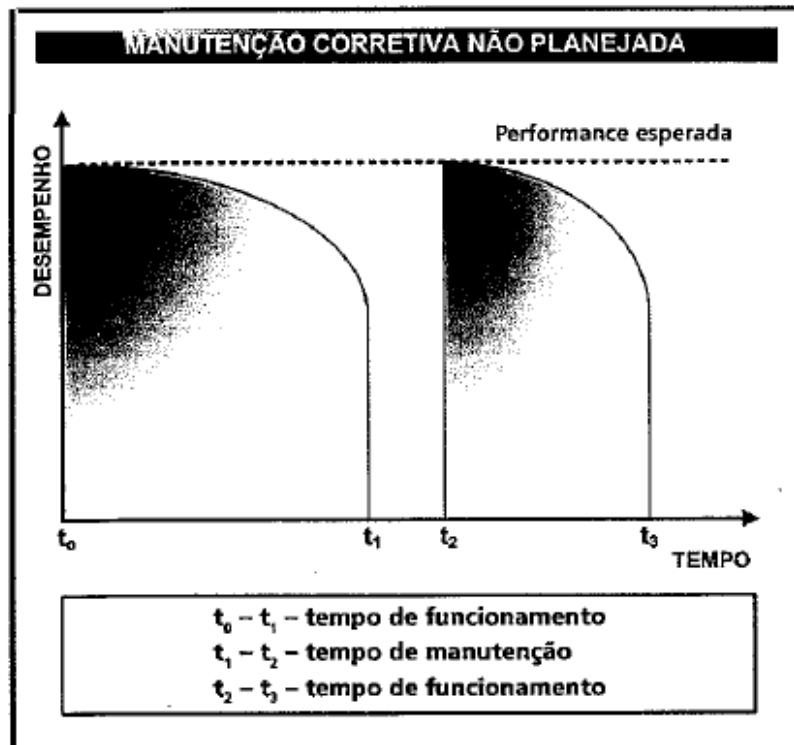


Gráfico 1 – Desempenho x Tempo de um equipamento na manutenção corretiva não planejada
 Fonte: Kardec & Nascif (2009, p.41)

O gráfico 1 ilustra a representação da manutenção corretiva não planejada de um determinado item, onde pode se observar que o tempo de falha é aleatório e que o tempo de funcionamento subsequente tende a ser menor que o anterior à intervenção, diminuindo assim sua vida útil gradativamente.

Todo trabalho planejado é sempre mais rápido, mais seguro, menos oneroso e de melhor qualidade do que o mesmo trabalho realizado sem nenhum tipo de planejamento. Mesmo que a decisão gerencial, baseada na modificação dos parâmetros e nas condições observadas for de deixar o equipamento funcionando até a ocorrência da falha, essa é uma decisão conhecida e algum planejamento pode ser feito para quando ocorrer de fato a falha, como por exemplo substituição do imediata do equipamento, preparação da equipe de trabalho, providenciamento de sobressalentes para reparo rápido, entre outros.

“A manutenção corretiva planejada é a correção do desempenho menor do que o esperado ou correção da falha por decisão gerencial” (KARDEC & NASCIF, 2009, p. 41). Esse método de manutenção não ocorre de maneira imprevista como a anterior, mas ocorre

em função de um desempenho prévio inferior do equipamento. Devido à sua previsibilidade, a manutenção corretiva planejada é realizada em um período programado, com intervenção e acompanhamento de forma a evitar a ocorrência da falha.

Logo, pode-se observar que a manutenção corretiva planejada é o início da análise da atividade de manutenção, pois é facilmente percebido os benefícios provenientes da mesma como, por exemplo, redução do tempo de manutenção, redução dos custos de manutenção e produção, aumento da produtividade, aumento do nível de segurança do processo e da qualidade dos produtos ou processos.

2.2.2 Manutenção Preventiva

De acordo com Siqueira (2009), a manutenção preventiva surgiu na segunda geração a partir da consideração de que as falhas nos equipamentos podiam e deviam ser previstas, com a necessidade de aumentar a produtividade num período de pós Segunda Guerra Mundial que gerou uma crescente demanda por produtos, ao mesmo tempo em que o contingente de mão de obra diminuiu, impulsionando assim a mecanização das indústrias com maior quantidade de máquinas e maior complexidade das instalações industriais.

Ao contrário da manutenção corretiva que é realizada após a ocorrência da falha, Siqueira (2009) aborda que a manutenção preventiva como aquela realizada antes da ocorrência de qualquer tipo de anomalia justamente para evitar a ocorrência de falhas e é realizada em intervalos pré-determinados de tempo ou de acordo com critérios prescritos através de um plano de trabalho.

Para Siqueira (2009), a manutenção preventiva tem o propósito de prevenir e evitar a ocorrência e as consequências de falhas. Já para Viana (2002), a manutenção preventiva trata-se de todo serviço ou atividade antes da ocorrência da falha de modo a preveni-la de ocorrer, bem como reduzir as possibilidades de ocorrência, estando o equipamento em plenas condições operacionais ou em condição de zero defeito.

Segundo Kardec & Nascif (2009), em outra definição, a manutenção preventiva tem o propósito de reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano de trabalho previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo.

Baseado em Xenos (1998), a manutenção preventiva deve ser o principal método de manutenção dentro de uma empresa, sendo assim o coração das atividades de manutenção, pois envolve algumas tarefas sistemáticas como inspeções, reformas e, principalmente, troca de componentes.

Se comparada com a manutenção corretiva, do ponto de vista do custo de manutenção, a manutenção preventiva é mais onerosa, pois os componentes devem ser trocados ou reformados antes de atingirem seus limites de vida. Em contrapartida, a frequência das falhas diminui, a disponibilidade física dos equipamentos aumenta e conseqüentemente as paradas não programadas da produção diminuem. Isto é, se considerarmos o custo total, a manutenção preventiva acaba sendo mais barata do que a manutenção corretiva em muitos casos, devido ao fato de ter um controle das paradas dos equipamentos ao invés de ficar sujeito às paradas inesperadas por falhas nos equipamentos (XENOS, 1998).

A realidade de muitas empresas é a não realização de manutenções preventivas devido ao grande tempo ocupado pelas ações corretivas geradas pela grande demanda de falhas inesperadas na produção. Outro fato observado é a não diminuição da ocorrência de falhas inesperadas. Isso geralmente ocorre devido a falta de padrões e procedimentos e/ou ausência de mão de obra especializada ou falta de capacitação da mesma.

No entanto, em uma empresa com mão de obra especializada e capacitada, e com padrões e procedimentos bem definidos é evidente a percepção e os resultados da influência da correta aplicação das ações preventivas, principalmente em custos e tempos de paradas de produção. Portanto, baseado nas concepções acima, pode-se observar que a implantação da manutenção preventiva representa uma grande transformação para as empresas.

2.2.3 Manutenção Preditiva

Conforme Siqueira (2009), a segunda geração da manutenção engloba também a manutenção preditiva, porém inicia-se após a manutenção preventiva, a partir da década de 1950. A manutenção preditiva também é conhecida como manutenção sensitiva, manutenção sob condição ou manutenção com base no estado do equipamento.

Para alguns autores é considerada como parte da manutenção preventiva. A diferença básica entre elas, é que a preventiva é realizada logo que um intervalo pré-determinado tenha

ocorrido, enquanto a manutenção preditiva requer verificação em intervalos pré-determinados. A ação de manutenção preditiva, é realizada apenas se a inspeção se mostrar necessária (BLOCH & GEITNER, 2005).

De acordo com Kardec & Nascif (2009), a manutenção preditiva é a primeira grande quebra de paradigma na manutenção e se intensifica quanto mais se evolui o conhecimento tecnológico, permitindo uma avaliação cada vez mais confiável das instalações, processos produtivos e sistemas operacionais em funcionamento.

Baseado em Viana (2002), manutenção preditiva é o conjunto de tarefas de manutenção que visam o controle, acompanhamento e monitoramento de equipamentos através de medições ou controles estatísticos que possam identificar a previsão de falhas no equipamento.

Conforme Siqueira (2009), manutenção preditiva é qualquer inspeção programada com o objetivo de verificar a possível falha de um equipamento, controlando as variáveis do processo que indiquem o estado atual do equipamento.

Segundo a norma NBR 5462 (1994), a manutenção preditiva é a atividade que permite garantir uma determinada qualidade de serviço requerida, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir as atividades de manutenção preventiva e diminuir as intervenções por manutenção corretiva.

Ainda segundo Kardec & Nascif (2009, p. 45), a manutenção preditiva pode ser definida da seguinte forma:

É a atuação realizada com base na modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. Através de técnicas preditivas é feito o monitoramento da condição e a ação de correção, quando é necessária, é realizada através de uma manutenção corretiva planejada.

Branco (2008) afirma que a manutenção preditiva é baseada em parâmetros, no tempo de vida útil dos componentes de equipamentos, de forma a aproveitar ao máximo esse tempo. Ainda afirma que as providências determinadas em consequência de uma inspeção preditiva ou monitoramento serão ordens de serviço de manutenção preventiva ou manutenção corretiva se a falha já tenha ocorrido.

Logo, sob a perspectiva de Xenos (1998), a manutenção preditiva permite então otimizar o tempo de troca ou reforma de peças ou componentes e também estender o intervalo de manutenção, pois permite prever quando o item está próximo do seu fim de vida. Este método de manutenção é bastante simples, eficaz e traz bons resultados.

Uma ação que deve ser destacada é a que se denomina manutenção autônoma, que não é classificada como um método de manutenção.

A manutenção autônoma é a integração efetiva entre operação e a manutenção, que resulta numa estratégia simples e prática para envolver os operadores dos equipamentos nas atividades de manutenção com foco em limpeza, lubrificação e inspeções visuais (KARDEC & NASCIF, 2009).

Segundo Xenos (1998), a manutenção autônoma é alicerçada na capacitação dos operadores, de maneira que possam detectar as anomalias em sua fase inicial, detecção esta realizada através dos sentidos humanos ou instrumentos de inspeção.

Marçal (2004) afirma que a implantação da manutenção autônoma estimula os operadores a relatarem de forma rápida quaisquer anomalias percebidas nos equipamentos, sejam através de ruídos, vibrações, odores ou temperaturas anormais, de modo que a manutenção atue antes da ocorrência da falha.

Dessa maneira, a manutenção autônoma se mostra importante no papel da manutenção, de modo que fazendo com que a manutenção atue antes da falha, o número de paradas não programadas diminui, podendo ser melhores planejadas outras ações de manutenção.

2.3 Gestão da Manutenção

Para Kardec & Nascif (2009), gestão da manutenção era conceituada, até a pouco tempo, como planejamento e administração dos recursos físicos, operacionais e humanos para adequação da carga de trabalho. Segundo eles, atualmente gestão da manutenção possui uma definição muito mais abrangente. A organização da manutenção de qualquer empresa deve ser voltada para a gerência de solução dos problemas da produção, de forma que a empresa se torne cada vez mais competitiva no mercado. Ainda seguindo a linha de

raciocínio, a manutenção é uma atividade estruturada e integrada às demais atividades da empresa, fornecendo soluções e maximizando os resultados.

A gerência moderna dos negócios requer uma mudança de postura e mentalidades e deve estar sustentada por uma visão de futuro onde é claro que a satisfação dos seus clientes seja resultante da qualidade intrínseca dos seus produtos e serviços.

A razão de ser da manutenção está em gerar condições operacionais necessárias para que equipamentos, instalações e serviços funcionem adequadamente conforme projetado e planejado, visando atingir objetivos e metas, atendendo às exigências do cliente com qualidade e baixo custo (TAVARES, 1999).

Verma (2002) salienta que a manutenção é a segurança do processo produtivo, garantindo disponibilidade física, confiabilidade e alta manutenibilidade. Dessa forma, a importância potencial de uma boa gestão da manutenção ao nível estratégico e operacional é considerável. Verma (2002) afirma ainda que a gestão da manutenção deve ter um apoio efetivo para conseguir atingir a excelência empresarial e colaborar com eficiência, sendo assim, a manutenção não pode ser tratada isoladamente das outras funções da organização, deve sempre trabalhar em conjunto com os demais departamentos da organização.

Sob um ponto de vista mais atual e dinâmico, autores como Kelly (2006) propõem a utilização da metodologia BCM (*Business Centered Maintenance*) para a gestão da manutenção. A figura 3 ilustra a estratégia dos processos na aplicação da metodologia BCM.

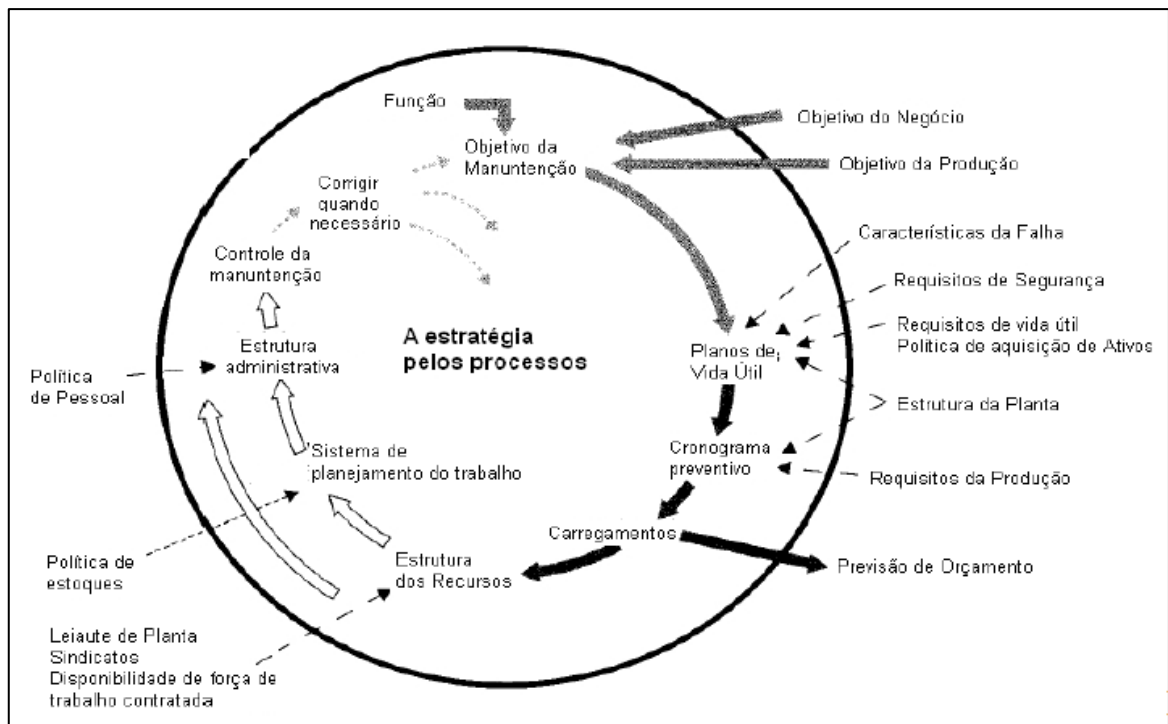


Figura 3 - Metodologia BCM
 Fonte: Lemos *et al.* (2001, p. 04).

A Figura 3 ilustra a metodologia BCM, que nada mais é do que um *framework* de orientação para determinar os objetivos da manutenção, formulando planos e cronogramas, projetando e organizando a manutenção e a criação de sistemas adequados de documentação e controle.

Vale ressaltar que a implementação dessa metodologia depende de um bom desdobramento do planejamento estratégico e de um bom fluxo de informações compartilhadas entre as diversas funções da organização.

Dessa forma, é possível perceber a importância da gestão da manutenção para a competitividade da empresa; para a garantia de qualidade de produtos, processos e serviços; satisfação dos clientes; e fonte de rentabilidade para a organização; visto que é responsável pelo aumento da disponibilidade e confiabilidade dos ativos, e bem como aumento da produtividade com menores custos.

2.4 Confiabilidade

O termo confiabilidade na manutenção, teve origem nas análises de falha em equipamentos eletrônicos de uso militar nos Estados Unidos na década de 1950. Uma década depois, com o surgimento da indústria aeronáutica, foi criado pela *Federal Aviation Administration* um grupo para estudo e desenvolvimento de um programa de confiabilidade para a indústria aeronáutica americana devido à necessidade de um sistema organizado, a fim de aprimorar as características de confiabilidade (KARDEK & NASCIF, 2010; SCAPIN, 2007).

A norma NBR 5462 (1994, p. 3), define confiabilidade como a “capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo”.

Lafraia (2001) aborda a confiabilidade como a probabilidade de que um item não falhe por um determinado tempo previsto, sob condições de operação especificadas. De acordo com o autor, a confiabilidade está diretamente ligada com a confiança que temos em um item para que não apresente falhas, e, diz respeito à todas características de um item que podem variar com o tempo.

Segundo Vaccaro (1997), a confiabilidade pode ser mensurada desde que as condições de trabalho sejam claramente conhecidas, principalmente em atividades de alto risco, sendo importante um estudo mais aprofundado para avaliação dessas condições.

O campo da confiabilidade se desenvolveu muito, ao longo dos anos, em diversas áreas, como confiabilidade mecânica, confiabilidade humana, confiabilidade de *software*, otimização de confiabilidade, engenharia da manutenção e engenharia de confiabilidade.

Esse desenvolvimento, se deu em razão de fatores que influenciam em riscos intrínsecos ao processo, como a complexidade dos sistemas, a necessidade constante de redução de custos, as considerações e legislações de segurança, estando a Engenharia da Confiabilidade, em constante evolução como reflexo à necessidade de controle desses riscos.

Para Firmino (2004), a confiabilidade trata-se de uma ferramenta que possibilita e facilita a elaboração de estratégias de manutenção e a partir do estudo da Engenharia de Confiabilidade é possível adequar as atividades de manutenção ao longo do tempo, conforme variações no desempenho do item em questão.

De acordo com Kardec & Nascif (2009), a Engenharia de Confiabilidade permite suas ferramentas por meio de uma sistemática conhecida, aplicar uma estratégia de manutenção de acordo com as características da ocorrência e frequência das falhas. Para escolha da melhor estratégia em cada caso, é necessário conhecer os métodos de manutenção e entender o padrão de tipos de curvas de falha usuais.

Por meio da Engenharia de Confiabilidade é possível processar o gerenciamento da manutenção, de maneira a planejar as atividades ao longo da vida útil do item. Desta maneira, torna-se necessário nesse processo de gerenciamento, a identificação prévia das causas de paradas não programadas no processo produtivo e nos equipamentos (MATHEW, 2004).

A Engenharia de Confiabilidade então é uma ferramenta estratégia que permite uma melhor gestão da manutenção, da confiabilidade e manutenibilidade dos ativos, sendo essencial para garantia de bons resultados, atendendo as demandas do mercado e melhorando a competitividade da organização.

Logo, conforme Fogliatto & Ribeiro (2009), a confiabilidade é importante em projetos de processos, de produtos e de serviços, para que sejam confiáveis quando requerem menor número de intervenção do fabricante.

Uma ferramenta de planejamento da manutenção industrial relevante para as empresas hoje em dia é a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC).

Romero (2011), aborda a MCC como um método de planejamento da manutenção que visa racionalizar e sistematizar as tarefas de manutenção, garantindo a confiabilidade e segurança operacional ao menor custo, utilizando as inúmeras técnicas de manutenção existentes.

De acordo com Mendes (2011) o objetivo fundamental da MCC é criar uma rotina de manutenção estratégica que resguarde as funções de sistema e equipamentos de forma efetiva e com custos admissíveis.

Ainda segundo Romero (2011), O MCC viabiliza alterar o tempo fixo de tarefas de manutenção de vários equipamentos por intervalos de tempo que dependem da sua respectiva condição crítica pré-determinada com base no seu histórico de desempenho.

Siqueira (2009), afirma que dessa maneira é possível constatar que existem algumas particularidades de definem a MCC distinguindo de outros métodos. Assim sendo, os objetivo e técnicas principais adotados pela MCC são:

- Preservar as funções do sistema;
- Identificar os modos de falha que possam interromper as funções;
- Priorizar as necessidades das funções;
- Selecionar apenas as tarefas preventivas que sejam aplicáveis e efetivas.

Portanto, a partir dessas informações, é possível notar que para aplicação da MCC, para melhor estudo da Engenharia de Confiabilidade, para melhor planejamento e controle da manutenção é necessário ter conhecimento sobre os indicadores de manutenção dos equipamentos.

2.5 Indicadores de Manutenção

Os indicadores de manutenção surgem na rotina industrial devido a necessidade de controle e acompanhamento das metas estabelecidas na manutenção, indicando assim os pontos de melhorias e de perdas no processo (VIANA, 2002).

De acordo com o autor, alguns indicadores principais são:

- MTBF (*Mean Time Between Failures*) – Tempo Médio entre Falhas:

Calculado a partir do quociente entre o tempo em horas em que o equipamento estava disponível para operação (HD) e do número de eventos corretivos (NC) no período considerado. Ou seja, quanto maior MTBF, menor o número de intervenções corretivas e conseqüentemente maior tempo de disponibilidade do equipamento para operação.

$$MTBF = \frac{HD}{NC}$$

- MTTR (*Mean Time to Recovery*) – Tempo Médio de Reparo:

Calculado a partir do quociente entre o tempo em horas que o equipamento esteve em manutenção (HIM), e o número de intervenções corretivas (NC) no período considerado.

Ou seja, o MTTR expressa o andamento da manutenção, de modo que quanto menor MTTR, menor o número de intervenções corretivas.

$$MTTR = \frac{HIM}{NC}$$

- MTTF (*Mean Time to Failure*) – Tempo Médio para Falha:

Calculado a partir do quociente entre o tempo em horas que o equipamento esteve disponível para operação (HD) e do número de falhas não reparáveis no período considerado. Logo o TPMF é dado pela equação:

$$TPMF = \frac{HD}{n^{\circ} \text{ de falhas}}$$

- DF (Disponibilidade Física):

Nada mais é do que o tempo total em horas que o equipamento esteve disponível para operação no período considerado. Calculado a partir do quociente entre horas totais trabalhadas (HT) e as horas totais do período (HG), multiplicado por 100.

$$DF = \frac{HT}{HG} \times 100\%$$

2.6 Distribuições de Probabilidade

Fogliatto & Ribeiro (2009) abordam que a confiabilidade é dada em termos da probabilidade de sobrevivência até um tempo “t” de interesse. Os autores então apontam que as distribuições de probabilidade realizam a modelagem dos tempos até a ocorrência da falha, de modo a determinar essa probabilidade.

Ainda segundo Fogliatto & Ribeiro (2009), as distribuições de probabilidade mais comuns em confiabilidade são: Distribuição Normal, ”Lognormal”, Exponencial, *Gamma* e *Weibull*.

Neste estudo foi utilizada a distribuição *Weibull* que segundo Martins & Selitto *apud* Lewis (2006), permite o cálculo da função de confiabilidade e possibilita o entendimento do comportamento de sistemas onde a falha origina-se de outros modos de falhas.

De acordo com Freitas & Colosim, a distribuição *Weibull* define os parâmetros para análise a partir da equação de confiabilidade $C(t)$ – ou $R(t)$, derivada do termo, confiabilidade em inglês “*reliability*”- dada por:

$$C(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt$$

Sendo $f(t)$ = função densidade de probabilidade e t = período de vida útil.

Segundo Simonetti *et al* (2009), a função densidade de probabilidade define matematicamente as distribuições, sendo expressa geralmente por:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta}, \quad t > 0; \beta > 0 \text{ e } \eta > 0$$

Sendo η = vida característica ou parâmetro de escala; γ = é o parâmetro de posição e β = parâmetro de forma.

A Figura 4 mostra o comportamento da curva *Weibull* de acordo com algumas variações do parâmetro de forma β .

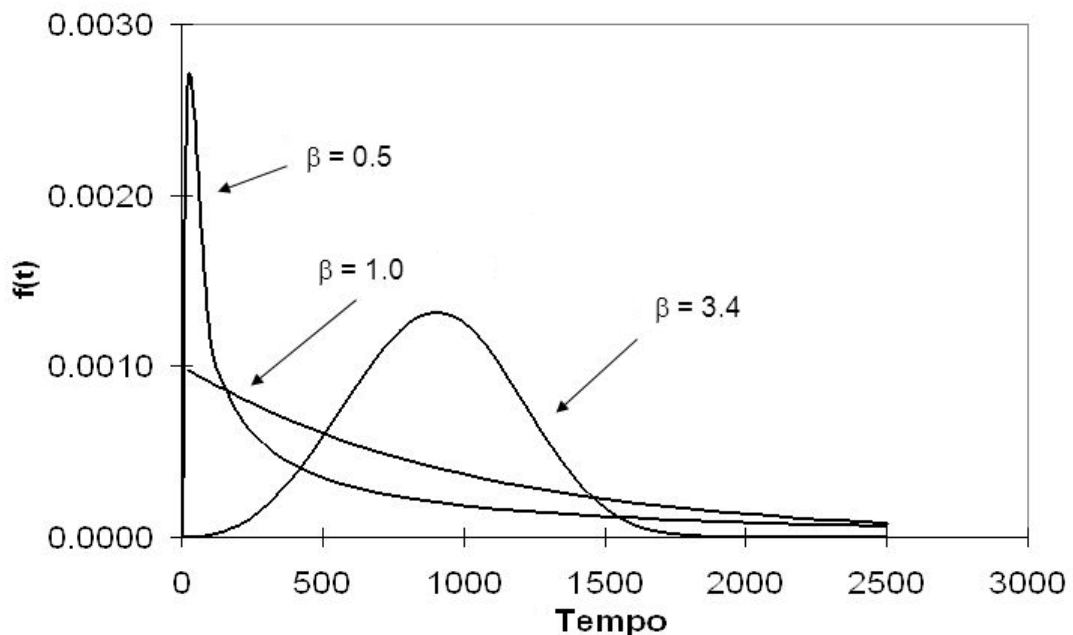


Figura 4 - Curvas *Weibull*
Fonte: Adaptado de Slideplayer (2006)

Como pode ser observado na Figura 4, as curvas *Weibull* variam de em função do parâmetro de forma β . Simonetti *et al* (2009), afirma que o parâmetro de forma β é dado por um valor adimensional e atua na função densidade de probabilidade de modo que:

- Quando $\beta < 1$ as falhas apresentam-se com frequência elevada na parte inicial da vida, as chamadas falhas prematuras, que podem estar associadas a defeitos de projeto, produção ou operação, não sendo possível prever as mesmas, sendo então indicada a manutenção corretiva e preventiva.
- Quando $\beta=1$ mostra que a função densidade de probabilidade equivale à distribuição exponencial, sendo a taxa de falhas constante e a ocorrência das falhas de modo aleatório, sendo a manutenção corretiva e preventiva as indicadas.
- Quando $\beta > 1$ existe um modo de falha predominante que pode estar relacionada ao desgaste natural do componente, sendo importante o uso da manutenção preventiva e preditiva, afirma o autor.

Visto então que os indicadores de manutenção e as distribuições de probabilidade são fundamentais para um bom controle e boa gestão das atividades de manutenção. Dessa forma, com o constante desenvolvimento da tecnologia e de novos recursos, o auxílio de sistemas de informação e *softwares*, se mostra cada vez mais como uma ferramenta fundamental no estudo da Engenharia de Confiabilidade para obter então um aumento da confiabilidade dos equipamentos e processos, diminuindo custos e tornando os processos mais robustos e estáveis.

2.7 Sistemas e Tecnologia da Informação

Correia *et al.* (2015), afirma que com as disputas cada vez mais acirradas de mercado, juntamente com a contínua necessidade de processos mais enxutos a menor custo possível, as empresas se veem praticamente obrigadas a melhorar continuamente a produtividade e a qualidade de seus produtos e serviços.

Ainda segundo o autor, como a manutenção possui impacto direto junto aos custos e produtividade, o setor passa a investir cada vez mais em tecnologias para se adequar às exigências do mercado e expectativa das organizações. Sendo assim, o investimento em

ferramentas de gerenciamento, controle e execução tornam-se práticas fundamentais visando essas melhorias, sem renunciar-se à qualidade e produtividade.

Para Silva (2015), o cenário empresarial nos dias de hoje, requer ferramentas e suporte extremamente precisos, aptos de mensurar todos os indicadores e estatísticas dos seus processos. O desenvolvimento da sistemas de informação, da tecnologia da informação e a estruturação de seus recursos vêm sendo cada vez mais utilizadas nas organizações e tende-se a ploriferar em diversos setores.

Segundo Foina (2001), o sistema da informação é um conjunto organizado de elementos (que podem ser pessoas, dados, atividades ou recursos materiais) que interagem entre si para processar a informação e divulgá-la adequadamente em função dos objetivos da organização.

De acordo com Kenn (1996), o sistema da informação funciona como aporte à ações e decisões de acordo com o contexto ao qual é inserido, possibilitando o acesso e a gestão da informação, suportados por tecnologia da informação e pelos sistemas de comunicação.

Foina (2001) define ainda que a tecnologia da informação é caracterizada como a agregação de todas as atividades e soluções providas por recursos computacionais que visam permitir a geração, armazenamento, transmissão, acesso e utilização das informações. É denominada como a área da informática que trata da informação, organiza e classifica de forma a permitir tomadas de decisões.

A tecnologia da informação permite eliminar barreiras impostas por local e tempo às atividades de coordenação, serviço, colaboração, produção e manutenção. Sendo assim, a tecnologia da informação surge como um método que visa o foco nos resultados, resultados estes que impulsionam o aumento de rentabilidade, a uniformidade nos procedimentos, e estimulam de forma estratégica, tática e operacional. Com isto, estimula à criação de instrumentos gerenciais inovadores e práticos, buscando assim vantagens competitivas (KENN, 1996; SIMCSIK, 2002).

O detalhamento de dados e informações traz agilidade aos seus usuários e aos seus gestores para desenvolvimento, planejamento e controle de operações bem como auxilia em rápidas tomadas de decisões, o que se converte em competitividade para a empresa no mercado.

Com o aumento da exigência por qualidade nos produtos e processos e por confiabilidade nos equipamentos e nas operações de produção, as empresas acabam sendo forçadas a buscarem o auxílio da tecnologia da informação e sistemas de informação. Para tal fim, ferramentas de controle transfiguram-se cada vez mais importantes para melhoria dos indicadores dentro dos processos (CORREIA *et al.*, 2015).

O aprimoramento de técnicas de manutenção em novas tecnologias para mensurar a vida útil do equipamento. Essas técnicas estão diretamente ligadas com a automação, monitorando de forma eficaz o estado da máquina, planejando possíveis correções e melhorias no item, resultando em informações importantes referentes à disponibilidade e a confiabilidade de equipamentos, bem como a própria produtividade e os custos das atividades de manutenção efetuadas. Essas informações são valiosas para tomada de decisão, mensuração das áreas de manutenção e produção gerando maior confiabilidade na planta (CARVALHO *et al.*, 2015).

Diante do exposto, pode-se perceber que o sistema de informação é uma ferramenta de transformação estratégica nas organizações. Num sistema de informação bem construído é possível se observar vantagens como: otimização do fluxo de informação proporcionando agilidade e organização, redução de custos administrativos, aumento de produtividade quando bem utilizados e maior segurança no acesso da informação.

Já a tecnologia da informação pode ser vinculada à Engenharia de Confiabilidade de modo a contribuir num processo mais rápido, produtivo e com menores custos. Essa interface é feita através de *softwares* que coletam dados, auxiliam no estudo de dispersão de dados e resultados, evitam perdas de informações, realizam programação das atividades de manutenção, tornando assim o processo mais versátil.

Logo, é possível concluir que com a interação do sistema de informação e da tecnologia da informação com a Engenharia de Confiabilidade, os processos de manutenção podem ser melhorados substancialmente, contribuindo assim com o planejamento estratégico da organização.

2.8 Banco de Dados

O domínio e gerenciamento da informação e dos processos em si continuam sendo um fator de primordial importância para a sobrevivência de qualquer organização no atual

mercado e cenário econômico. A extração de informações a partir de processos ou rotinas de trabalho é de fundamental importância para a área de sistemas de informação e consequentemente para a área de manutenção e produção de uma organização.

Para Braz (2003), a revisão de processos, otimização e verificação de rotinas e resultados, melhoria contínua e redução de custos, não são possíveis de serem feitas sem que exista uma análise segura e consistente sobre uma boa amostra de dados. Reparar, extrair, manter, gerenciar, planejar, controlar e organizar esses dados é o que visa um sistema de banco de dados.

De acordo com Silberschatz *et al.* (1999), banco de dados é uma coleção de dados inter-relacionados, representando informações sobre um domínio específico.

Date (2000) afirma que um sistema de banco de dados pode ser definido como um sistema computadorizado de armazenamento, manipulação e gerenciamento de registros.

Segundo Silberschatz *et al.* (1999), um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) é constituído por um conjunto de dados integrados a um conjunto de programas para acesso a esses dados.

Os sistemas de bancos de dados devem garantir o armazenamento correto, seguro e eficiente de informações. Realizando o armazenamento sob esta forma fica praticamente garantida a otimização e a segurança da recuperação das informações (BRAZ, 2003).

Portanto, é possível observar a relevância de um banco de dados consistente e confiável para sistemas de informação e utilização da tecnologia da informação no setor de manutenção e produção de uma organização, que trará de forma rápida acesso a informações importantes para estudo da Engenharia de Confiabilidade, auxílio nas atividades de manutenção e fator chave para tomada de decisões.

3 METODOLOGIA

Este capítulo tem como objetivo caracterizar o tipo de pesquisa, apresentar os materiais, métodos, variáveis e indicadores utilizados para realização da pesquisa, bem como caracterizar os procedimentos adotados para coleta e tabulação de dados, além das considerações finais.

3.1 Tipo de pesquisa

Para Lakatos & Marconi (2003, p. 155), a pesquisa é “um procedimento formal, com método de pensamento reflexivo, que requer um tratamento científico e se constitui no caminho para conhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais”.

Gil (2002, p. 17) define pesquisa como “o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos”.

Quanto a forma de abordagem, Silva & Menezes (2000) declaram que existem duas formas básicas de pesquisa: quantitativa e qualitativa.

- Pesquisa quantitativa: classifica e analisa as informações, após transformar as informações em números, fazendo-se necessário a aplicação de estatística. Ou seja, a pesquisa quantitativa considera tudo o que pode ser quantificado e traduzido em números e informações para análise e classificação (MORESI, 2003).
- Pesquisa qualitativa: trata da interpretação de fenômenos e processos em que não são possíveis de serem expressos através de números ou por métodos estatísticos e matemáticos (SILVA & MENEZES, 2000).

Para Gil (2002), do ponto de vista dos objetivos, a pesquisa pode ser classificada como:

- Pesquisa exploratória: objetiva proporcionar maior familiaridade com a problemática, de modo a torna-lo mais explícito. Pode-se dizer ainda que este tipo de pesquisa tem como objetivo principal o aprimoramento de idéias ou a descoberta de intuições.

- Pesquisa descritiva: tem como objetivo fundamental a descrição das características de determinadas amostras, populações ou fenômenos ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis.
- Pesquisa explicativa: são pesquisas responsáveis pela identificação de fatores que acarretam ou colaboram para acontecimento dos fenômenos, e pela explicação da razão e porquê da ocorrência de fenômenos.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, a pesquisa pode ser classificada como pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, pesquisa experimental, estudo de caso, pesquisa-ação e pesquisa participante. Dentre eles, dois procedimentos podem ser destacados: a pesquisa bibliográfica e o estudo de caso.

De acordo com Medeiros (2009), a pesquisa bibliográfica, é o passo fundamental em qualquer pesquisa científica, visto que elimina-se a possibilidade de trabalhar em vão e de se desperdiçar de tempo com o que já possui solução. Para Gil (2002), o presente trabalho adota-se uma pesquisa bibliográfica, pois é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros, teses e artigos científicos.

Segundo Silva (2004), o estudo de caso trata do detalhamento para avaliação dos objetivos, enquanto Gil (2002), aborda que o estudo de caso é caracterizado quando a pesquisa envolve o estudo aprofundado e exaustivo de alguns poucos objetivos de forma que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.

Conforme o exposto, é possível concluir que a presente trabalho se trata de uma pesquisa de caráter qualitativa e exploratória visto que serão apresentadas comparações, resultados e contribuições de aplicação de *softwares* no estudo da Engenharia de Confiabilidade, visando proporcionar uma maior familiaridade com a problemática, de forma a torna-la mais clara e explícita para compreensão e solução da mesma. Considera-se como fundamentação a pesquisa bibliográfica com teorias, conceitos e informações técnicas com base em livros, teses e artigos científicos sobre o tema, além de estudos de caso para aprofundamento dos objetivos para amplo conhecimento.

3.2 Materiais e métodos

O dicionário Aurélio (2010) aborda o termo “materiais” como algo pertencente ou relativo à matéria, ou ainda, como o conjunto de objetos que constituem ou formam uma obra ou construção.

Segundo Vergara (2007), aborda o método como um caminho, uma forma lógica de pensamento. Método científico é o conjunto de processos ou operações que devem ser empregados, ou ainda, é a linha de raciocínio adotada no processo de pesquisa (GIL, 2002; LAKATOS & MARCONI, 2006).

Portanto, os materiais e métodos que serão utilizados nesta pesquisa estão apresentados na Figura 5.

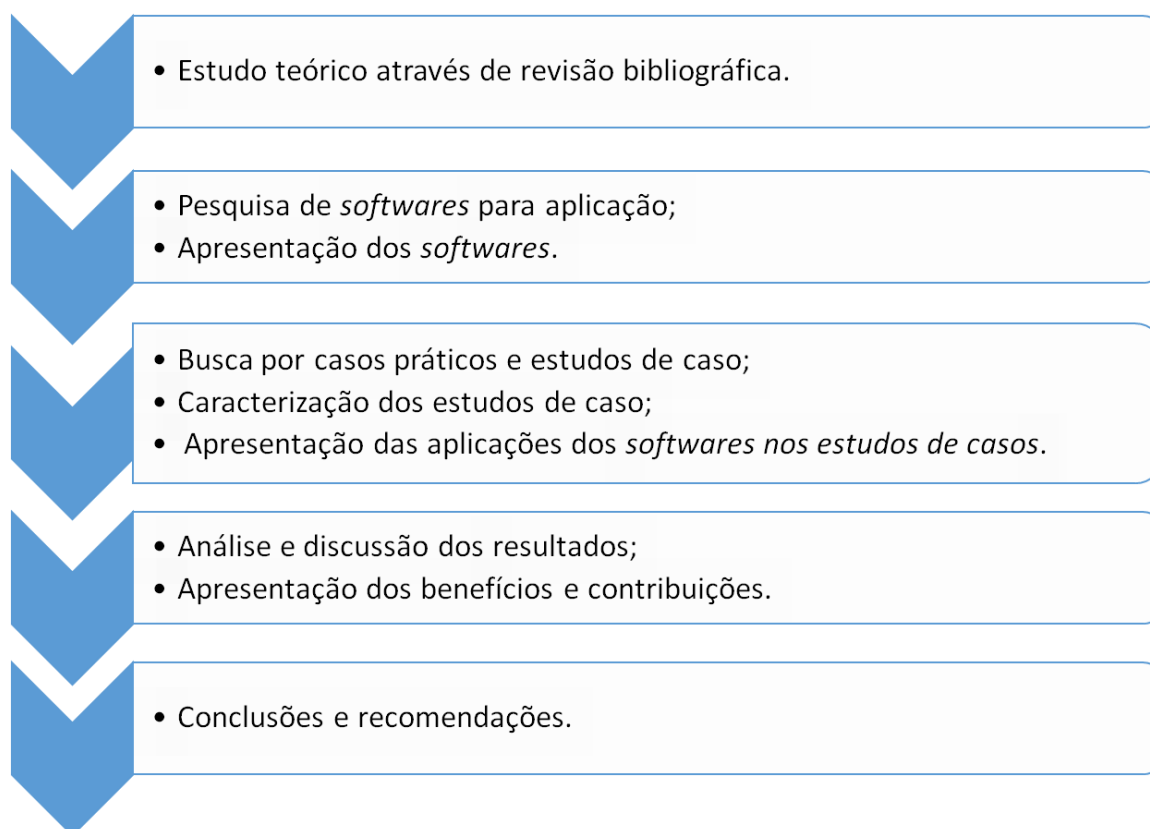


Figura 5 - Representação da metodologia utilizada.
Fonte: Pesquisa direta (2016).

Como pode ser visto na Figura 5, a metodologia parte de um estudo teórico e revisão bibliográfica e passa por uma pesquisa e apresentação dos *softwares*. A partir daí, buscou-se estudos de caso. Os mesmos foram caracterizados e foi apresentada a aplicação dos

softwares nos mesmos. Com isso, foi possível analisar e discutir os resultados, apresentar os benefícios e contribuições, bem como apresentar as conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

3.3 Variáveis e Indicadores

Para melhor compreensão do estudo e das análises exploradas nesta pesquisa é necessário a compreensão do conceito de variáveis e indicadores, para determinação correta dos mesmos necessários para solucionar a problemática deste trabalho.

Lakatos & Marconi (2003, p. 137) consideram uma variável como “uma classificação ou medida; uma quantidade que varia; um conceito operacional, que contém ou apresenta valores; aspecto, propriedade ou fator, discernível em um objeto de estudo e passível de mensuração”. Dessa maneira, seleciona-se duas variáveis para essa pesquisa: Engenharia de Confiabilidade e *softwares*.

Para o estudo e análise de cada variável existem indicadores que tornam possível a mensuração. Esses indicadores são escolhidos de acordo com os objetivos do estudo.

Tadachi & Flores (1997), abordam os indicadores como formas mensuráveis que permitem representar características de processos e produtos, podendo ser utilizados no controle e melhora da qualidade dos mesmos ao longo de determinado tempo.

A Tabela 1 destaca as variáveis e indicadores utilizados nesta pesquisa.

Tabela 1 - Variáveis e indicadores utilizados na pesquisa

Variáveis	Indicadores
Engenharia de Confiabilidade	<p>Disponibilidade física</p> <p>Confiabilidade</p> <p>MTBF</p> <p>MTTR</p> <p>MTTF</p> <p>Número de ocorrências</p> <p>Tempo de paradas</p> <p>Taxa de falhas</p>
Softwares	<p>Funcionalidade</p> <p>Formas gráficas</p> <p>Ferramentas</p> <p>Interfaces</p> <p>Entrada e saída de dados</p>

Fonte: Pesquisa direta (2016).

Como pode ser visto na Tabela 1, as variáveis utilizadas nesse estudo foram Engenharia de Confiabilidade e *softwares*, e seus respectivos indicadores estão listados na coluna seguinte.

3.4 Instrumento de coleta de dados

A coleta de dados é de suma importância para estudo do tema abordado e para análise dos dados para a busca de uma solução para o problema. O instrumento de coleta das informações acerca do tema abordado utilizado nesta pesquisa será por meio de tabelas.

A coleta de dados em forma de tabelas proporciona facilidade de visualização, facilidade de conversão de dados para arquivos de computador, possui flexibilidade de aplicação, proporcionando assim uma forma objetiva de tratamento de dados.

Desta maneira, a partir da utilização desse simples instrumento, será possível alcançar o objetivo final desse trabalho de forma objetiva e eficiente.

A tabela 2 foi elaborada para coletar e destacar as informações relevantes para o estudo desta pesquisa.

Tabela 2 - Tabela utilizada para coleta de dados.

Softwares	Características	Aplicação	Contribuições

Fonte: Pesquisa direta (2016).

Como pode ser observado, a Tabela 2 compilará de forma sucinta as características principais de cada *software*, onde eles foram aplicados e quais foram suas contribuições para o processo e para a empresa.

3.5 Tabulação dos dados

As informações obtidas serão tabulados por meio do *software Microsoft Excel*, permitindo melhor visualização das informações coletadas. E para a documentação dos resultados será utilizado o *Microsoft Word*.

3.6 Considerações finais do capítulo

Este capítulo abordou os mecanismos e ferramentas empregadas para efetivação dessa pesquisa, cujos instrumentos adotados estão de acordo com o objeto proposto no estudo.

No capítulo seguinte, serão abordados casos práticos e estudos de casos, fazendo a apresentação de *softwares*, suas devidas aplicações propostas na metodologia, bem como os resultados obtidos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados obtidos na presente pesquisa, baseado em alguns casos práticos. Será abordada a descrição dos *softwares* utilizados, a caracterização dos casos práticos, a aplicação dos *softwares* nos mesmos, bem como a apresentação dos benefícios adquiridos com a aplicação desses *softwares* na área de Engenharia de Confiabilidade.

4.1 Descrição dos *softwares*

4.1.1 S3i

O *software* S3i (Sistema Integrado de Inspeções Industriais) visa auxiliar às inspeções industriais utilizando os códigos de barras nos pontos de inspeção.

O S3i utiliza coletores de dados apropriados às diversas condições industriais (*Palm top's*) para identificar os equipamentos de acordo com códigos de barras, fornecendo dados confiáveis para gestão da manutenção.

Os códigos de barras são lidos e além de realizar a identificação, informam o tipo de inspeção, possíveis modos de falha, ação de inspeção e contramedidas.

De acordo com o desenvolvedor, o *software* é o único sistema de computação móvel voltado para a área de manutenção que possui as seguintes particularidades:

- Sistema fechado;
- Utiliza inteligência na operacionalização dos planos;
- Realiza a auditoria da efetividade e qualidade das inspeções em tempo real e integral;
- Realiza a gestão e operacionalização de todos os tipos de inspeções e rondas;
- Realiza inspeções pós-reparo;
- Possui uma metodologia própria de implantação e operacionalização alinhada a resultados em disponibilidade e custos da manutenção;
- Entre outros.

A precificação de implantação do S3i em um projeto para área de manutenção é feita normalmente após uma avaliação chamada de Diagnóstico da Manutenção. Segundo a empresa, para ter uma noção, uma licença básica sai em torno de R\$5.000,00.

4.1.2 *Weibull ++*

O *software Weibull ++* foi criado pela *Reliasoft* para se trabalhar especificamente com a Engenharia de Confiabilidade e tem sido tratado como referência na área. Ele permite a análise de dados de confiabilidade obtidos em estudos, a partir de dados completos, censurados (incompletos), intervalos ou agrupamentos de dados.

Através de uma ferramenta chamada “*Quick Calculation Pad*”, o *software* nos permite, obter de forma rápida, os cálculos de confiabilidade tais como MTBF, taxa de falha, probabilidade de falha para qualquer instante de tempo, tempo de garantia, permitindo a plotagem de curvas de confiabilidade.

O *Weibull ++* contém todas as ferramentas necessárias para realizar análise de dados, extrair resultados, gerar relatórios, apresentações e gráficos, como pode se ver na Figura 6.

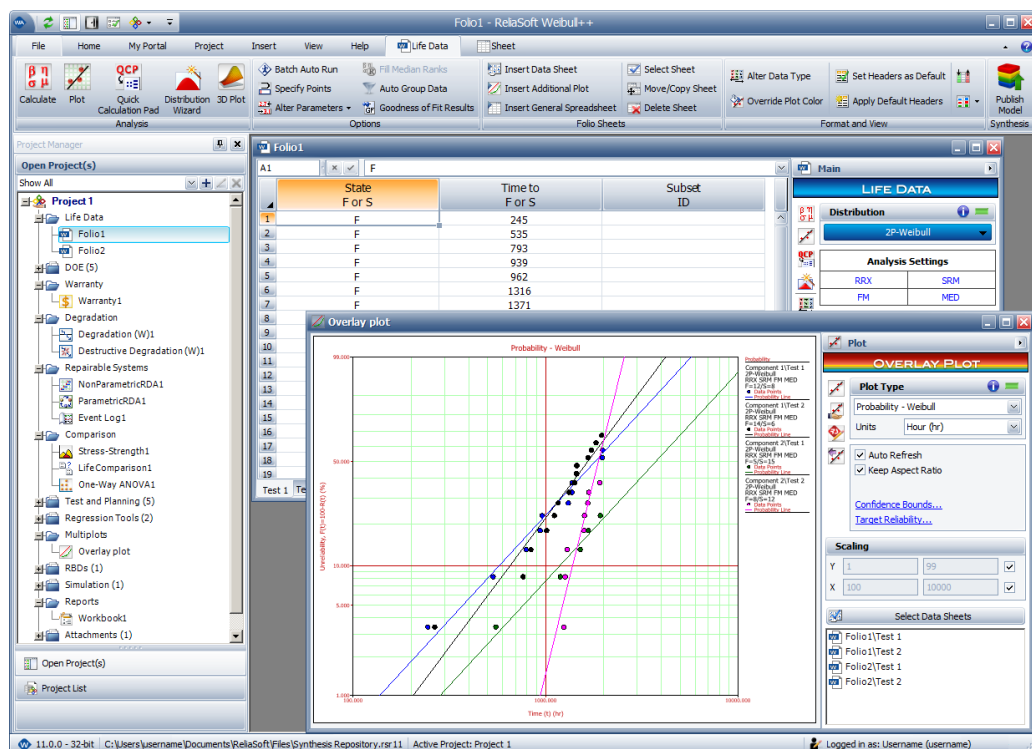


Figura 6 – Interface de trabalho do *Weibull ++*
Fonte: Reliasoft Brasil (2017)

Na Figura 6 pode-se ver o exemplo de plotagem de um gráfico. O *Weibull* permite diversas plotagem de gráficos que podem ser geradas no *software*, tais como: probabilidade de falha x tempo, confiabilidade x tempo, taxa de falha x tempo, entre outros.

Com relação ao custo da licença, de acordo com um levantamento feito com a empresa, para um usuário local, a licença básica tem o valor de R\$13.623,00, como pode ser visto na Tabela 3.

Tabela 3 - Tabela de custos de licença, de ferramentas e "suítes" do *Weibull*

Descrição	Preço Proposta (Reais)
Weibull++	R\$ 13.623,00
ALTA Standard	R\$ 15.722,00
ALTA PRO	R\$ 66.932,00
BlockSim	R\$ 52.549,00
Markov Module Add-on to BlockSim	R\$ 10.474,00
Xfmea	R\$ 26.241,00
RCM++	R\$ 52.549,00
RGA	R\$ 36.760,00
DOE++	R\$ 10.474,00
MPC Standard	R\$ 52.549,00
MPC Plus Edition	R\$ 84.105,00
RENO	R\$ 20.993,00
Lambda Predict 1 módulo	R\$ 26.241,00
Lambda Predict All Prediction Modules	R\$ 52.549,00
RCM++ w/RBI	R\$ 133.931,00
Suítes	
DFR Essentials	R\$ 78.835,00
DFR Premium	R\$ 105.143,00
RAM Essentials	R\$ 78.835,00
RAM Premium	R\$ 105.143,00
Synthesis Master	R\$ 147.218,00

Fonte: Pesquisa direta (2017)

A Tabela 3 mostra que valor da licença completa com todas as ferramentas e “suítes” disponíveis supera o valor de meio milhão de reais.

4.1.3 RME-Web®

O *software* RME-Web®, desenvolvido pela D&V, é um sistema especialista em manutenção e foi criado para organizar e arquivar informações relevantes, bem como métodos operacionais e procedimentos padrões. Tudo isso de maneira colaborativa, disponibilizando à todos colaboradores envolvidos nos processos de manutenção da área em aplicação.

O RME-Web® é um sistema voltado para manutenção, aplicável em qualquer setor ou processo industrial e utiliza os mais modernos recursos da tecnologia da informação. Os colaboradores podem ter acesso ao aplicativo por qualquer navegador de internet, seja em computadores, *notebooks*, *tablets* ou até mesmo *smartphones*. O RME-Web® pode ser ainda implantado em nuvens eletrônicas ou *intranets* e para utilização em plataformas *desktops* há também a versão RME-Win®.

O *software* além de ser um banco de dados tradicional, possui também um “Menu de Padronização” que se encarrega pela geração de sua base de conhecimento, denominada de “Biblioteca Técnica Padrão”.

A padronização dos processos e atividades de manutenção para cada tipo de equipamento é feita pelo Menu de Padronização no aplicativo, permitindo arquivar os métodos, técnicas e procedimentos de trabalho da manutenção em forma de textos e mídias (imagens e vídeos).

A Biblioteca Técnica Padrão é um acervo de informações técnicas de manutenção que contém manuais de fabricantes e instruções tanto dos próprios fabricantes quanto da experiência adquirida pelos especialistas de manutenção.

Todos os resultados, relatórios e informações obtidas nas atividades de manutenção executadas são enviados para o banco de dados sistêmico. A grande vantagem desse banco de dados é facilitar levantamentos de amostras de dados pertinentes aos estudos de engenharia de manutenção e confiabilidade necessários. As amostragens conferem confiabilidade dos dados nos estudos realizados, como por exemplo: interpretação estatística, definição de periodicidade, custos, desempenho, vida útil, entre outros.

Por fim o RME-Web® ainda disponibiliza as opções “Gráficos” e “Relatórios” como mostra a Figura 7.



Figura 7 - Gráficos interativos para o controle da qualidade da manutenção
 Fonte: Cunha *et al* (2015)

Na Figura 7 é possível observar que com estas opções o *software* possibilita aos usuários colaboradores selecionar e estratificar as amostragens de dados para melhor análise, avaliação e planejamento das atividades de manutenção.

Com relação ao custo da licença, o cálculo leva em considerações diversas variáveis relativas ao porte da empresa estudada e sua distribuição geográfica.

São consideradas, dentre outras, as seguintes informações: número de instalações, a número dos diferentes modelos de equipamento e sua complexidade, a quantidade de equipamentos de cada instalação para cada modelo, etc. Também são considerados os serviços a serem prestados, como hospedagem e infraestrutura, suporte e manutenção, treinamentos e consultoria. Assim, o custo vai variar de caso a caso.

4.2 Casos práticos

4.2.1 Caracterização do caso prático 1: Estudo da aplicação da manutenção centrada na confiabilidade com aporte da TI: o caso de uma empresa no setor siderúrgico. Autor: Hugo Leonardo Santos Rocha, 2014.

Em dados atuais, a empresa do ramo siderúrgico em estudo possui uma produção anual de aço líquido de aproximadamente 4,5 milhões de toneladas.

A área em que foi realizado o estudo é a laminação de placas de aço para aciaria, onde existem 11 pontes rolantes que atuam na produção das bobinas à quente. Essas placas de aço pesam em torno de 20 toneladas, com 8 metros de comprimento e 150 milímetros de espessura. As ponte rolantes levam estas placas até o forno para reaquecimento das mesmas, para o processo posterior de laminação à quente. Após o aquecimento, as placas são

laminadas entre as espessuras de 1,5 a 3,0 milímetros. Após a laminação, as placas são bobinadas e as pontes auxiliam no processo de pesagem e estoque das bobinas.

A Figura 8 ilustra um exemplo uma ponte rolante em funcionamento na área carregando rolos laminadores.



Figura 8 - Ponte rolante
Fonte: Truck Cranes (2017)

Como pode ser visto na Figura 8, as pontes rolantes são equipamentos de grande porte e necessitam de manutenção constante. Na área, observa-se que as pontes rolantes possuem grande tempo de parada, pois ainda são aplicadas manutenção de primeira e segunda geração, gerando assim perdas de produção.

Com o propósito de diminuir as paradas, os tempos de manutenção e aumentar a confiabilidade dos equipamentos, foi proposto um estudo de caso no setor baseado na manutenção centrada em confiabilidade, tendo em vista menores custos de manutenção e maiores índices de produção.

No plano de manutenção de pontes rolantes da empresa, inspeções mecânicas e elétricas possuem um padrão definido adotado pela empresa.

Este padrão é utilizado da seguinte forma: o inspetor avalia as condições das pontes rolantes na área, onde caso não se encontre nenhuma anomalia é repassado para a equipe de operação que o equipamento está em plenas condições de funcionamento. Caso haja alguma anomalia, o inspetor descreve a anomalia em um caderno de anotações e abre uma nota de avaria (também chamada de A2) utilizando o *software* SPIN (*Software Process Improvement Network*), que é um *software* de gestão empresarial e gestão de serviços, conforme Figura 9.

MANUTENÇÃO

ORDEM DE SERVIÇO | CONSULTAS | PROGRAMAÇÃO | TRATAMENTO DE FALHAS | RELATÓRIOS | AJUDA

Ordem de Serviço | Histórico Voltar Para a frente

Ordem de Serviço

Pesquisar Variantes Criar Imprimir Confirmar Impressão Múltipla Confirmar/Exceção Documentos de Modificação Limpar

Tipo Manutenção: [dropdown] Número: 111516369

Descrição: [text] Detalhes

Autor: [text]

Centro de Planej.: [dropdown]

Local de Instalação: [text] Até [text]

Centro de Trabalho: [text] Até [text]

Grupo de Planej.: [text]

Prioridade: [dropdown]

Equipamento: [text]

Data Início Desejada: 12/09/2013

Data Fim Desejada: 13/09/2013

Status: Aberta em Processo Encerrada

Sua Pesquisa Retornou com 1 Registros. Expandir Campos para Pesquisa Exportar Ocultar Pesquisa

Número O. S.	Tipo	Loc. Instalação	Descrição	Status Sistema	Fluxo da O.S.	Autor	Nome
111516369	A2	OB-AC-MA-PR24	PR-24 REDUTOR SECUNDÁRIO LESTE	ABER CAPC DMNV ERRD KKMP	CRI	127026	FABIANO JOSE DE RE

Figura 9 - Abertura de nota de avaria no sistema SPIN

Fonte: Rocha (2014)

A Figura 9 ilustra a abertura de uma nota de avaria no sistema SPIN. A nota consiste de um detalhamento de uma avaria ocorrida em um equipamento ao qual foi inspecionado.

Com a nota de avaria aberta, o planejador da área é informado e gera uma Ordem de Serviço (OS); que consiste em se determinar a necessidade de reparo do equipamento, efetivo da equipe de manutenção (mecânicos, eletricitas, soldadores, etc) e disponibilidade de terceirizadas. Também são gerados os roteiros das operações, conforme Figura 10.

The screenshot displays the 'Operação' tab of a maintenance system. At the top, there is a navigation bar with links like 'ORDEM DE SERVIÇO', 'CONSULTAS', 'PROGRAMAÇÃO', etc. Below this, the 'Ordem de Serviço' form is visible, containing fields for 'Tipo de Manutenção' (Prev Remoção Anomali - A2), 'Status' (ABER CAPC DMNV ERRD KKMP), and 'Descrição' (PR-24 REDUTOR SECUNDÁRIO LESTE). The main area shows a table of operations with the following data:

Operação *	Pred.	Centro de Trabalho	Texto Modelo	Texto Breve	Detalhe	Est.Inst.	Trabalho	Unidade	QT	TP
0010		MME/PRAC	#	POSICIONAMENTO: POSICIONAR A PONTE NO		Fora ...	135	Minuto	4	30
0020	0010	MME/PRAC	#	CONSIGNAÇÃO DO EQUIPAMENTO: CONSIGNAR DI		Fora ...	70	Minuto	4	15
0030	0020	MME/PRAC	#	ITENS DE SEGURANÇA: 1- MONTAR 2 BATENTES		Fora ...	45	Minuto	3	15
0150	0030	MME/PRAC	#	SOPRAR E LIMPAR CONJUNTOS REDUTORES, MO		Fora ...	210	Minuto	4	30
0170	0150	MME/PRAC	#	MONTAR CALÇO DE PERFIL OU DUAS CUNHAS SO		Fora ...	240	Minuto	3	60
0200	0170	MME/PRAC	#	DRENAR ÓLEO DO REDUTOR SECUNDÁRIO		Fora ...	360	Minuto	4	90

Figura 10 - Roteiro para a nota de remoção de anomalia (A2)
Fonte: Rocha (2014)

A Figura 10 ilustra a aba de operação da ordem de serviço no SPIN, que apresenta em textos breves o passo a passo de cada operação, a quantidade de pessoal para executar a tarefa e o tempo gasto. Este roteiro tem o objetivo de instruir a equipe de manutenção a reparar o dano de forma que a manutenção preventiva seja realizada de forma correta.

Os roteiros são definidos com base no histórico de manutenções anteriores, em que são planejados pelos engenheiros, técnicos em planejamento e inspetores das pontes rolantes. É assim então definida a quantidade necessária de efetivo para realização da tarefa, tempo necessário e ferramental primordial, sendo tudo descrito de forma concisa na nota A2. Essa nota é automaticamente transmitida para um *software* de planejamento de recursos da empresa: o SAP (Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados).

Durante a manutenção, caso haja necessidade de troca de algum componente ou equipamento inesperado que não conste na A2, o inspetor analisa via SAP se há disponibilidade do material em estoque. Caso não tenha de imediato, o equipamento é levado para a oficina central, quando possível, para que possa ser recondicionado.

Logo após todas as etapas, a equipe de manutenção segue as operações conforme os textos descritivos e executa a tarefa de prevenção de acordo com o plano de manutenção.

Finalizado o serviço, é repassado para o inspetor responsável para que este feche a A2 através do número da O.S.

Este é o fluxo padrão utilizado pela empresa para inspeção e manutenção dos equipamentos da área. Com isso, este estudo propôs uma reformulação desse padrão, com o intuito de minimizar o tempo gasto, as paradas e o custo da manutenção, desde a detecção da anomalia até o término da atividade de manutenção.

4.2.2 Caracterização do caso prático 2: Estudo de confiabilidade aplicado à manutenção de perfuratrizes de pequeno porte: o caso de uma empresa de mineração. Autor: Bárbara Silva Trindade, 2015.

A empresa de mineração em estudada é uma das maiores do mundo e, para se ter uma idéia, obteve uma produção anual de 332,4 milhões de toneladas métricas de minério de ferro em 2014.

Este estudo abordou equipamentos que atuam no desmonte de mineração a céu aberto. O processo de mineração à céu aberto de maneira geral resume se em uma sequência de operações de preparo de mina, operações de lavra, carregamento e transporte realizados por diferentes equipamentos.

O processo começa com o desmonte e detonação do solo. O desmonte pode ser realizado por tratores e escavadeiras, como pode ser visto na Figura 11.

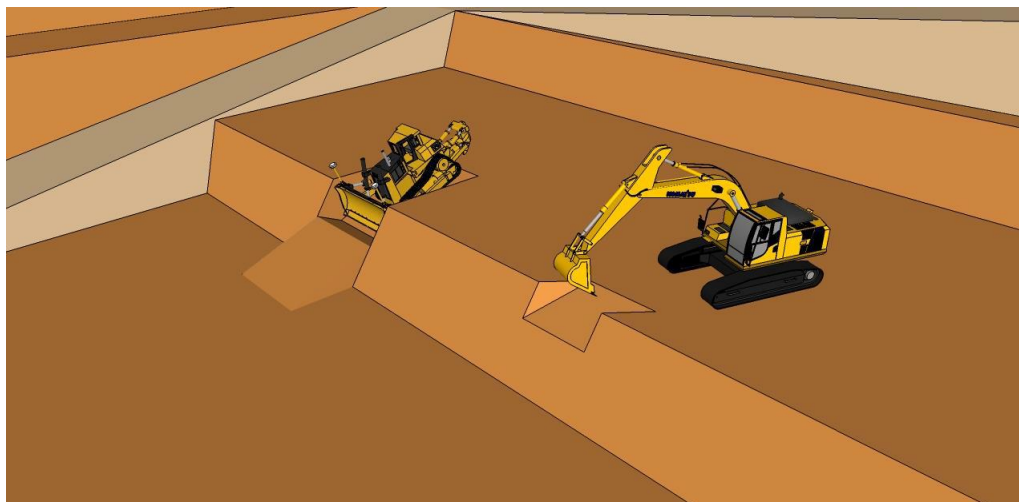


Figura 11 - Desmonte de rocha
Fonte: Ferreira (2010)

A Figura 11 ilustra os equipamentos utilizados no desmonte da rocha e extração de material que são os tratores e as escavadeiras. Esses equipamentos também podem iniciar o processo de lavra de mina quando não for necessária a detonação do solo.

Para a detonação do solo, as perfuratrizes dão início a esse processo e são responsáveis pela perfuração da rocha que irá subsequentemente receber os explosivos para detonação e assim prosseguir o processo.

Com a detonação do solo feita, inicia-se a escavação do mesmo. Escavadeiras e pás-carregadeiras são os equipamentos incumbidos para a retirada do minério desmontado nas bancadas e para carregamento dos caminhões, onde parte do material retirado é o minério propriamente dito, que seguirá para o processo de beneficiamento, e o remanescente estéril será disposto na mina de forma apropriada.

Um panorama geral dos equipamentos utilizados no processo pode ser visto na Figura 12.

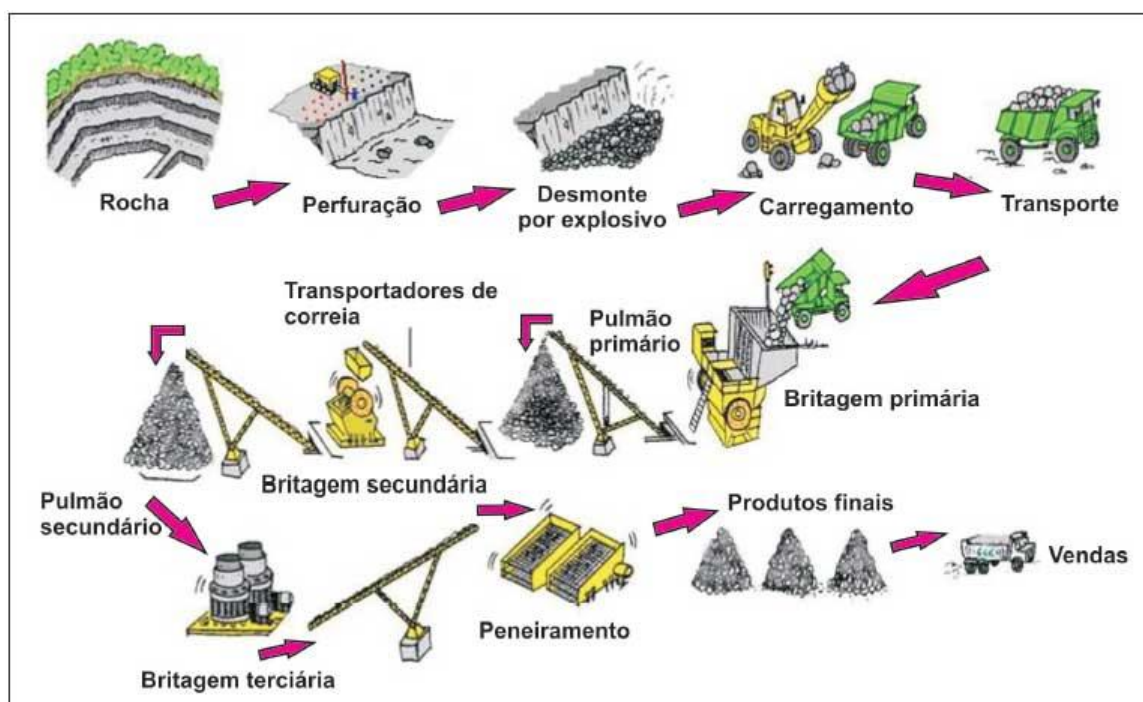


Figura 12 - Ciclo da mineração
Fonte: Iramina *et al* (2009)

A partir da Figura 12 fica claro a importância vital dos equipamentos em todo processo produtivo. Iniciando pela perfuração com as perfuratrizes, transpondo pela detonação, carregamento e transporte, em todas essas etapas ocorre a atuação desses

equipamentos. A segunda parte do processo compreende outros equipamentos, fixos, nas atividades da usina, que são: os processos de britagem, transporte por correias transportadoras até as pilhas pulmão e o peneiramento. O processo se conclui com equipamentos móveis que transportam o minério beneficiado para alimentação de mineriodutos ou trens de escoamento, levando assim o minério até o porto para transporte ao cliente final.

Dessa forma, observa-se claramente a importância dos equipamentos no processo, bem como do seu perfeito funcionamento e utilização. Com isso, a manutenção eficiente e a consequente confiabilidade dos equipamentos têm um papel essencial para a eficiência dos mesmos durante todo processo produtivo.

O setor de manutenção de equipamentos de mina abrange desde a inspeção até o planejamento e a programação das atividades de manutenção dos equipamentos, de modo a garantir o funcionamento confiável dos equipamentos e o bom desenvolvimento dos processos e da cadeia produtiva em geral.

O equipamento foco deste estudo são as perfuratrizes, que dão início ao processo com a perfuração do solo. Foi realizado então um trabalho de confiabilidade para mitigar as falhas repetitivas e recorrentes de uma frota de perfuratrizes de pequeno porte.

As perfuratrizes possuem a função de executar a abertura de furos com geometria pré-determinada para inserir os explosivos que realizarão a detonação da rocha, para, após essa etapa, iniciar o processo de lavra da mina em si.

O ato de perfurar a rocha realizada por uma perfuratriz pode ser considerado uma combinação de quatro ações, como podem ser vistas na Figura 13.



Figura 13 - Ações da perfuração percusso-rotativa

Fonte: Adaptado de Atlas Copco – Perforadora de roca hidráulica (2015)

A Figura 13 enuncia que a percussão corresponde aos impactos efetuados por golpes alternados do pistão que geram ondas de choque que são transmitidas para a broca. A pressão, ou, força de avanço é responsável por manter a broca em contato com a rocha. A rotação é o movimento que possibilita o giro da broca para que os impactos sejam efetuados em diversas posições da rocha. Já a varredura é o processo realizado por ar ou fluido para extração de detritos acumulados no fundo do furo perfurado.

Em processos de mineração, a perfuração de rocha é realizada de forma mecânica, sendo as perfuratrizes em questão, consideradas sistemas mecânicos. Os sistemas de perfuração mecânica podem ser divididos em três tipos: percussivos, rotativos e percusso-rotativos.

As perfuratrizes alvo desse estudo são classificadas como percusso-rotativas com martelo de superfície, pois apresentam rotação contínua e um sistema independente de percussão sobre a coluna de perfuração. Os acionamentos de rotação e percussão ficam fora do furo.

Nas perfuratrizes percusso-rotativas os principais componentes do sistema de perfuração são:

- A máquina perfuradora (fonte de energia);
- A haste de perfuração (transmissão de energia);

- A broca (ferramenta que exerce energia sobre a rocha);
- O fluido de varredura (agente de limpeza e evacuação de detritos).

O estudo de confiabilidade realizado nessa pesquisa foi aplicado à frota de perfuratrizes modelo ROC F9 da Atlas Copco exibida na Figura 14.



Figura 14 - Perfuratriz Percusso-Rotativa
Fonte: Atlas Copco (2015)

A Figura 14 ilustra detalhe de uma perfuratriz modelo ROC F9 no campo de trabalho. Trata-se de um equipamento considerado de pequeno porte de acionamentos hidráulicos, propulsionado por diesel para perfuração em aplicações de superfície.

O carro é composto de um *truck* com cabine/plataforma do operador com comandos para deslocamento e perfuração instalados na cabine. O motor diesel, o chassi, sistema hidráulico, sistema de sopro e o braço estão montados em plataforma sobre o *truck* do carro, o que pode ser observado na Figura 15.

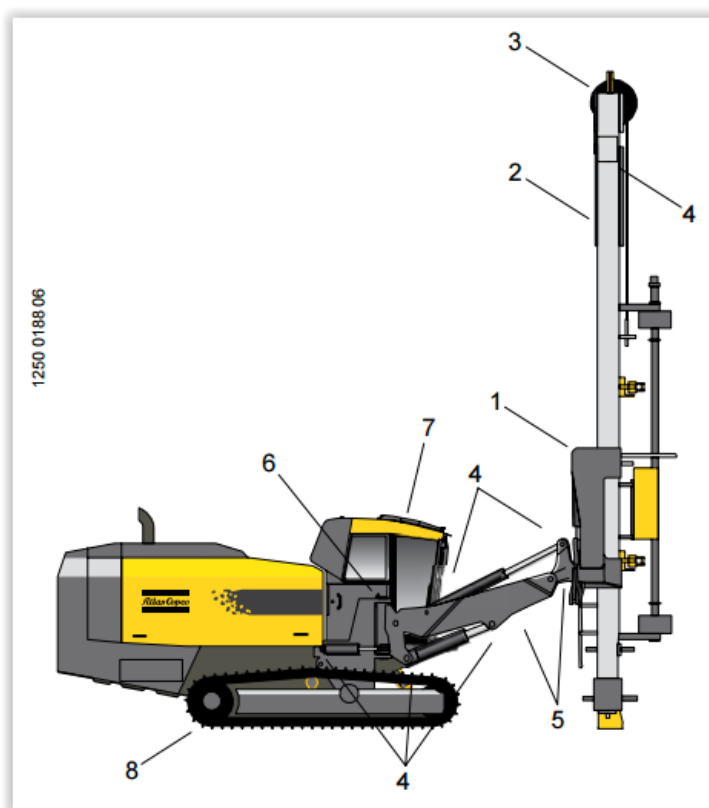


Figura 15 - Componentes da perfuratriz
 Fonte: Atlas Copco (2008)

Por desgaste natural dos componentes, ou por exposição a esforços anormais decorrentes de má operação, podem ocorrer diversas avarias a componentes vitais de trabalho. Deste modo é importante atentar aos pontos de controle mostrados na Figura 15.

1. Suporte de avanço e suas fixações;
2. Cabos de avanço com fixações;
3. Tambor ou carro de mangueiras e suporte;
4. Fixações de cilindros;
5. Braço/cabeça de braço;
6. Apoio de braço e centro de giro;
7. Cabine e fixações;
8. *Trucks* de esteira e suas fixações.

4.2.3 Caracterização do caso prático 3: Estudo de caso: Manutenção inteligente no SERPRO – Implantação piloto do RME-WEB para gestão do conhecimento das técnicas de manutenção. Autores: Bruno Gomes da Cunha; Dilmar Gonçalves da Cunha; Leonardo Batista Porto; 2015.

A empresa em que foi realizado esse estudo foi a SERPRO (Serviços Federais de Processamento de Dados), que é a maior empresa pública de prestação de serviços em tecnologia da informação no Brasil.

A atual conjuntura das áreas de manutenção da SERPRO não é muito distante da conjuntura encontrado nas áreas de manutenção da maior parte das empresas do setor industrial, sendo caracterizado pelo aumento da quantidade, diversidade e complexidade dos equipamentos, além da falta de recursos financeiros para melhorias e substituição dos equipamentos obsoletos.

Dentro dessa conjuntura, a manutenção passa a ter uma importância ainda maior, e um papel estratégico dentro das empresas, sendo progressivamente requisitada a superar as dificuldades encontradas.

Os problemas se acentuam ainda mais, pois as áreas de manutenção, na grande maioria das vezes, não estão aptas a enfrentar esses problemas devido a falta de padronização dos métodos e atividades; inexistência de itens de controle; arquivamento dos resultados obtidos em papel; informações incompletas, imprecisas e sem referência; falta de análise dos resultados; decisões tomadas pelo sentimento e experiência; entre outras.

A partir daí, foi pesquisado um *software* disponível no mercado que sanasse tais problemas, e a SERPRO então decidiu implantar um piloto do sistema RME-Web® com os seguintes objetivos: padronização dos métodos de manutenção, facilitação e simplificação da execução das atividades de manutenção, armazenamento dos resultados obtidos dos serviços de manutenção em um banco de dados para obter um histórico e fornecer índices para análise e avaliação das atividades de manutenção e de desempenho dos equipamentos.

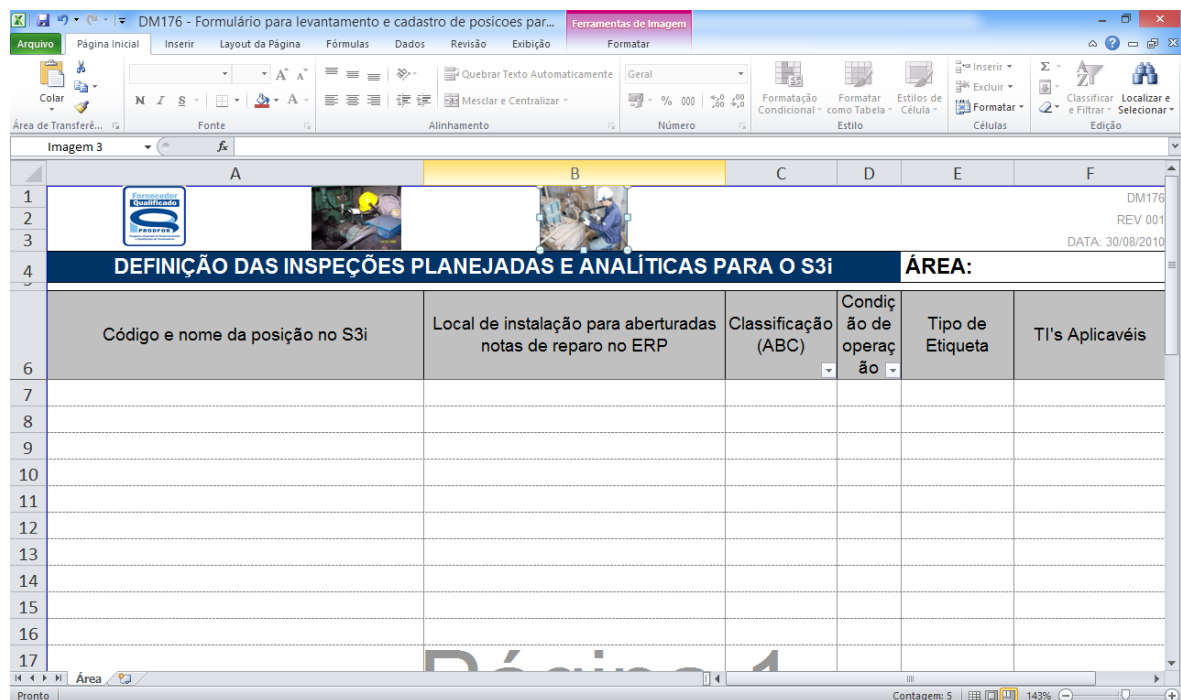
4.3 Aplicação dos *softwares*

4.3.1 Aplicação do *software* no caso 1

Com o intuito de reduzir o tempo gasto nas atividades de manutenção dos equipamentos e aumentar a confiabilidade dos mesmos, foi adotado para aplicação o *software* S3i (Sistema Integrado de Inspeções Industriais).

Para tal, são determinados alguns critérios aplicação e implantação do *software* na área. Primeiramente é determinado um cronograma de implantação, que é feito juntamente com um representante do S3i com a Engenharia de Manutenção Central, para então determinar o cronograma padrão de instalação do *software* e a determinação dos prazos e recursos para que seja executado de fato.

A próxima etapa consiste no treinamento dos colaboradores envolvidos para a realização do levantamento dos pontos de inspeção. Neste treinamento é tratado sobre todo o procedimento de definição dos pontos de inspeção em uma planilha de *Excel*, com os itens a serem preenchidas de forma padronizada, como pode ser visto na Figura 16.



	A	B	C	D	E	F
1						DM176
2						REV 001
3						DATA: 30/08/2010
4	DEFINIÇÃO DAS INSPEÇÕES PLANEJADAS E ANALÍTICAS PARA O S3i					ÁREA:
6	Código e nome da posição no S3i	Local de instalação para aberturas notas de reparo no ERP	Classificação (ABC)	Condição de operação	Tipo de Etiqueta	TI's Aplicáveis
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						

Figura 16 - Pontos de inspeção a serem criados na planilha de *Excel*
Fonte: Rocha (2014)

A Figura 16 mostra como são realizadas as definições para as inspeções planejadas a serem incluídas no S3i e mostra que o preenchimento de cada célula é adotado de acordo com o *software*.

Na primeira coluna é definida a nomenclatura que será exposta na plaqueta colada no equipamento a ser inspecionado. Na segunda coluna é definido o local de instalação da plaqueta para encaminhar o inspetor para a área do equipamento. A terceira coluna contempla uma classificação de “A” a “C” que é relacionada o nível de gravidade do equipamento de acordo com o tipo e a funcionalidade, do mais crítico ao menos crítico, respectivamente.

Percebe-se ainda na Figura 16 que na coluna seguinte é verificado a condição de operação do equipamento, que consiste em verificar se a inspeção do mesmo será realizada com o equipamento em operação (OP), ou com o equipamento parado (PA). Isso é determinado de acordo com os inspetores que averiguam o equipamento diariamente. Na próxima coluna é avaliado qual será o tipo da etiqueta de acordo com o local em que é instalada para dessa forma determinar qual o tipo de material (plaquetas de alumínio para locais de baixo intemperismo e plaquetas de aço inoxidável para locais expostos a altos intemperismos e temperaturas).

Em seguida, foram analisados os tipos de componentes a serem inspecionados ao realizar a leitura do código de barras da plaqueta. Esses componentes foram designados pelo *software* como tipos de inspeções (TI's).

É realizado pelo inspetor, juntamente com o supervisor, um levantamento das posições a serem inspecionadas, e após o levantamento dessas posições, junto com o estudo do equipamento, é feito então o preenchimento da planilha como ilustra a Figura 17.

Código e nome da posição no S3i		Local de instalação para aberturas de reparo no ERP	Local de instalação para aberturas de reparo no ERP	Descrição do local de instalação para aberturas de reparo no ERP	Classificação (ABC)	Condição de operação	Tipo de Etiqueta	TTs Aplicáveis
Acionamento do conjunto motriz/movida N°1 da transmissão do carro da Laminção de		OB-TQ-LAMIN-PR305-TCAR-ACIO1	&OB-TQ-MV-P305-TCAR	Acionamento do Conjunto N°1 de Translação do Carro				
			&OB-TQ-MV-P305-TCAR-A1MR	Acoplamento de Translação N°1(M12) do Moto Redutor da Translação do Carro	B	PA	Aka Temperatura	Acoplamento
			&OB-TQ-MV-P305-TCAR-ANE1	Anel de Fixação do Eixo Conjunto Motriz N°1 da Translação do Carro	C	PA	Aka Temperatura	Acoplamento
			&OB-TQ-MV-P305-TCAR-DIF1	Disco de Freio N°1(M12) da Translação do Carro	B	OP	Aka Temperatura	Sistema de Frenagem
			&OB-TQ-MV-P305-TCAR-FRE1	Freio Eletromagnético N°1(Bobina Y12) de Translação do Carro	B	OP	Aka Temperatura	Sistema de Frenagem
			&OB-TQ-MV-P305-TCAR-PFRA	Pastilha de Freio A (Bobina Y12) da Translação do Carro	C	PA	Aka Temperatura	Sistema de Frenagem
			&OB-TQ-MV-P305-TCAR-PFRB	Pastilha de Freio B (Bobina Y12) da Translação do Carro	C	PA	Aka Temperatura	Sistema de Frenagem
			&OB-TQ-MV-P305-TCAR-RED1	Redutor N°1(M12) de Translação do Carro	B	OP	Aka Temperatura	Redutor
			&OB-TQ-MV-P305-TCAR-MVE1	Mancal da Roda Movida N°1 Externo de Translação do Carro	C	OP	Aka Temperatura	Mancais
			&OB-TQ-MV-P305-TCAR-MV1	Mancal da Roda Movida N°1 Interno de Translação do Carro	C	OP	Aka Temperatura	Mancais
			&OB-TQ-MV-P305-TCAR-MZE1	Mancal Roda Motriz N°1 (M12) Externo de Translação do Carro	C	OP	Aka Temperatura	Mancais
			&OB-TQ-MV-P305-TCAR-MZ1	Mancal Roda Motriz N°1 (M12) Interno de Translação do Carro	C	OP	Aka Temperatura	Mancais
			&OB-TQ-MV-P305-TCAR-RMV1	Roda Movida N°1 de Translação do Carro	B	OP	Aka Temperatura	Roda
			&OB-TQ-MV-P305-TCAR-RMZ1	Roda Motriz N°1(M12) de Translação do Carro	B	OP	Aka Temperatura	Roda
			&OB-TQ-MV-P305-ESTC-BAIT	Base do Conjunto Moto Redutor N°1 da Estrutura de Translação do Carro	B	OP	Aka Temperatura	Estrutura
			&OB-TQ-MV-P305-ESTC-BRA1	Braço de Torção do Conjunto Motriz N°1 da Estrutura de Translação do Carro	C	OP	Aka Temperatura	Articulação

Figura 17 - Pontos de inspeção preenchidos na planilha de *Excel*
 Fonte: Rocha (2014)

Conforme a Figura 17, a placa criada foi denominada como “Acionamentos do conjunto motriz/movida N°1 da translação do carro da Laminação de Planos”, seguindo os padrões da empresa e de acordo com o local de instalação da plaqueta para facilitar sua localização. Observa-se que são preenchidas duas colunas com os locais de instalação para abertura das notas de reparo. Estes campos fazem a interligação entre os *softwares* SPIN e S3i, para verificar a disponibilidade de estoque do item no SAP. E a próxima coluna em seguida é a descrição sucinta do item.

Já com relação aos TI's, estes são analisados com base em uma lista disponível no S3i e são selecionados conforme a inspeção a ser executada. Essa seleção ocorre de acordo com questionamentos apresentados no sistema para inspeção do equipamento, como pode ser visto na Figura 18.



Relatório de sistema

Listagem de Tipos de Inspeção (TI)

Análítica-Redutor (TI-MAN-027-02)

<u>Entradas</u>	<u>Resposta</u>
Evidência de corrosão	Acentuada Evidente Inicial Nenhuma
Local com corrosão	Carter redutor Estrutura metal Redutor Tamp janei visit Tampa super red
Condição da fixação do redutor	Com Anomalia Sem Anomalia
Sintoma da fixação	Corrosão Falta porc/paraf Paraf. quebrado Paraf. sem rosca
Local com fixação ruim	Eixo entr reduto Eixo saída Parafuso fixação Porca fixação Redutor Tamp janei visit Tampa super red
Evidência vazamento	Gotas Jato Nenhum Umidade
Local com vazamento	Bomba óleo lubr Eixo entr redut Eixo saída Indicador nível Pescador de óleo Redutor

Figura 18 - Listagem dos TI's a serem selecionadas para inspeção do equipamento
Fonte: Rocha (2014)

A Figura 18 exemplifica os questionamentos do sistema para a inspeção de um mancal. Depois de analisar os questionamentos, o inspetor analisa quais TI's serão mais apropriados para o equipamento para então serem inseridas na plaqueta a ser produzida.

Para alcançar um padrão no *software* e em toda a empresa, bem como basear-se na MCC, focando na eficiência da inspeção e atividades de manutenção, os equipamentos são agrupados em níveis, estratificando o equipamento em vários constituintes. O *software* S3i ainda, com o intuito de unificar o sistema, codifica os locais físicos em siglas de uma forma padrão facilitando assim a identificação tornando um sistema único para toda a empresa.

O S3i também oferece a possibilidade de realização de rondas operacionais. As rondas operacionais se baseiam na manutenção autônoma. Essas inspeções são padronizadas como mostra a Figura 19.

INSPEÇÃO OPERACIONAL
PR304 - CABINE PONTE ROLANTE

S3i

1. Há deformação nos ganchos (moitões) principal e auxiliar?
2. A chaparia dos moitões principal e auxiliar estão deformadas?
3. Há parafusos frouxos nos moitões principal e auxiliar?
4. Há excesso de sujeira nos moitões principal e auxiliar?
5. Há alguma deformação/desfiamento nos cabos de aço?
6. Há alguma lâmpada queimada na ponte?
7. Alguma vibração anormal durante o funcionamento da ponte?
8. A sirene está funcionando?
9. As chaves limites estão funcionando adequadamente?
10. As chaves (botoeiras) de emergência estão funcionando adequadamente?
11. Ar condicionado da cabine de operação está funcionando?
12. O rádio de comunicação está em condições de uso?
13. Movimento de translação – os pontos de velocidade estão corretos ?
14. Os pontos de velocidade dos içamentos estão corretos ?
15. Os freios da ponte estão funcionando adequadamente?
16. O controle de acesso da ponte e carro estão funcionando ?
17. Os comandos do Carro – Funcionando e em bom estado?
18. As proteções térmicas das vigas estão em bom estado?
19. Os extintores estão adequadamente posicionados, em condições de uso?
20. Os vidros da cabine estão devidamente fixados?




Figura 19 - Ronda operacional feita na cabine da ponte rolante
Fonte: Rocha (2014)

É possível observar na Figura 19 que essa plaqueta afixada no equipamento auxilia os operadores realizarem a inspeção do equipamento através de perguntas que norteiam a atividade. Esse tipo de atividade de manutenção é de baixa complexidade e é realizada diariamente com o objetivo de rastrear uma falha em seu período inicial. Essa plaqueta contém também um código de barras, que após lido, as respostas são armazenadas no coletor de dados, colaborando com a confiabilidade do equipamento através de seu histórico.

Depois de criar as plaquetas e estabelecer as rondas operacionais, são então criadas as rotas de inspeções baseadas no planejamento feito entre o responsável da área e seus inspetores, como ilustra a Figura 20.

Nome da rota	Nome do Inspetor	Código da Posição	TI's	Frequencia	Duração	Data de execução
LTQ-PATPLAC-PR302/ PAI PONTE ROLANTE 302 MECÂNICA SEMANAL	Marcos Antônio Vieira	OB-TQ-PATPLAC-PR302-TCAR-ACIO1	Acoplamento	7	7	11/10/2013
			Sistema de frenagem	7	7	11/10/2013
		OB-TQ-PATPLAC-PR302-TCAR-ACIO2	Sistema de frenagem	7	7	11/10/2013
			Acoplamento	7	7	11/10/2013
			Redutor	7	7	11/10/2013
		OB-TQ-PATPLAC-PR302-ELEV-ACIO1	Acoplamento	7	7	11/10/2013
			Sistema de frenagem	7	7	11/10/2013
		OB-TQ-PATPLAC-PR302-ELEV-ACIO2	Acoplamento	7	7	11/10/2013
			Sistema de frenagem	7	7	11/10/2013
		OB-TQ-PATPLAC-PR302-TPON-ACIO1	Acoplamento	7	7	11/10/2013
			Sistema de frenagem	7	7	11/10/2013
		OB-TQ-PATPLAC-PR302-TPON-ACIO2	Sistema de frenagem	7	7	11/10/2013
			Acoplamento	7	7	11/10/2013
		OB-TQ-PATPLAC-PR302-TPON-ACIO3	Sistema de frenagem	7	7	11/10/2013
			Acoplamento	7	7	11/10/2013
		OB-TQ-PATPLAC-PR302-TPON-ACIO4	Sistema de frenagem	7	7	11/10/2013
			Acoplamento	7	7	11/10/2013
		OB-TQ-PATPLAC-PR302-TRCA-ACIO	Acoplamento	7	7	11/10/2013
			Acoplamento	7	7	11/10/2013
			Cabo de Aço	7	7	11/10/2013
	Enrolador		7	7	11/10/2013	
	Mancais		7	7	11/10/2013	
		Redutor	7	7	11/10/2013	

Figura 20 - Rotas semanais a serem inspecionadas
Fonte: Adaptado de Rocha (2014)

A Figura 20 ilustra um exemplo de uma rota semanal feita em forma de uma planilha de *Excel* em que a rota é denominada de acordo com os padrões estabelecidos anteriormente. A planilha indica ainda o nome do inspetor, os códigos das posições (posições das plaquetas criadas), os TI's, a frequência e duração de cada inspeção, além da data da realização das mesmas.

Após a realização da coleta de dados de todos os equipamentos a serem inspecionados e a inserção no S3i, é realizado então o pedido de compras à manutenção central para confecção das plaquetas a serem aplicadas em locais determinados para melhor inspeção do equipamento. A Figura 21 ilustra um exemplo de uma plaqueta confeccionada em alumínio para ser aplicada na ponte rolante.



Figura 21 - Plaqueta de alumínio com o código de barras
Fonte: Rocha (2014)

Nota-se na Figura 21, que na plaqueta é mostrado o nome da posição que se encontra no *software* S3i e o local de instalação para as aberturas das notas no SPIN com o intuito de facilitar a fixação das plaquetas no equipamento e na inspeção em si.

Terminada a fixação de todas as plaquetas nos equipamentos a serem inspecionados, cada inspetor fica responsável por um *Palm top*, que é simplesmente um aparelho que coleta os dados da inspeção e faz a integração com o *software*.

O processo então se inicia com o inspetor indo até um computador onde há o *software* e a base do *Palm top* para carregar a rota a ser inspecionada. Com a rota devidamente carregada, o inspetor se encaminha ao equipamento a ser inspecionado. Com o *Palm* é realizada a leitura do código de barras da plaqueta fixada no equipamento a ser inspecionado. Após a realização da leitura, o inspetor analisa os TI's inseridos na plaqueta e inicia então a inspeção. À medida que a inspeção é realizada, o inspetor vai preenchendo o que é solicitado pelo *Palm*, como ilustra a Figura 22.

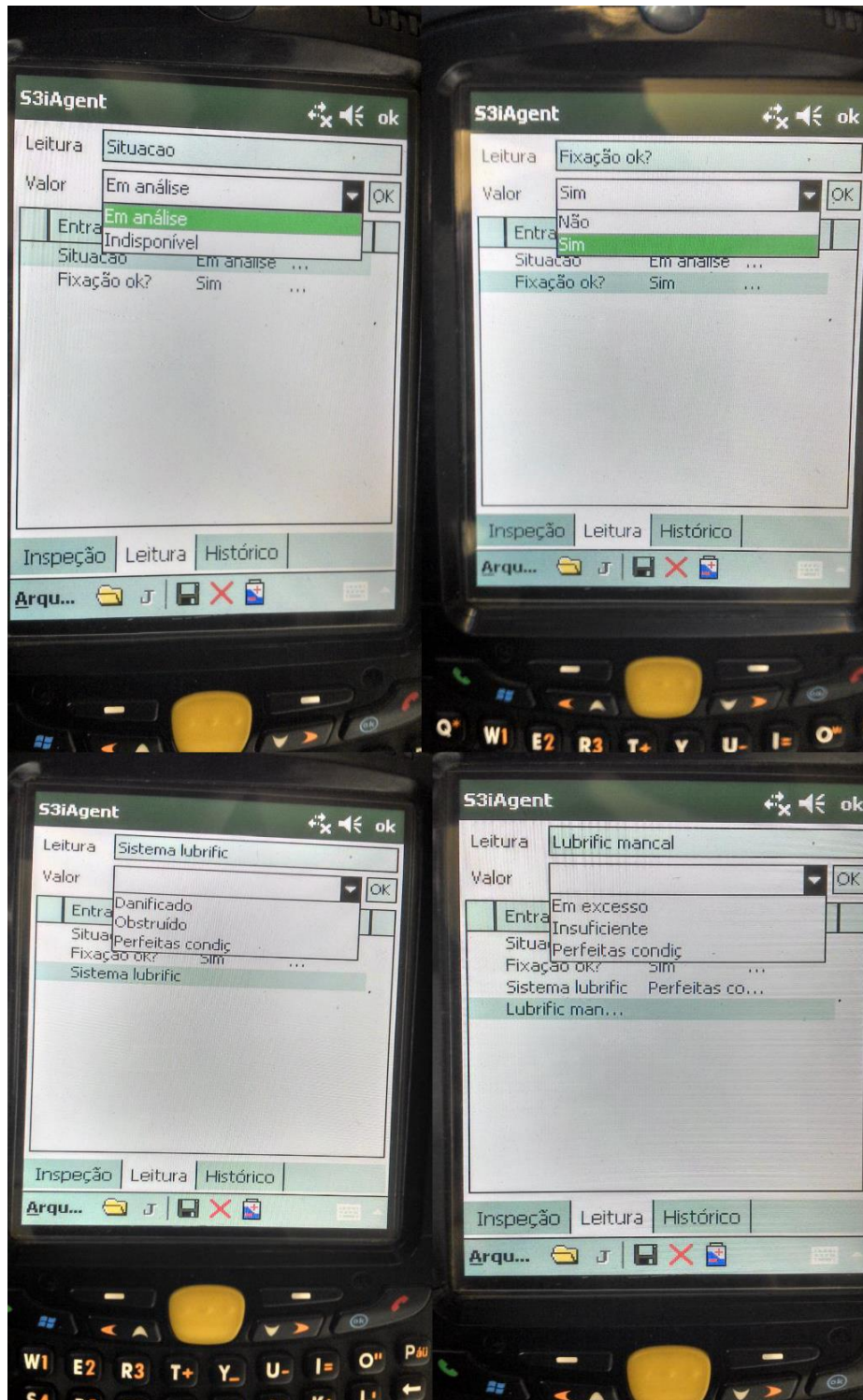


Figura 22 - Inspeção do equipamento através das TI's adicionadas no local de instalação
Fonte: Rocha (2014)

A Figura 22 mostra várias questões solicitadas pelo *Palm* durante a inspeção de acordo com uma sequência lógica.

Para realizar uma análise melhor, o estudo foi direcionado então para um único item, que é o acoplamento mostrado na Figura 23.



Figura 23 - Acoplamento inspecionado
Fonte: Rocha (2014)

A Figura 23 mostra o acoplamento de um dos motores de içamento auxiliar de uma ponte rolante de laminação de planos. Os TI's desse equipamento eram voltados para a fixação e lubrificação do mancal do equipamento. Desse modo, feitas as inspeções no equipamento, em caso de identificação de alguma anomalia, o sistema questionará se é possível reparar a anomalia naquele momento. Em caso positivo, o sistema não gera uma O.S. Em caso negativo, uma O.S. é gerada para posterior reparação da anomalia. Um grande benefício desse sistema é a possibilidade do inspetor descrever sucintamente a anomalia e ainda utilizar o recurso fotográfico disponível no *Palm* para melhor entendimento e visualização para a equipe de manutenção.

O processo finaliza quando termina a rota. O inspetor, retorna ao escritório e conecta o *Palm* de volta à base para descarregar os dados da rota e recarregar a bateria. Durante o descarregamento, no caso de haver anomalias a serem reparadas, as O.S.'s geradas são encaminhadas ao programador da área.

Com base nesse diagnóstico, o *software* é capaz de interpretar alguns fatores que proporcionaram melhorias. Dessa forma, essas melhorias foram recomendadas de maneira a otimizar os planos de manutenção da empresa.

Nota-se então que o *software* S3i apresenta várias vantagens, dentre elas a previsibilidade de falhas que diminui consideravelmente como pode ser visto na Figura 24.

Previsibilidade de falhas

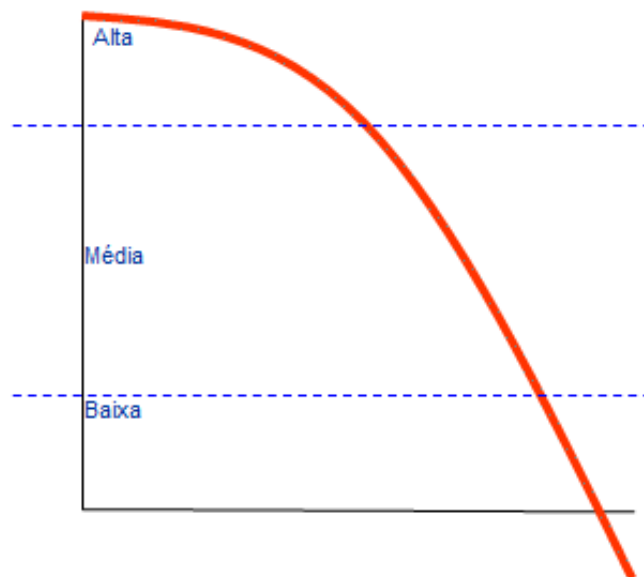


Figura 24 - Previsibilidade de falhas com o uso do S3i
Fonte: Rocha (2014)

A Figura 24 mostra que a previsibilidade de falhas reduz muito com o decorrer do tempo, pois com a aplicação do *software* a disponibilidade física dos equipamentos aumentou com a garantia da realização das inspeções de qualidade, prevenindo assim as falhas e as tratando com o tempo para evitar paradas não programadas. Consequentemente, esse resultado propicia uma maior produtividade, concedendo assim maior tempo para execução de outras atividades de manutenção e seguindo um melhor planejamento.

O planejamento para reparo de uma anomalia será mais rápido e eficiente, pois a nota de avaria já foi criada automaticamente pelo *Palm* durante a inspeção realizada na rota determinada pelo S3i. Dessa maneira, ocorreu uma contribuição para extinção dos roteiros feitos em papel, que geravam muitos problemas e extraviavam.

Outra vantagem pode ser notada na Tabela 4 que compara os carregamentos das rotas de inspeção.

Tabela 4 - Comparação no carregamento de rotas para inspeção

SISTEMA DE ROTAS SAP	SISTEMA S3i
40 MINUTOS	20 SEGUNDOS

Fonte: Rocha (2014)

Na Tabela 4, é possível notar que o tempo gasto numa inspeção pelo sistema de rotas S3i é muito melhor do que o sistema de rotas SAP utilizado anteriormente, pois há uma agilidade muito grande devido aos roteiros e todas as informações necessárias aos procedimentos de inspeção estarem contidas no *Palm*.

Assim, constata-se que a otimização do processo em relação ao antigo sistema que era utilizado, em virtude da precisão da definição dos tempos, como pode ser observado na Figura 25.

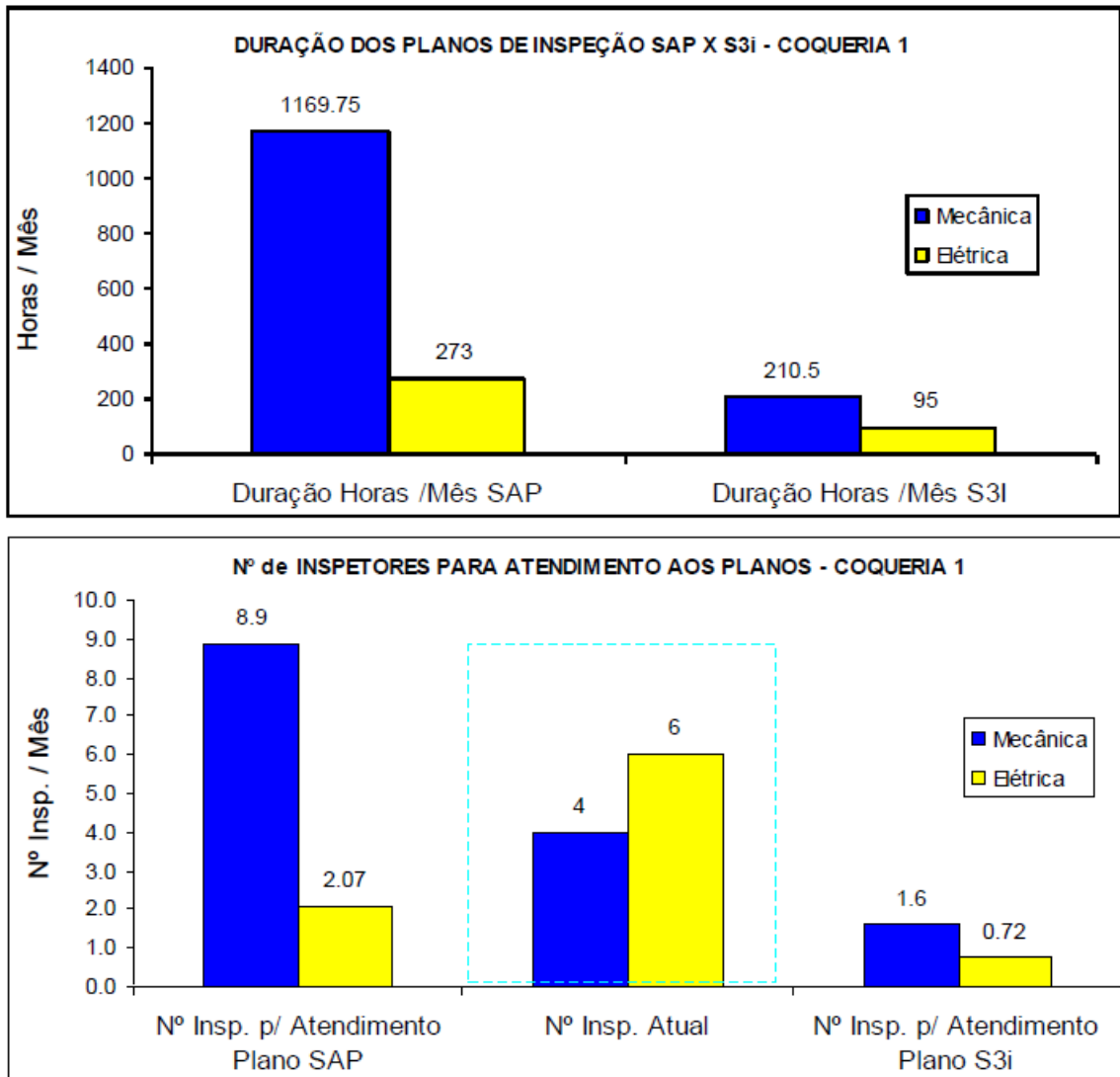


Figura 25 - Comparação entre o SAP e o S3i
 Fonte: Rocha (2014)

A Figura 25 compara a duração dos planos e o número de inspetores no sistema SAP e após a implantação do S3i na coqueria da empresa. É notório que ambas as variáveis analisadas são menores usando o S3i, mostrando assim sua efetividade. Quanto a redução no número de inspetores utilizando o S3i, foi possível então realocar pessoal para outras áreas de manutenção que eram consideradas defasadas, atendendo melhor a demanda da área de maneira mais controlada e distribuída.

Mais uma vantagem do *software* S3i são os relatórios de programações emitidos, em que é possível analisar as rotas feitas pelos inspetores, operadores e funcionários do turno, conforme ilustra a Figura 26.

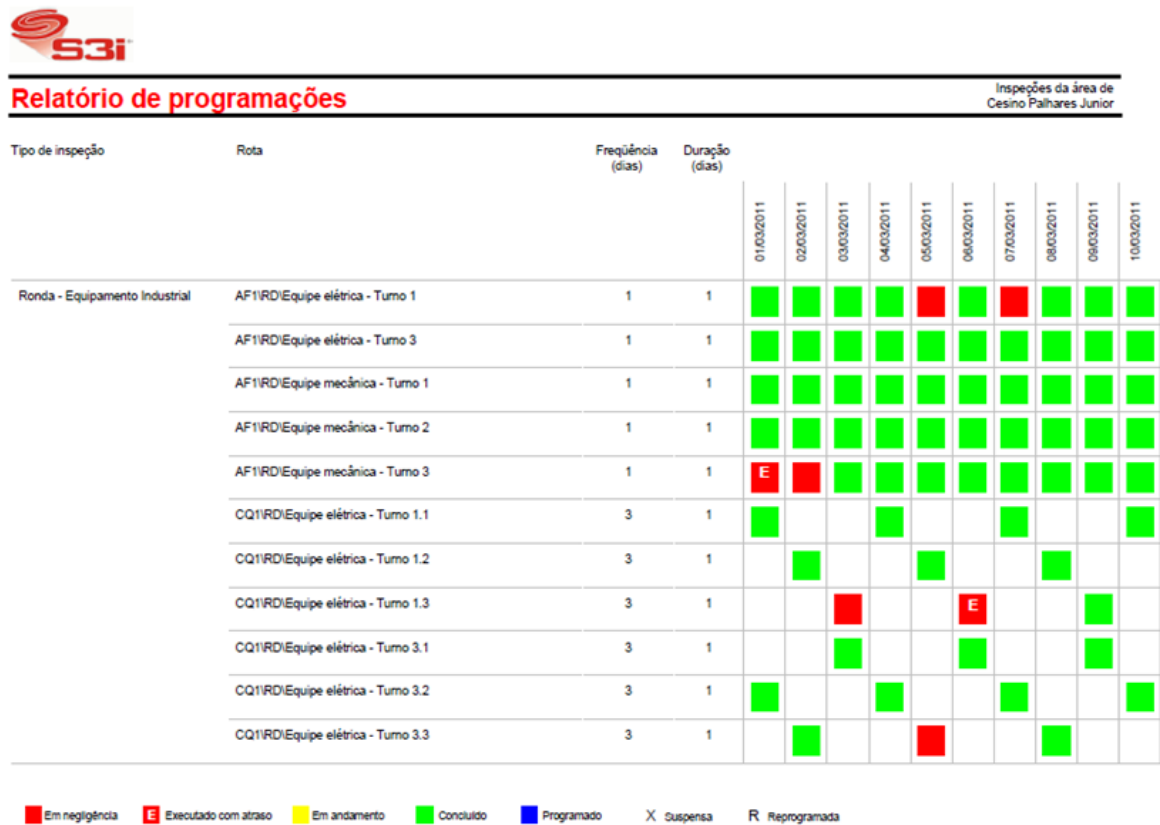


Figura 26 - Relatório de programações de inspeção da equipe operacional
Fonte: Rocha (2014)

Na Figura 26, é possível identificar o *status* da inspeção classificadas como “Em Negligência”, “Executado com atraso”, “Em andamento”, “Concluído”, “Programado”, “Suspensa” e “Reprogramada”, de acordo com a legenda, possibilitando assim realizar uma melhor gestão entre inspetores e gestores sobre a área em questão.

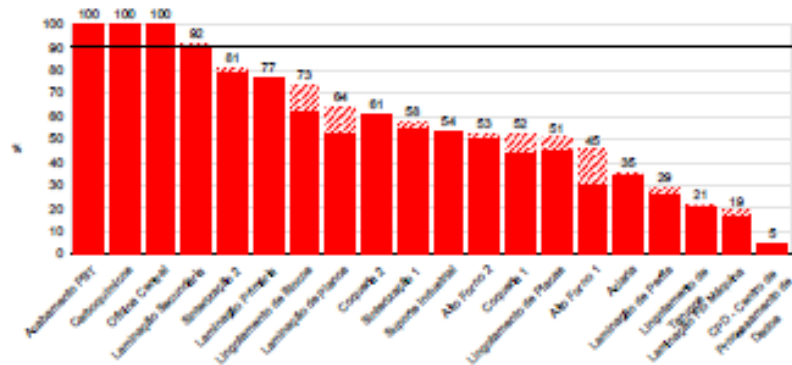
Por fim, o S3i ainda disponibiliza um relatório do cumprimento das inspeções de todas as áreas da empresa, como pode ser visto na Figura 27.



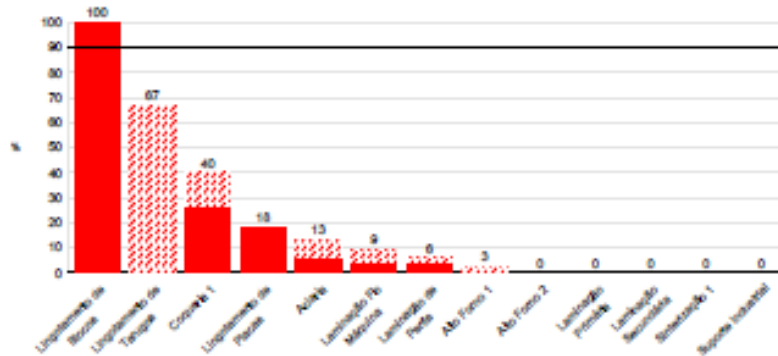
Relatório de performance

Cumprimento das rotinas por áreas nos últimos 30 dias

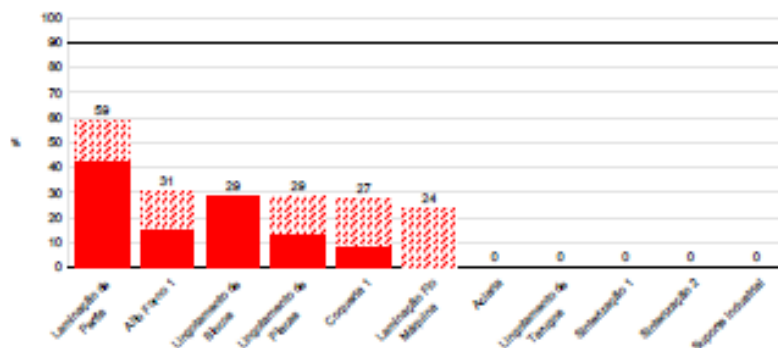
Cumprimento do plano de INSPEÇÕES



Cumprimento de REPAROS



Cumprimento de REINSPEÇÕES PÓS-REPARO



Legenda: Cumprimento com atraso Cumprimento no prazo Limite mínimo esperado

Figura 27 - Relatório das inspeções de toda a empresa
Fonte: Rocha (2014)

A Figura 27 apresenta o relatório de desempenho da empresa, onde a meta mínima de inspeção e o cumprimento de reparos é 90%, e apresenta ainda o relatório das reinspeções pós-reparos, que são realizadas com o objetivo de averiguar se a anomalia foi realmente sanada.

A partir daí, com todo o processo definido e com todas as ferramentas apresentadas, tornou-se possível a elaboração de um planejamento de manutenção baseado na MCC.

Com a implementação do S3i houve uma diminuição no tempo gasto para criação de notas de avaria, já que o próprio *software* avalia todas as inspeções e cria automaticamente as O.S.'s para as anomalias detectadas durante as rotas.

O S3i também se caracteriza por ter um carregamento mais rápido que o SAP. O tempo gasto para inspeção dos equipamentos também reduziu, pela rápida leitura das plaquetas dos equipamentos a serem inspecionados. Ainda analisando as melhorias, o S3i se caracteriza como um programa mais simples, em que o inspetor leva consigo apenas o *Palm* para realizar a rota de inspeção. Anteriormente era necessário realizar as atividades a mão livre em blocos de notas com o roteiro de inspeções, sendo sujeito assim a perda de folhas e informações durante o trajeto e até mesmo no armazenamento.

Dessa forma pode-se concluir que é possível implementar a MCC em uma empresa do ramo siderúrgico com o auxílio de um *software* de otimização do processo de inspeção.

4.3.2 Aplicação do *software* no caso 2

O estudo de confiabilidade foi feito com base em dois momentos.

- 1º: baseado em reuniões de melhoria entre os colaboradores envolvidos diretamente na área manutenção e análise da frota para tratar os problemas crônicos de duas perfuratrizes de pequeno porte de modelo ROC F9;
- 2º: baseado na análise estatística feita a partir da coleta dos dados de paradas não programadas desses equipamentos, para posteriormente comparar os dados das duas perfuratrizes e assim conhecer as diferenças entre elas, uma vez que o modelo, tempo e locais de operação das duas era o mesmo.

Foi feita então a análise estatística através do *software Weibull++* da *Reliasoft*.

Num primeiro momento, foram analisadas as paradas ocorridas entre o período de setembro de 2013 a maio de 2014, que foi denominada de “Fase 1”. Implantações de melhorias foram realizadas entre o período de maio a outubro de 2014. A partir daí, num segundo momento, fora realizada então uma nova análise durante o período de outubro a dezembro do mesmo ano, para comparação de resultados com a análise inicial, após as melhorias implementadas, que será chamada “Fase 2”. A análise contou ainda com a verificação e classificação das paradas de duas perfuratrizes, que serão chamadas de PF0001 e PF0003.

A empresa possui um sistema interno da empresa, que fornece através de planilhas em *Excel* a descrição, duração, motivo, turno, dentre outras características da falha conforme a Tabela 5 e Tabela 6. As paradas são controladas em tempo real por um *software* próprio online, em interface com um banco de dados do *Microsoft Access* que armazena as informações e permite que as diversas áreas envolvidas tenham acesso aos dados. Os dados iniciais do estudo foram coletados a partir desse sistema interno.

O estudo teve como base a coleta e análise imediata desses dados, em conjunto com os indicadores de manutenção dos dois equipamentos, onde as paradas foram classificadas e divididas de acordo com o sistema, conjunto e item da falha.

Tabela 5 - Rastreamento de tempo de paradas não programadas 1

TumoIni	TumoFim	Tipo	DataIni	DataFim	Duração	Descrição	Comentário
Dia	Tarde	Manut Nao Programada	31/01/2013 09:44	31/01/2013 14:38	4,80000019	MANUTENCAO NAO PROGRAMADA	SEM PARTIDA / TROCAR PALETAS DO LIMPADOR DE PARABRISAS DUBLADO BATERIA// TROCADO PALETAS DO LIMPADOR DE PARABRISA
Noite	Dia	Manut Nao Programada	30/01/2013 21:59	31/01/2013 09:42	11,7600002	MANUTENCAO NAO PROGRAMADA	VAZAMENTO DE ÓLEO HIDRÁULICO // COMPLETAR HIDRÁULICO E LIBERAR. TROCADO MANGUEIRA DO 3º LANCE DE PERCURSÃO, GABREIL //COMPLETOU 45 LITROS DE ÓLEO HIDRÁULICO.- JOSÉ APARECIDO (CB)
Dia	Noite	Manut Nao Programada	30/01/2013 09:59	30/01/2013 21:40	11,7600002	MANUTENCAO NAO PROGRAMADA	ESTOROU MANGUEIRA DE PERCURSÃO DO 3º LANCE , ESTOROU MANG DE ROTAÇÃO 1º LANCE TROCADO MANG DE PERCURSÃO 30/01 17:06 / SUBSTITUIDO MANGUEIRA DE ROTAÇÃO DO MARTELO DO 3º LANCE
Tarde	Noite	Manut Nao Programada	29/01/2013 15:27	29/01/2013 20:08	4,80000019	MANUTENCAO NAO PROGRAMADA	CORTANDO A PERCUSSÃO. INFORMADO TAIRO. REGULADO RPCF CORTANDO PERCURÇÃO.
Tarde	Tarde	Manut Nao Programada	28/01/2013 15:28	28/01/2013 18:22	2,88000011	MANUTENCAO NAO PROGRAMADA	FEITO LIMPEZA NO SENSOR DO BRACINHO INFERIOR DA HASTE, OSVALDO (509282).
Tarde	Tarde	Manut Nao Programada	28/01/2013 13:49	28/01/2013 15:23	1,44000006	MANUTENCAO NAO PROGRAMADA	" CORTANDO PERCUÇÃO . " " REPOSICIONADO SENSOR DO AVANÇO DA PERCUSSAO "
Madrugada	Dia	Manut Nao Programada	28/01/2013 01:33	28/01/2013 09:25	7,92000008	MANUTENCAO NAO PROGRAMADA	SEM PERCUSÃO REPOSICIONADO SENSOR DA LANÇA
Dia	Noite	Manut Nao Programada	27/01/2013 11:18	27/01/2013 22:21	11,04	MANUTENCAO NAO PROGRAMADA	RECOLOCAR 3 PARAFUSOS NA BUCHADO CENTRALIZADOR E VAZAMENTO DE ÓLEO NA MANGUEIRA DO CENTRALIZADOR INFERIOR. " SUBSTITUIDO NIPLE INFERIOR DO CENTRALIZADOR DE HASTE . "
Noite	Madrugada	Manut Nao Programada	24/01/2013 22:45	25/01/2013 03:02	4,32000017	MANUTENCAO NAO PROGRAMADA	ESTOROU MANG DO FLANGE DO MARTELO DE PERCURSÃO " SUBSTITUIDO ANEL DE VEDAÇÃO DO NIPLE DA MANGUEIRA DE PERCURSÃO . "

Fonte: Trindade (2015)

Tabela 6 - Rastreamento de tempo de paradas não programadas 2

Comentário	Eqnto	Frota	Grupo	Modelo	LocComponente	Componente	Falha	Causa	Efeito
SEM PARTIDA / TROCAR PALETAS DO LIMPADOR DE PARA BRISAS DUBLADO BATERIA// TROCADO PALETAS DO LIMPADOR DE PARABRISA	PF0001	Atlas COPCO F9-11	Perfuratriz	Atlas COPCO F9-11	Elétrico	Bateria	Bateria	Carqa	Completar
VAZAMENTO DE ÓLEO HIDRÁULICO // COMPLETAR HIDRÁULICO E LIBERAR.									
TROCADO MANGUEIRA DO 3º LANÇE DE PERCURSÃO, GABREIL //COMPLETOU 45 LITROS DE ÓLEO HIDRÁULICO.- JOSÉ APARECIDO (CB)	PF0001	Atlas COPCO F9-11	Perfuratriz	Atlas COPCO F9-11	Hidráulico	Bomba hidráulica	Mangueira de pressão	Vazament o	Trocar
ESTOUROU MANGUEIRA DE PERCURSÃO DO 3º LANÇE , ESTOROU MANG DE ROTAÇÃO 1º LANÇE TROCADO MANG DE PERCURSÃO 30/01 17:06 / SUBSTITUIDO MANGUEIRA DE ROTAÇÃO DO MARTELO DO 3º LANÇE	PF0001	Atlas COPCO F9-11	Perfuratriz	Atlas COPCO F9-11	Hidráulico	Tanque de óleo	Mangueira de pressão	Vazament o	Trocar
CORTANDO A PERCUSSÃO. INFORMADO TAIRO. REGULADO RPCF CORTANDO PERCURÇÃO.	PF0001	Atlas COPCO F9-11	Perfuratriz	Atlas COPCO F9-11	Pneumático	Linha de ar comprimido	Conexões	Ajuste	Ajustar
FEITO LIMPEZA NO SENSOR DO BRACINHO INFERIOR DA HASTE, OSVALDO (509282).	PF0001	Atlas COPCO F9-11	Perfuratriz	Atlas COPCO F9-11	Elétrico	Pneumático	Solenóide	Mau contato	Reparar
" CORTANDO PERCUÇÃO . " " REPOSICIONADO SENSOR DO AVANÇO DA PERCUSSAO "	PF0001	Atlas COPCO F9-11	Perfuratriz	Atlas COPCO F9-11	Elétrico	Painel	Sensor	Danificad o	Trocar
SEM PERCUSÃO REPOSICIONADO SENSOR DA LANÇA RECOLOCAR 3 PARAFUSOS NA BUCHA DO CENTRALIZADOR E VAZAMENTO DE ÓLEO NA MANGUEIRA DO CENTRALIZADOR INFERIOR. " SUBSTITUIDO NIPLE INFERIOR DO CENTRALIZADOR DE HASTE . "	PF0001	Atlas COPCO F9-11	Perfuratriz	Atlas COPCO F9-11	Elétrico	Elevação	Sensor de proximidade	Ajuste	Alinhar
	PF0001	Atlas COPCO F9-11	Perfuratriz	Atlas COPCO F9-11	Hidráulico	Bloco de distribuição	Conexões	Desqaste	Trocar
ESTOROU MANG DO FLANGE DO MARTELODE PERCURSÃO " SUBSTITUIDO ANEL DE VEDAÇÃO DO NIPLE DA MANGUEIRA DE PERCURSAO . "	PF0001	Atlas COPCO F9-11	Perfuratriz	Atlas COPCO F9-11	Perfuração	Martelo	Martelo	Vazament o	Fixar

Fonte: Trindade (2015)

As Tabelas 5 e 6 mostram em detalhes, as planilhas de rastreamento de tempos de paradas não programadas, onde a partir delas pôde-se começar a análise das falhas.

Como pode ser visto, a Tabela 5 descreve qual turno ocorreu a parada do equipamento e qual turno retornou à operação, bem como os horários de parada e liberação, além de descrever o tipo de manutenção (apenas as não programadas ou corretivas foram analisadas) e a descrição detalhada com comentários das ações executadas.

A continuação da planilha pode ser vista na Tabela 6 que detalha a identificação do equipamento, modelo e frota, e a divisão do local da falha, sistema, conjunto e item.

A partir das planilhas de rastreamento e da análise das paradas foi possível desenvolver um perfil de perdas, para apurar quais componentes estavam causando maior impacto nos indicadores de manutenção, com foco na disponibilidade física (DF) e tempo médio entre falhas (MTBF). Além disso, após classificadas as intervenções corretivas quanto ao sistema, conjunto e item com falha, foi possível realizar o cálculo do dado suspenso para modelagem estatística no *software* de confiabilidade.

O perfil de perdas dispunha da classificação da parada, executada pelos responsáveis técnicos a partir da descrição e das ocorrências já anteriormente registradas em cadernos da área de execução. Com este perfil criado foi possível a elaboração de tabelas para cálculo do tempo entre falhas e de dado suspenso, utilizados posteriormente para modelagem estatística dos dados no *software Weibul ++*. A partir do perfil de perdas executado e com a correspondente classificação das falhas em sistema, conjunto e item, foi possível efetuar o cálculo do tempo entre falhas.

A Tabela 7 mostra o exemplo de uma planilha de tempo entre falhas, com o dado suspenso correspondente.

Tabela 7 - Tempo entre falhas

EQTO	Data e hora da parada	Data e hora da liberação	Tempo total de parada	Tempo Entre Falhas	SISTEMA	CONJUNTO	ITEM
PF0001	07/10/2014 15:53	07/10/2014 18:04	0,04375		Perfuração	Martelo	Parafusos
PF0001	08/10/2014 21:31	08/10/2014 22:50	0,113460648	27,44722222	Perfuração	Martelo	Parafusos
PF0001	21/10/2014 17:41	22/10/2014 03:09	0,154803241	306,85	Perfuração	Pegador de haste	Bucha
PF0001	22/10/2014 19:47	22/10/2014 21:35	0,287835648	16,635	Perfuração	Martelo	Parafusos
PF0001	26/10/2014 03:30	27/10/2014 04:02	0,103576389	77,90833333	Perfuração	Martelo	Anel
PF0001	27/10/2014 16:22	27/10/2014 23:31	0,423483796	12,33555556	Perfuração	Martelo	Anel
PF0001	30/10/2014 07:08	30/10/2014 10:00	0,145115741	55,6175	Perfuração	Martelo	Parafusos
PF0001	09/11/2014 02:28	09/11/2014 03:33	0,017048611	232,4725	Perfuração	Punho	Punho
PF0001	14/11/2014 13:17	15/11/2014 00:00	0,13974537	129,7361111	Perfuração	Módulo Oscilação	Tampa
PF0001	12/12/2014 08:48	12/12/2014 11:22	2,114699074	656,7941667	Perfuração	Martelo	Registro
PF0001	30/12/2014 18:17	30/12/2014 21:55	0,453877315	438,9069444	Perfuração	Centralizador	Centralizador
			S= 26,075556				

Fonte: Trindade (2015)

Como pode ser visto, a Tabela 7 evidencia os valores calculados para a PF0001 no período que corresponde à Fase 2, para as paradas do sistema de perfuração.

Além do tempo entre falhas, o dado suspenso, “S”, também foi obtido como sendo a diferença de tempo, entre o dia de realização do estudo e o dia da última parada. O dado suspenso da Fase 1 foi calculado baseando-se no dia 31/05/2014 às 23:59:59 horas e para a Fase 2, o dia de estudo considerado foi 31/12/2014 às 23:59:59 horas. Os valores de tempo entre falhas e o dado suspenso foram utilizados para modelagem estatística.

Após realizado o cálculo do “Dado suspenso” e do “Tempo entre falhas” das paradas dos equipamentos, foi possível plotar as curvas de confiabilidade, através do *software Weibull ++*. Primeiramente foram usados os dados de todas as paradas da Fase 1, para elaboração da curva de confiabilidade do equipamento no período, como pode ser observado na Figura 28.

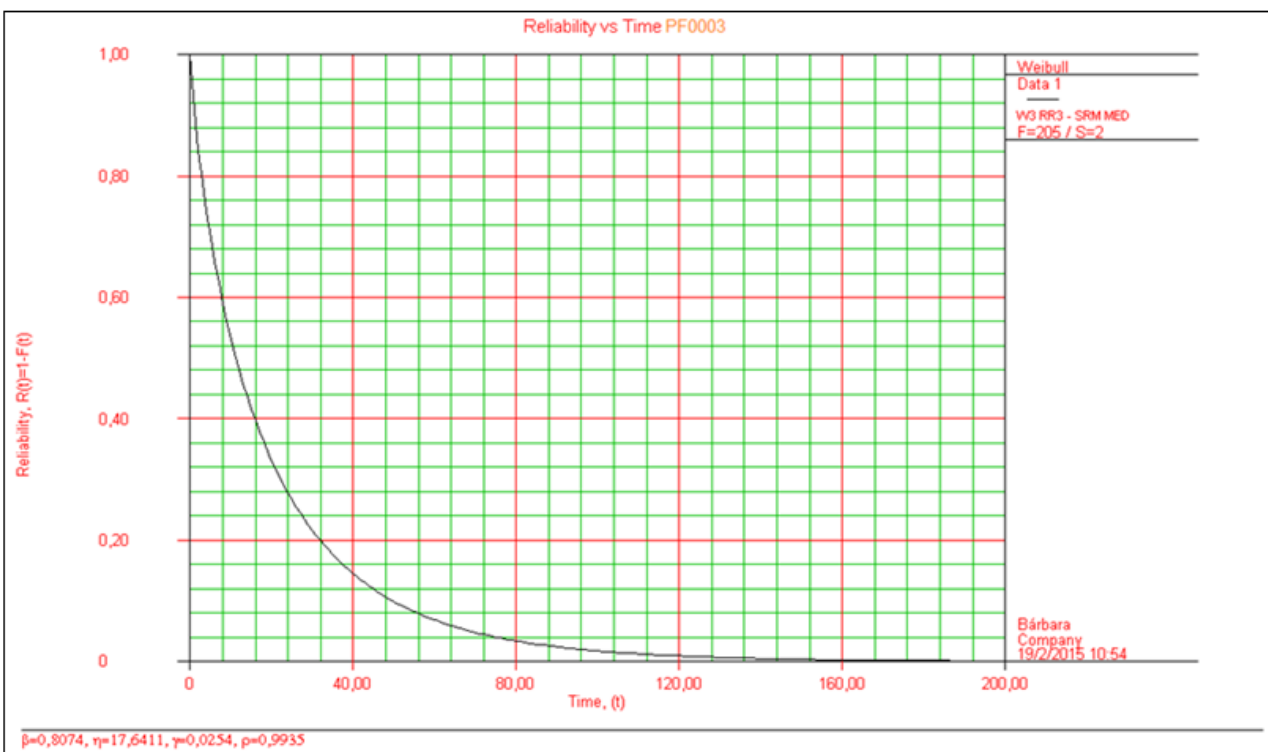
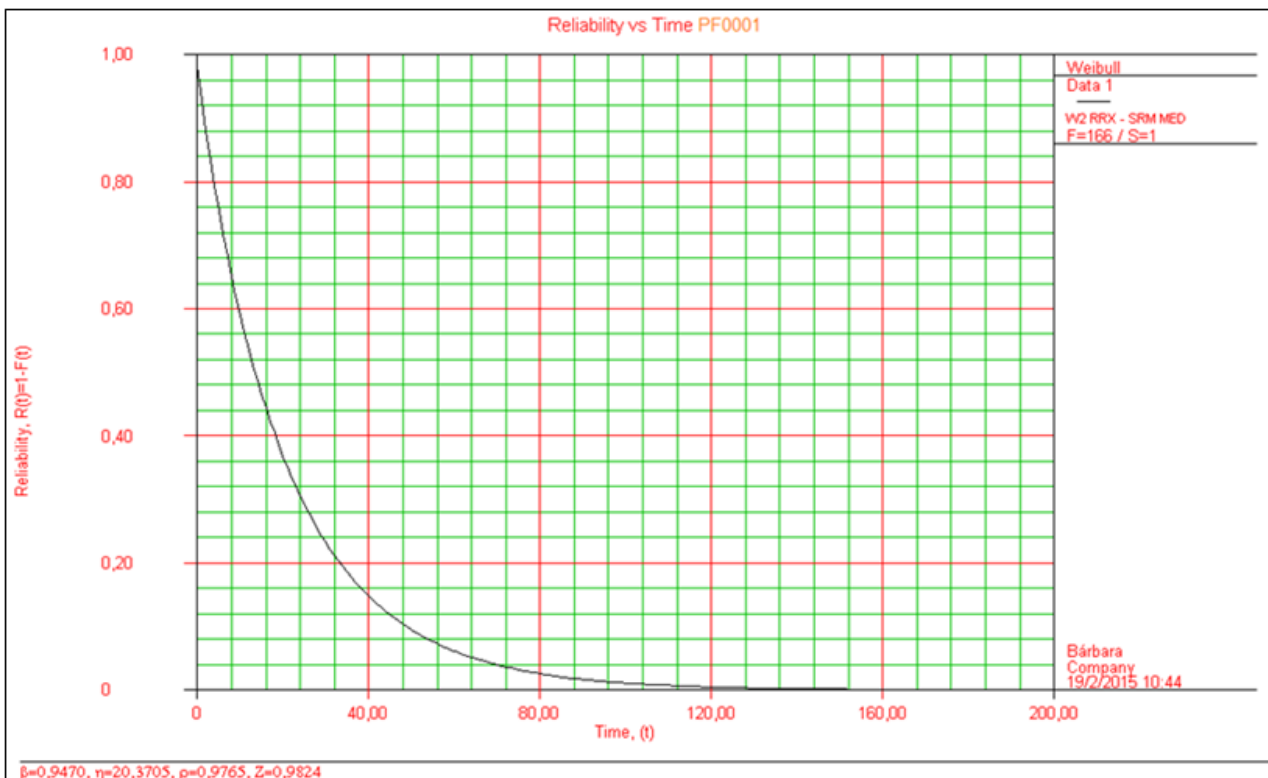


Figura 28 - Curva de Confiabilidade PF0001 e da PF0003, respectivamente, na Fase 1
Fonte: Trindade (2015)

A Figura 28 apresenta as curvas de confiabilidade dos dois equipamentos na Fase 1, onde foi utilizada uma distribuição de confiabilidade *Weibull*. Analisando as curvas é possível inferir que, para valores de β menores que 1, e pelo perfil de ambas as curvas, as falhas apresentam elevada frequência na parte inicial da vida, permitindo presumir que as falhas podem estar relacionadas com defeitos de projeto, produção e operação.

As curvas apresentam valores consideravelmente baixos de confiabilidade para os equipamentos (valores inferiores a 1% calculados pelo *software*). O cálculo da distribuição de confiabilidade foi realizado tendo como base o tempo de revisão eletromecânica dos equipamentos, que é feito a cada 250 horas, dessa maneira espera-se que a primeira falha ocorra próxima a esse tempo, porém as curvas apontam a “morte” da PF0001 antes das 120 horas e da PF0003 antes de 160 horas, ou seja, as perfuratrizes não operam sem ocorrer falhas entre duas revisões.

Feita a análise das curvas de confiabilidade obtidas no *Weibull ++*, apontou-se a necessidade de um estudo mais aprofundado acerca da origem e tratamento das falhas, com o objetivo do aumento da confiabilidade desses equipamentos.

Através dos perfis de perdas e tabelas de tempo entre falhas obtidas anteriormente, foi feita uma comparação entre os equipamentos analisando apenas os componentes que falharam em ambas as máquinas, onde foi apurado em que momento foram apresentados os maiores índices de falha e o respectivo impacto que cada uma causava no setor.

Segundo dados coletados, as metas de DF e MTBF determinada para o período foram de 58,3% e 13 horas respectivamente, e no total acumulado do período nenhuma meta foi alcançada e a PF0001 apresentou DF inferior.

Visto isso, após análise inicial do perfil de perdas e da comparação entre as duas perfuratrizes, notou-se que os eventos aconteceram em sua maioria no sistema hidráulico, como pode ser visto nas Tabela 8 e 9.

Tabela 8 - Perdas PF0001 Fase 1

PF0001		
CONJUNTO	EVENTOS	DURAÇÃO
ABASTECIMENTO	1	1,10055556
ESTRUTURA	4	111,675556
MARTELO	4	1,76833333
COMPRESSOR	6	4,38027778
ELÉTRICO	6	231,931111
AR CONDICIONADO	9	32,7325
CABINE	9	89,6866667
MOTOR COMBUSTÃO	9	73,8866667
LOCOMOÇÃO	10	160,199444
PNEUMÁTICO	14	82,4761111
ACESSÓRIOS	15	153,427222
PERFURAÇÃO	23	185,060833
HIDRAULICO	61	446,951944
TOTAL	171	1575,27722

Fonte: Adaptado de Trindade (2015)

Tabela 9 - Perdas PF0003 fase 1

PF0003		
CONJUNTO	EVENTOS	DURAÇÃO
ABASTECIMENTO	2	2,93972222
ACESSÓRIOS	11	42,1097
AR CONDICIONADO	9	74,56
CABINE	12	57,48805556
COMPRESSOR	6	7,628333333
ELÉTRICO	24	135,8936111
ESTRUTURA	1	2,065277778
HIDRÁULICO	78	606,8096178
LOCOMOÇÃO	2	3,871111111
MARTELO	2	0,349444444
MOTOR COMBUSTÃO	36	254,8586111
PERFURAÇÃO	22	314,9055556
PNEUMÁTICO	14	60,51472222
TOTAL	219	1563,993762

Fonte: Adaptado de Trindade (2015)

As Tabelas 8 e 9 exibem a estratificação das paradas na Fase 1 dos conjuntos que falharam em ambos equipamentos, onde foi registrado o número de ocorrências e o tempo em horas para manutenção dessas falhas. Em um total de 6480 horas, a PF0001 esteve parada em aproximadamente 1575 horas para manutenção corretiva, e a PF0003 esteve parada aproximadamente 1563 horas realizando correções não programadas.

Como já dito anteriormente, as tabelas sinalizam ainda que as principais paradas de ambas as perfuratrizes foram decorridas de falhas no sistema hidráulico impactando diretamente tanto na MTBF, quanto nas horas paradas em manutenção, e conseqüentemente na DF. Em seguida o sistema elétrico na PF0001 e o sistema de perfuração, seguido do motor de combustão e elétrico na PF0003 foram os causadores dos maiores impactos.

As falhas elétricas representaram 9% das paradas da PF0003 e 13% da PF0001, e, trataram-se de falhas nos principais componentes, como alternador e pegador de haste, que estão contemplados nos procedimentos padrão de manutenção e operação. Logo, priorizou-se, os sistemas hidráulico e elétrico para busca da causa raiz das falhas.

Foi realizado também um estudo interno que apurou ainda que os planos de manutenção estavam desatualizados e distintos do que recomenda o fabricante. Dessa maneira, as atividades de manutenções preventivas que estavam sendo realizadas não abrangiam todos os pontos especificados. Foi requisitado então uma revisão imediata dos planos para adequação das manutenções programadas, e após análise e revisão foram inseridos pontos de inspeção e reparo necessários.

A partir das divergências encontradas nos planos e das correções realizadas, foram então implementadas algumas melhorias. Além disso, alterações na gerência mudaram os padrões de inspeção elétrica. Com a mudança, uma supervisão de elétrica foi criada para atender todos os equipamentos do complexo.

Essas alterações foram implementadas durante o período de maio a outubro de 2014 seguindo ações previstas nas reuniões de confiabilidade e execução da FMEA.

Simultaneamente foram feitas neste período, entrevistas através da aplicação de questionários com os técnicos, operadores, instrutores e supervisores responsáveis pelos equipamentos e apurou-se que as constantes alterações do setor, além de diversas melhorias não documentadas efetuadas nas máquinas provocaram uma defasagem no conhecimento das equipes de execução e operação em relação aos equipamentos.

Muitos outros colaboradores declararam ter dificuldade em realizar seu trabalho por não receber treinamento apropriado, pelo pouco tempo disponível para realizar muitas tarefas e por sobrecarga de trabalho devido à falta de pessoal. Alguns ainda atribuíram as

dificuldades à falta de material e erros de programação ou planejamento por parte do PCM (Planejamento e Controle da Manutenção).

Após o período de implantação de melhorias foi efetuada uma nova análise dos rastreamentos de tempo e perfis de perda e a análise de confiabilidade dos sistemas hidráulico e elétrico, apresentando resultados consistentes na Fase 2.

A PF0003 apresentou um aumento considerável de MTBF, superando a meta estabelecida, saltando de 10,28 para 14,02. Isso indica que o número de eventos corretivos diminuiu em decorrência das alterações aplicadas. As curvas de confiabilidade apresentadas na Figura 29 expõem a melhora, mostrando a comparação da frota antes da implementação das mudanças (Fase 1) e depois (Fase 2).

O número de eventos relacionados ao sistema hidráulico reduziu consideravelmente em ambas as perfuratrizes, passando de uma média mensal de 6,9 para 4,3 ocorrências corretivas na PF0001; enquanto a PF0003 que tinha uma média mensal de 8,8 paradas não corretivas na Fase 1 passou para uma média de 2 eventos, apresentando assim apenas falhas aleatórias, alta confiabilidade e desempenho melhor que o da PF0001. Além disso, no período correspondente à Fase 2, nenhuma das perfuratrizes apresentou falhas ou avarias no carro do segundo lance.

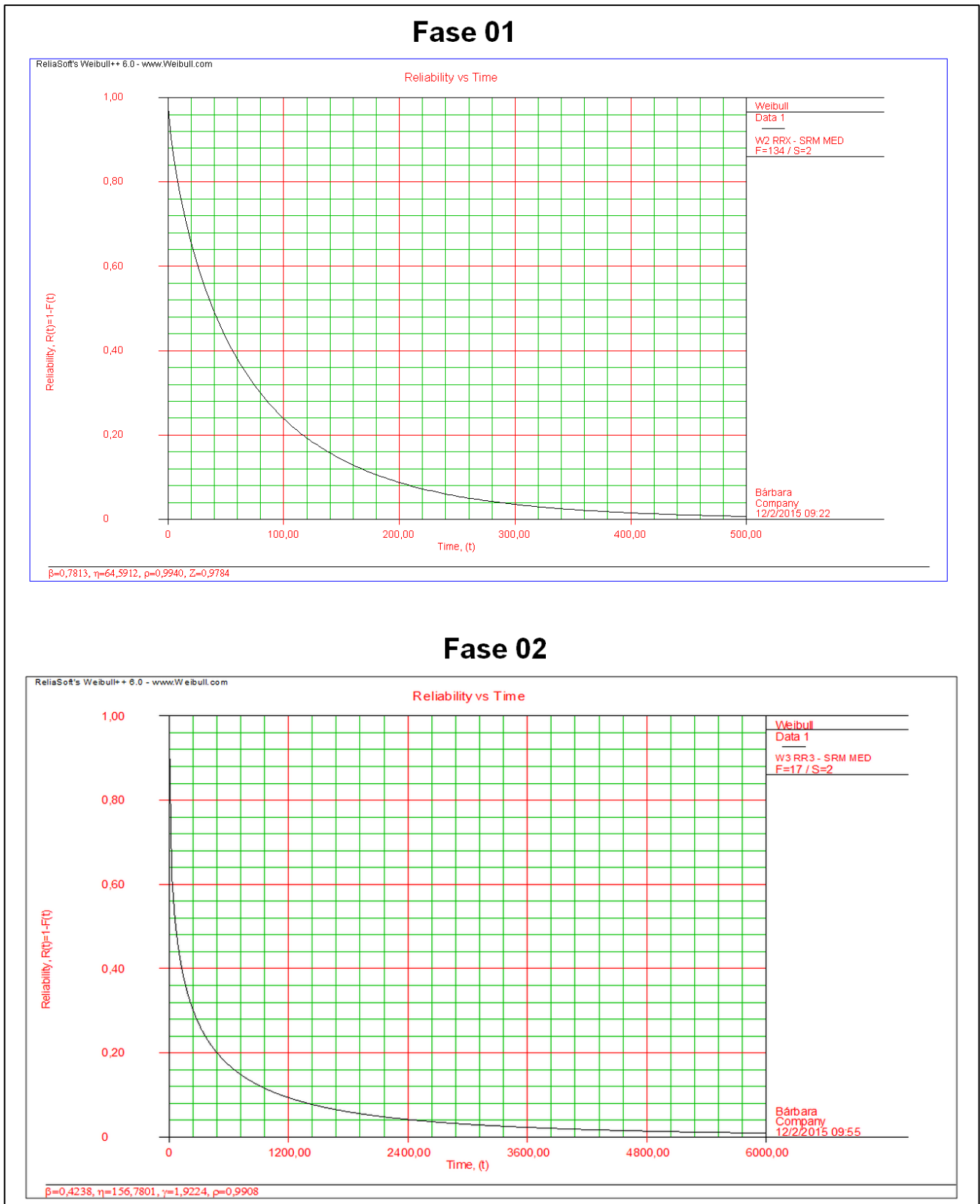


Figura 29 - Curvas de confiabilidade da frota: Sistema hidráulico
Fonte: Trindade (2015)

A Figura 29 mostra em comparação, a curva de confiabilidade do sistema hidráulico da frota antes (Fase 1) e depois (Fase 2) da implementação das melhorias, onde o perfil das curvas ainda apresentam falhas prematuras decorrentes do período inicial de vida do ativo, porém com considerável melhora. Enquanto na Fase 1, as perdas já eram consideráveis antes das 300 horas, a Fase 2 apresenta consistência até 1200 horas, sendo que no tempo de 250 horas, correspondente à primeira revisão a incidência de falhas é mais baixa.

A modelagem no *software* indicou uma diminuição no MTBF do sistema elétrico geral da frota, passando de 274 horas na Fase 1 para 249,9 na Fase 2. De acordo com os resultados, a confiabilidade também reduziu, passando de 35,35% para 24,2% o que representou uma resposta negativa da equipe de manutenção elétrica às alterações na gerência. A PF0003 passou de uma média de 15 horas mensais parada para correções no sistema elétrico para uma média altíssima de 618 horas mensais na Fase 2, sendo enorme o impacto. A PF0001 antes permanecia 25 horas em média por mês em correções elétricas e passou a estar 32 horas. Vale lembrar que as falhas ocorreram em diferentes conjuntos nos dois equipamentos.

Esses números mostram que o estudo de confiabilidade através da modelagem de dados reais, apresentou-se como uma ferramenta consistente no sentido de detectar os pontos de atenção e os pontos que apresentam perda na manutenção da frota de perfuratrizes sendo possível não somente reconhecer o impacto e taxa de falhas dos equipamentos, mas também elaborar planos de ação para a melhoria da frota.

4.3.3 Aplicação do *software* no caso 3

Compreendendo o diagnóstico de acordo com a caracterização exposta anteriormente, foi decidido realizar a implantação piloto do *software* RME-Web® para sanar os problemas e dificuldades presentes na gestão e controle das atividades de manutenção realizadas na empresa.

Foi determinado então que a implantação piloto seria realizada na usina dos Grupos de Motores-Geradores (GMG), que contempla 12 equipamentos, de três fabricantes diferentes, instalados em duas plantas.

Estes equipamentos possuem uma função crítica, pois caso eventualmente ocorra falta de energia elétrica da concessionária, eles precisam estar em plenas condições de

fornecer energia elétrica para suprir essa carência e manter o funcionamento dos processos e serviços.

Para facilitar a implantação a D&V enviou um engenheiro de conhecimento treinado para estabelecer os padrões de manutenção dos GMG's e cadastrar os mesmos na Biblioteca Técnica Padrão. Esses padrões de manutenção foram estabelecidos com base nas informações contidas nos catálogos dos fabricantes e nos requisitos pré-determinados em contrato.

Para melhor entendimento, serão apresentadas as principais telas do aplicativo bem como a descrição da aplicação e funcionamento na aplicação piloto do RME-Web®.

Os modelos de equipamentos padronizados são cadastrados no *software* pela equipe de engenharia da SERPRO como ilustra a Figura 30.



Modelo:	Tipo:	Função:	Espécie:	Fabricante:	Nome do Equipamento:
D573001GX03	D573	01	GMG	CUMMINS	Grupo Motor Gerador
P4006/GTA352CIDE	P4006	01	GMG	MAQUIGERAL	Grupo Motor Gerador
P750E5	P750	01	GMG	FG WILSON	Grupo Motor Gerador

Figura 30 - Grupos Motores Geradores (GMG) padronizados pelo SERPRO
Fonte: Cunha *et al* (2015)

Na Figura 30 é possível observar que foram cadastrados três modelos de equipamentos, de acordo com os fabricantes de cada um dos mesmos. É especificado então o código do modelo, o tipo e o fabricante para diferenciá-los e caracterizá-los.

Esses três modelos de equipamentos padronizados, juntos, possuem 12 GMC's, sendo 10 instalados na Regional Brasília e 02 instalados na Sede. Cada modelo de equipamento padronizado atende à todos equipamentos da classe, possibilitando que possuam uma metodologia padronizada de manutenção. A Figura 31 mostra a tela de cadastro dos 10 equipamentos instalados na Regional Brasília.

The screenshot shows a web browser window displaying the 'RME-Web' application. The page title is 'CADASTRO - EQUIPAMENTOS DA INSTALAÇÃO - Mozilla Firefox'. The URL is 'www.rme-sep.com/serpro/rmeweb.dll/cadastro_equipamentos?codigo=RBSB000018'. The page content includes a header with the 'rme WEB' logo and a search bar. Below the header is a table with the following columns: 'No. Identificação:', 'Modelo:', 'No. Operação:', and 'Pasta de Manutenção:'. The table contains 10 rows of equipment data. Each row has four icons in the first column: a magnifying glass, a document, a gear, and a trash can. The table is titled 'CADASTRO DOS EQUIPAMENTOS DA INSTALAÇÃO: Regional Brasília' and has a 'Pesquisar / Incluir' button above it. At the bottom of the page, there is a copyright notice: 'Copyright© 2003/2014 da D&V Consultoria e Informática Ltda. Suporte Técnico: (031)9888-5736 - suporte@rme-web.com'.

	No. Identificação:	Modelo:	No. Operação:	Pasta de Manutenção:
[Ícones]	GMGD000018	P750E5	G1	GMG-RBSB
[Ícones]	GMGD000026	P750E5	G2	GMG-RBSB
[Ícones]	GMGD000034	P750E5	G3	GMG-RBSB
[Ícones]	GMGD000042	P750E5	G4	GMG-RBSB
[Ícones]	GMGD000059	P750E5	G5	GMG-RBSB
[Ícones]	GMGD000067	P750E5	G6	GMG-RBSB
[Ícones]	GMGD000075	P750E5	G7	GMG-RBSB
[Ícones]	GMGD000083	P750E5	G8	GMG-RBSB
[Ícones]	GMGD000091	P4006/GTA352CIDE	G9	GMG-RBSB
[Ícones]	GMGD000109	P4006/GTA352CIDE	G10	GMG-RBSB

Figura 31 - GMG's cadastrados para a instalação Regional Brasília
Fonte: Cunha *et al* (2015)

Na Figura 31 é possível observar quatro ícones na primeira coluna que permitem cadastrar e editar os dados cadastrados dos equipamentos. Os ícones possuem a função de cadastrar e consultar as informações de cada equipamento; cadastrar e consultar parametrizações; configuração e ajustes dos equipamentos; e cadastrar e consultar as atividades de manutenção realizadas; respectivamente. As demais colunas identificam o equipamento.

Com os equipamentos devidamente cadastrados, é possível então realizar a programação dos serviços de manutenção. A Figura 32 mostra este recurso disponível no *software*, que é acessado através do seguinte caminho: Menu principal > Serviços > Programação.

Data do Serviço:	No. Ident.:	No. Operação:	Modelo:	Ordem Serviço:	Tipo/Nível:	Responsável:	Órgão Resp.:	Empresa:
3/3/2015	GMGD000018	G1	P750E5	003	P7:Anual	Lucas Lima		RBRESSAN
3/3/2015	GMGD000026	G2	P750E5	003	P7:Anual	Lucas Lima		RBRESSAN
3/3/2015	GMGD000034	G3	P750E5	003	P7:Anual	Lucas Lima		RBRESSAN
3/3/2015	GMGD000042	G4	P750E5	003	P7:Anual	Lucas Lima		RBRESSAN
3/3/2015	GMGD000059	G5	P750E5	003	P7:Anual	Lucas Lima		RBRESSAN
3/3/2015	GMGD000067	G6	P750E5	003	P7:Anual	Lucas Lima		RBRESSAN
3/3/2015	GMGD000075	G7	P750E5	003	P7:Anual	Lucas Lima		RBRESSAN
3/3/2015	GMGD000083	G8	P750E5	003	P7:Anual	Lucas Lima		RBRESSAN
3/3/2015	GMGD000091	G9	P4006/GTA352CIDE	003	P7:Anual	Lucas Lima		RBRESSAN
3/3/2015	GMGD000109	G10	P4006/GTA352CIDE	003	P7:Anual	Lucas Lima		RBRESSAN
16/3/2015	GMGD000018	G1	P750E5	004	P3:Quinzenal	Lucas Lima		RBRESSAN
16/3/2015	GMGD000026	G2	P750E5	004	P3:Quinzenal	Lucas Lima		RBRESSAN
16/3/2015	GMGD000034	G3	P750E5	004	P3:Quinzenal	Lucas Lima		RBRESSAN
16/3/2015	GMGD000042	G4	P750E5	004	P3:Quinzenal	Lucas Lima		RBRESSAN
16/3/2015	GMGD000059	G5	P750E5	004	P3:Quinzenal	Lucas Lima		RBRESSAN
16/3/2015	GMGD000067	G6	P750E5	004	P3:Quinzenal	Lucas Lima		RBRESSAN
16/3/2015	GMGD000075	G7	P750E5	004	P3:Quinzenal	Lucas Lima		RBRESSAN
16/3/2015	GMGD000083	G8	P750E5	004	P3:Quinzenal	Lucas Lima		RBRESSAN
16/3/2015	GMGD000091	G9	P4006/GTA352CIDE	004	P3:Quinzenal	Lucas Lima		RBRESSAN
16/3/2015	GMGD000109	G10	P4006/GTA352CIDE	004	P3:Quinzenal	Lucas Lima		RBRESSAN
					P4:Mensal	Lucas Lima		RBRESSAN

Figura 32 - Tela com a listagem de manutenções programadas
Fonte: Cunha *et al* (2015)

É possível observar na Figura 32 a relação dos serviços de manutenção programados. Nesta relação são detalhados a data do serviço; a identificação do equipamento; grupo de operação e modelo do equipamento; o tipo e a periodicidade do serviço; o responsável pela execução e a empresa.

Através do *software* são criados os procedimentos padrões de manutenção para os grupos de equipamentos. As Figuras 33 e 34 ilustram o procedimento padrão para o grupo de motor gerador fabricado pela FG-Wilson.


		PROCEDIMENTO PADRÃO	Nº 0001																		
OBJETIVO	BASE TÉCNICA																				
Executar serviços de manutenção preventiva em Grupo Motor Gerador (GMG).	NR-10; NR12 ; NBR-5410 Cat. Fab.: - 151651.book-p.pdf (Motor Perkins)																				
CAMPO DE APLICAÇÃO	COMPETENCIAS E RESPONSABILIDADES																				
GMG's de fabricação FG WILSON Periodicidades: Quinzenal (P3), Mensal (P4), Anual (P7), Trienal (P9).	Cargo: Técnico II Técnico I Estagiário	Função: Supervisor Executante Auxiliar																			
DISPOSIÇÕES GERAIS																					
INSPEÇÕES:																					
<ul style="list-style-type: none"> Todos os problemas detectados durante as inspeções visuais ou preditivas deverão ser descritos no campo "Observações" da folha de testes. Utilizar a seguinte convenção para registrar as inspeções nos campos "V.Enc." e "V.Deix." da folha de testes: 																					
<table border="1"> <tbody> <tr> <td><i>Ótimo</i></td> <td>=</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td><i>Bom</i></td> <td>=</td> <td>0.80 a 0.99</td> </tr> <tr> <td><i>Regular</i></td> <td>=</td> <td>0.60 a 0.79</td> </tr> <tr> <td><i>Ruim</i></td> <td>=</td> <td>0.40 a 0.59</td> </tr> <tr> <td><i>Péssimo</i></td> <td>=</td> <td>0.01 a 0.39</td> </tr> <tr> <td><i>Não inspecionado</i></td> <td>=</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				<i>Ótimo</i>	=	1	<i>Bom</i>	=	0.80 a 0.99	<i>Regular</i>	=	0.60 a 0.79	<i>Ruim</i>	=	0.40 a 0.59	<i>Péssimo</i>	=	0.01 a 0.39	<i>Não inspecionado</i>	=	0
<i>Ótimo</i>	=	1																			
<i>Bom</i>	=	0.80 a 0.99																			
<i>Regular</i>	=	0.60 a 0.79																			
<i>Ruim</i>	=	0.40 a 0.59																			
<i>Péssimo</i>	=	0.01 a 0.39																			
<i>Não inspecionado</i>	=	0																			
NOTA 1 – VAZAMENTOS:																					
<ul style="list-style-type: none"> Se for detectado qualquer tipo de vazamento (óleo lubrificante, fluido refrigerante ou combustível), limpe as áreas contaminadas com o líquido. Se houver vazamento, encontre a fonte e elimine-o. Se suspeitar de algum vazamento, revise frequentemente o nível do fluido até que se encontre e repare o vazamento. 																					
NOTA 2 – MANGOTES/MANGUEIRAS E ABRAÇADEIRAS:																					
<ul style="list-style-type: none"> Verifique se há vazamentos nas mangueiras. Aperte qualquer abraçadeira frouxa. Renove as mangueiras ressecadas ou moles. Verifique as seguintes condições: <ul style="list-style-type: none"> ➢ Acessórios terminais que estiverem danificados ou com vazamento ➢ Capa que estiver danificada/cortada ➢ Fios expostos que são usados para reforço ➢ Capa que estiver com bolhas ➢ Partes flexíveis que estiverem retorcidas ou esmagadas ➢ Armadura que estiver incorporada na capa 																					
MEDIDAS DE CONTROLE DE RISCOS																					
Riscos	Controles (EPC's e EPI's):																				
1. Choque elétrico	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Priorizar serviços com circuito DESENERGIZADO conforme NR10; ➢ Realizar as conexões de teste antes de energizar o circuito; ➢ Em circuitos energizados utilizar luvas, ferramentas e instrumentos com isolamento adequados. 																				
2. Arcos elétricos	➢ Utilizar roupa anti arco.																				
3. Queimaduras	➢ Não tocar nas partes quentes do equipamento sem luvas de proteção.																				
4. Altura	➢ Utilizar cinto de segurança e demais exigências da NR35																				
5. Espaços confinados	➢ Seguir recomendações da NR33																				
6. Outros riscos eventuais	➢ REALIZAR A ANÁLISE DE RISCOS DA TAREFA																				

Figura 33 - Procedimento de Manutenção Padrão para GMG's de fabricação FG-Wilson
Fonte: Cunha *et al* (2015)

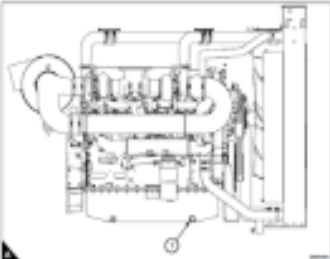
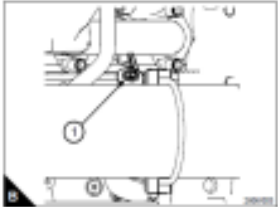

DESCRIÇÃO PASSO-A-PASSO	ORIENTAÇÕES TÉCNICAS E DE SEGURANÇA
1.0 SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO DE ÓLEO DO MOTOR	
C010191 - P3 Checar vazamentos	VER NOTA 1 Cheque se há vazamentos na frente e na traseira do selo do virabrequim, no cárter, no filtro de óleo e na tampa das válvulas. Se muitos vazamentos estiverem presentes, particularmente em um motor velho, pode haver um bloqueio no respirador do motor.
C010391 - P3 Checar nível de óleo	RISCOS: 3 Obs.: O óleo quente e os componentes quentes podem causar queimaduras. 1. Use a vareta de medição para verificar o nível de óleo. 2. Verifique o nível de óleo com o motor parado. O nível deve estar entre as marcas "L" e "H" da vareta; 3. Se necessário, tire a tampa do bocal de enchimento e adicione óleo lubrificante do mesmo tipo e especificação; Não encha em excesso. 4. Limpe e recoloque a tampa no bocal de enchimento.
R010791 - P7 Substituir óleo lubrificante	1- Opere o motor até que esteja quente, depois pare o motor. 2- Retire a tampa do dreno (A1) e drene o óleo lubrificante em um recipiente apropriado. 3- Limpe a tampa do dreno e instale arruela de vedação nova. 4- Instale o tampão do dreno e aperte com um torque de 45 Nm. 5- TROQUE O FILTRO DE ÓLEO seguindo as orientações do item R019791 abaixo. 6- Limpe a área ao redor da tampa do bocal de enchimento de óleo (B1). 7- Retire a tampa. 8- Encha com óleo lubrificante novo até alcançar a marca "H" na vareta de medição. 9- Dê partida no motor com o fornecimento de combustível desconectado. Isso encherá o filtro de óleo antes da partida do motor. Não dê partida no motor por mais de 30 segundos continuamente. 10- Assegure que o medidor de pressão ou a ferramenta de serviço indicam pressão no motor antes de conectar o fornecimento de combustível e dar a partida no motor. 11- Opere o motor a velocidade baixa em vazio por 2 minutos e verifique que não há vazamentos de óleo no conjunto do filtro. 12- Pare o motor por 10 minutos no mínimo e verifique o nível de óleo na vareta de medição. Se necessário adicione óleo. 13- O nível de óleo deve estar entre as marcas "L" e "H" da vareta de medição.
	
	
R010991 - P7 Substituir o filtro de óleo	1. Pare o motor 2. Gire o interruptor de arranque para a posição OFF (DESLIGADO). Desconecte a bateria. 3. Retire a tampa do dreno (A2) da base da caixa do filtro de óleo (A1) e drene o óleo em um recipiente apropriado. 4. Retire a caixa do filtro, retire a junta de vedação (o-ring) da caixa do filtro e retire o elemento do filtro. 5. Limpe a caixa e a superfície de contato da cabeça do filtro. Limpe o tampão de drenagem (A2) e instale-o na caixa. 6. Instale um elemento de filtro novo na caixa e certifique-se que está completamente alinhado com a guia da base da caixa. Instale uma junta de vedação (o-ring) nova na parte superior da caixa. 7. Instale a caixa na cabeça do filtro. Não aperte em excesso. Certifique-se que o tampão de drenagem está fixado corretamente. 8. Verifique a quantidade de óleo no cárter. Se necessário, adicione óleo conforme especificação no manual fabricante. 9. Opere o motor e verifique que não existem vazamentos.
	

Figura 34 – Continuação do Procedimento de Manutenção Padrão para GMG's de fabricação FG-Wilson
Fonte: Cunha *et al* (2015)

A norma NR-10 trata de um conjunto de procedimentos e requisitos da área de segurança em instalações elétricas visando garantir a segurança e saúde dos trabalhadores. É possível observar nas Figuras 33 e 34 que os campos em cinza do procedimento padrão seguem as exigências da NR-10 em seu artigo 11, no que se refere aos procedimentos de trabalho.

Ainda de acordo com o procedimento mostrado nas Figuras 33 e 34, com relação às inspeções, foi adotado o critério da “lógica difusa”, para quantificar as avaliações subjetivas e não quantificáveis como “Ótimo”, “Bom”, Regular”, “Ruim”, “Péssimo” e “Não inspecionado”. Tudo isso de forma a obrigar o responsável a associar uma nota à sua inspeção e evitar uma má inspeção e um vago “OK” como de costume.

Ainda é possível observar que o procedimento detalha o passo-a-passo das tarefas a serem feitas, que podem ser inspeções, testes, medições, ensaios, reparos, trocas, entre outros. O procedimento padrão também fornece as orientações técnicas de segurança, onde podem ser também incluídas imagens para melhor visualização e entendimento.

O RME-Web® também padroniza as folhas de testes e medições para grupos de equipamentos. A Figura 35 exemplifica uma folha de testes e medições impressa padronizada e específica para o grupo motor gerador N° G1, que é utilizada em locais sem acesso à internet para posterior cadastro no sistema.


		RME-Web®: Sistema Especialista em Manutenção				
		Testes e Medições	19/5/2015			
IDENTIFICAÇÃO:		LOCALIZAÇÃO:				
Equipamento: Grupo Motor Gerador		Empresa: SERPRO				
Fabricante: FG WILSON		Instalação: Regional Brasília				
Modelo: P750E5		Nº Operação: G1				
Tipo: P750		Nº Identificação: GMGD000018				
Espécie: GMG Função: 01		Nº de Série: CDDM7553				
Tecnologia: Eletromecânico		Circuito: 01				
Catalogo: 151651.book		Painel / Cubículo: GMG01				
Dados técnicos e de segurança desse modelo:		Dados técnicos e de segurança desse local:				
Potência: 750kVA - Tensão: 380V-3Ø-60Hz Velocidade nominal: 1800RPM Motor Diesel: PERKINS - Mod.: 2806-E18TAG3 Alternador: LEROY - Mod.: LL7024J900kVA-380/220V-3Ø-60Hz-FP=0.8-910A Baterias: 2x12V-150A Quadro Comando tipo: COMAP						
DADOS DA MANUTENÇÃO: Tipo de Manutenção: <u> </u> MP <u> </u> MC <u> </u> RC						
Nº O. S.: <u> </u>		Data Inicial: <u> </u> / <u> </u> / <u> </u>	Data Final: <u> </u> / <u> </u> / <u> </u>			
Empresa: <u> </u>		Órgão: <u> </u>	H x h : min: <u> </u> x <u> </u> :			
Supervisor: <u> </u>		Executante: <u> </u>	Executante: <u> </u>			
DIAGNÓSTICO:						
O equipto apresentou problemas em serviço. (S/N)		Houve substituição de componentes. (S/N)				
O equipto apresentou problemas em manutenção. (S/N)		Há alguma pendência de manutenção. (S/N)				
O equipamento foi enviado para reparo. (S/N)		Nenhum dos problemas acima foi detectado. (S/N)				
OBSERVAÇÕES:						
RECURSOS MATERIAIS UTILIZADOS (instrumentos, ferramentas, etc.):						
AJUSTES E CONFIGURAÇÕES:						
<u>Código</u>	<u>Descrição</u>	<u>Valor Ajustado</u>	<u>Nº P.S.</u> <u>Data P.S.</u>			
*	*	*	* * *			
INSPEÇÕES ENSAIOS E MEDIÇÕES - Nível de Manutenção: P3 - Quinzenal						
<u>Código</u>	<u>Descrição</u>	<u>L.Inf.</u>	<u>L.Sup.</u>	<u>V.Calc.</u>	<u>V.Enc.</u>	<u>V.Deix.</u>
C010191	Sist.Lub.Óleo/ Checar vazamentos/ #	0.8	1	-	_____	_____
C010391	Sist.Lub.Óleo/ Checar nível de óleo/ #	0.8	1	-	_____	_____
C020191	Sist.Refrig.Motor/ Checar vazamentos/ #	0.8	1	-	_____	_____
C020591	Sist.Refrig.Motor/ Checar resistência pré-aquec/ #	0.8	1	-	_____	_____
C020991	Sist.Refrig.Motor/ Checar nível refrigerante/ #	0.8	1	-	_____	_____
C030191	Sist.Admis.Ar Motor/ Checar vazamentos/ #	0.8	1	-	_____	_____
C040191	Sist.Combustível/ Checar vazamentos/ #	0.8	1	-	_____	_____
M041992	Sist.Combustível/ Checar nível do tanque/ %	40	80	-	_____	_____
C050191	Sist.Escape/ Checar vazamentos/ #	0.8	1	-	_____	_____
M090943	Sist.GMG/ Teste Partida-Parada em vazio/ min	5	10	-	_____	_____
*** Fim da folha de testes ***						
*** RETORNE À 1ª PÁGINA E PREENCHA AS INFORMAÇÕES DE FECHAMENTO DA FOLHA DE TESTES ***						
Copyright© 2003/2014 da D&V Consultoria e Informática Ltda. Suporte técnico: (031)9888-5736 - suporte@rme-web.com						

Figura 35 - Impressão da Folha de Teste do GMG Nº1
Fonte: Cunha et al (2015)

Como mostra Figura 35, a folha de testes e medições contém a identificação e localização do equipamento; os dados de manutenção, onde são especificadas as informações relativas a cada serviço de manutenção realizado; o diagnóstico, onde há perguntas que orientam a atividade; observações gerais, onde são relatados os problemas enfrentados durante a manutenção. A folha contém ainda os recursos materiais utilizados, que especificam os números de identificação dos instrumentos necessários para realizar o serviço; as configurações e ajustes, com os valores cadastrados para parametrizações definidas na padronização do modelo; e por fim o campo “Inspeções, ensaios e medição”, em que contém os testes pré-determinados no procedimento padrão.

Após o preenchimento dessa folha de testes e medições impressa, os resultados nela presentes devem ser cadastrados no sistema através de um computador, *tablet* ou *smartphone* com acesso ao *software* e à internet. As Figuras 36 e 37 ilustram a tela para cadastramento dos dados de manutenção.

RME-Web® - CADASTRO - MANUTENÇÕES - Mozilla Firefox

Arquivo Editar Exibir Histórico Favoritos Ferramentas Ajuda

Expresso 3.0 - Email RME-Web® - CADASTRO - M... RME-Web® - CADASTRO - R...

www.rme-sep.com/serpro/rmeweb.dll/cadastrar_manutencao?codigo=GMGD000018&data=3/3/2015&tipo=P7

como declarar imposto de renda

17:53:57

rme
WEB®

Cadastro das Instalações Manutencões do Equipamento

CADASTRO DE MANUTENÇÃO

Incluir Pesquisar Alterar Excluir

Equipamento: No. Identificação: GMGD000018 Modelo: P750E5

Manutenção: No. O.S.: 003 Empresa: RBRESSAN Responsável: Lucas Lima
 Tipo: MP Órgão: MANUTENÇÃO Executante:
 Auxiliar:

Execução: Data de Início: 03/03/2015 Testes e Medições: >> Recursos >> Documentos: >>
 Data de Término: Horas Gastas: 0 Minutos Gastos: 0 No. Homens: 0

Diagnóstico:

- O equipamento apresentou problemas em serviço. (descrever)
- O equipamento apresentou problemas em manutenção. (descrever)
- O equipamento foi enviado para reparos. (descrever)
- Houve substituição de componentes. (descrever)
- Há pendências de manutenção. (descrever)
- Nenhum dos problemas acima foi detectado.

Observações:

Copyright© 2003/2014 da D&V Consultoria e Informática Ltda.
 Suporte Técnico: (031)9888-5736 - suporte@rme-web.com

Figura 36 - Tela para cadastramento dos dados de manutenção
 Fonte: Cunha et al (2015)

RME-Web® - CADASTRO - MEDIÇÕES - Mozilla Firefox

Arquivo Editar Exibir Histórico Favoritos Ferramentas Ajuda

Expresso 3.0 - Email RME-Web® - CADASTRO - M... RME-Web® - CADASTRO - R...

www.rme-sep.com/serpro/rmeweb.dll/incluir_medicoes?cod=GMGD000018&mod=P750E5&data=3/3/2015&nivel=P3

como declarar imposto de renda

17:55:34

rme
WEB®

Cadastro de Instalações Cadastrar Equipamento Cadastro de Manutenção

RESULTADOS DE MEDIÇÕES E ENSAIOS
Modelo:P750E5 No.Ident.:GMGD000018 Data:3/3/2015 Nivel:P3

Confirmar Cancelar


Código:	Descrição:	Lim.Inf.:	Lim.Sup.:	VC:	VE:	EE(%):	VD:	ED(%):
C010191	Sist.Lub.Óleo/ Checar vazamentos/ #	0.8	1	-	0.6	*	0.8	*
C010391	Sist.Lub.Óleo/ Checar nível de óleo/ #	0.8	1	-	1	*	1	*
C020191	Sist.Refrig.Motor/ Checar vazamentos/ #	0.8	1	-				
C020591	Sist.Refrig.Motor/ Checar resistência pré-aquec/ #	0.8	1	-				
C020991	Sist.Refrig.Motor/ Checar nível refrigerante/ #	0.8	1	-				
C030191	Sist.Adms.Ar Motor/ Checar vazamentos/ #	0.8	1	-				
C040191	Sist.Combustível/ Checar vazamentos/ #	0.8	1	-				
M041992	Sist.Combustível/ Checar nível do tanque/ %	40	80	-				
C050191	Sist.Escape/ Checar vazamentos/ #	0.8	1	-				
M090943	Sist.GMG/ Teste Partida-Parada em vazio/ min	5	10	-				

Copyright© 2003/2014 da D&V Consultoria e Informática Ltda.
Suporte técnico: (031)9888-5736 - suporte@rme-web.com

Figura 37 - Tela para cadastramento dos testes e medições
Fonte: Cunha et al (2015)

Nas Figuras 36 e 37 é possível notar que os campos apresentados são os mesmos contidos na folha de testes e medições impressa. A Figura 36 apresenta o processo de entrada de dados do cadastro da manutenção e a Figura 37 do processo de entrada dos resultados das medições e ensaios, de forma que os valores ficam na cor vermelha quando estão fora dos limites admissíveis, e em verde quando estão dentro dos limites. As descrições em azul são os dados padronizados e não podem ser modificadas pelo executante, apenas pelo responsável pela padronização.

Outro recurso do *software* é a geração de relatórios de observações registradas e das medições realizadas. A Figura 38 exemplifica um relatório de observações registradas de acordo com o critério problemas de manutenção.


 RELATÓRIO: OBSERVAÇÕES REGISTRADAS Critérios de seleção: - Problemas em manutenção Classificação: No. Identificação Total de registros selecionados: 6				
Modelo:	Nº Identificação:	Data do Serviço:	Matricula:	Observações:
P750E5	GMGD000018	10/9/2014	3	Gerador não estava partindo. Constatado que a corrente de partida da bateria era baixa. Realizado troca de baterias e o problema foi sanado.
P750E5	GMGD000075	18/11/2014	3	Gerador não tinha partido no teste com carga. Tensão de partida estava muito baixa. As baterias foram trocadas e o problema foi sanado.
P4006/GTA352CIDE	GMGD000091	22/10/2014	7	- Configurado ajustes da bóia e solenóide para reparo na automação de suprimento de combustível. Só foi verificado essa avaria após intervenção da CEB na subestação, quando o gerador arriou. Porém a automação ainda estava apresentando problemas. Foi constatado que o problema era no réle de acionamento da válvula solenóide de combustível. Ele queimou após regularização da automação, pois estava mal dimensionado (A).
P4006/GTA352CIDE	GMGD000091	26/11/2014	9	As 10h à Atlântico verificou que a tensão de uma bateria estava com 8,6V. Abrimos um chamado para Rocha Bressan que verificou que o carregador estava avariado. Foi trocado os carregadores e as baterias. Mas até às 18h, eles não estavam conseguindo funcionar o gerador. No dia seguinte, entre 10h às 12h, com a presença do Sr. Mário, constataram que o regulador de velocidade também estava avariado, trocando o regulador do GMG10 com o GMG09. Ele foi levado para troca, pois estava na garantia.
P4006/GTA352CIDE	GMGD000091	5/1/2015	3	Ao iniciar o teste mensal com carga, o G9 falhou na partida, mas conseguiram funcioná-lo in loco. Em seguida, verificou-se muito vazamento de combustível em uma peça "T" de um tubo que distribui combustível para os bico injetores. O teste foi interrompido, Weslei e sua equipe removeram o "T" e instalaram novamente. No dia seguinte fizemos o teste de carga por 1h e o gerador não apresentou mais esse vazamento em específico.
P4006/GTA352CIDE	GMGD000109	21/10/2014	7	- Configurado ajustes da bóia e solenóide para reparo na automação de suprimento de combustível. Só foi verificado essa avaria após intervenção da CEB na subestação, quando o gerador arriou. Porém a automação ainda estava apresentando problemas. Foi constatado que o problema era no réle de acionamento da válvula solenóide de combustível. Ele queimou após regularização da automação, pois estava mal dimensionado (A). - Reparo em mangueira de entrada do filtro combustível. Ela estava amassada/fissurada interrompendo o fluxo. Cortaram a ponta danificada e instalaram a mesma mangueira. - Trocado réle de acionamento da válvula solenóide de combustível. Ele queimou após teste em carga, pois foi mal dimensionado (A).

Copyright© 2003/2014 da D&V Consultoria e Informática Ltda.
 Suporte Técnico: (51)9888-5736 - suporte@me.ceb.com

Figura 38 - Relatório das Observações Registradas
 Fonte: Adaptado de Cunha et al (2015)

Na Figura 38, nota-se as observações realizadas de acordo com cada equipamento e a data do serviço. Os equipamentos são identificados ainda de acordo com modelo e número de identificação.

Já a Figura 39, mostra um relatório de medições realizadas de acordo com o critério de medições com intervenção necessária e ineficaz.

 RELATÓRIO: MEDIÇÕES REALIZADAS Critérios de seleção: - Medições: com intervenção necessária e ineficaz Classificação: No. Ident. / Data / Ensaio Total de registros selecionados: 13													
Espécie:	Modelo:	Nº Identificação:	Tipo:	Nível:	Matricula:	Data:	Código Ensaio:	Descrição:	L.I.:	L.S.:	V.C.:	V.E.:	V.D.:
GMG	P750E5	GMGD000034	MP	P4	3	4/11/2014	R090591	Sist.GMG / Limpeza interna do container/ #	0.8	1	-	0.6	0.7
GMG	P750E5	GMGD000042	MP	P4	3	4/11/2014	R090591	Sist.GMG / Limpeza interna do container/ #	0.8	1	-	0.6	0.7
GMG	P750E5	GMGD000042	MP	P4	3	2/12/2014	R090591	Sist.GMG / Limpeza interna do container/ #	0.8	1	-	0.5	0.6
GMG	P750E5	GMGD000059	MP	P4	3	5/1/2015	R090591	Sist.GMG / Limpeza interna do container/ #	0.8	1	-	0.6	0.7
GMG	P750E5	GMGD000067	MP	P4	3	5/1/2015	R090591	Sist.GMG / Limpeza interna do container/ #	0.8	1	-	0.6	0.7
GMG	P750E5	GMGD000083	MP	P4	3	2/12/2014	C020191	Sist.Refrig.Motor/ Checar vazamentos/ #	0.8	1	-	0.4	0.7
GMG	P750E5	GMGD000083	MP	P4	3	5/1/2015	R090591	Sist.GMG / Limpeza interna do container/ #	0.8	1	-	0.6	0.7
GMG	P4006/GTA352CIDE	GMGD000091	MP	P4	3	5/1/2015	C010191	Sist.Lub.Óleo/ Checar vazamentos/ #	0.8	1	-	0.5	0.7
GMG	P4006/GTA352CIDE	GMGD000091	MP	P4	3	5/1/2015	C040191	Sist.Combustível/ Checar vazamentos/ #	0.8	1	-	0.1	0.6
GMG	P4006/GTA352CIDE	GMGD000091	MP	P4	3	5/1/2015	C040391	Sist.Combustível/ Checar mangueiras e conexões/ #	0.8	1	-	0.5	0.7
GMG	P4006/GTA352CIDE	GMGD000091	MP	P4	3	5/1/2015	R090591	Sist.GMG / Limpeza interna do container/ #	0.8	1	-	0.6	0.7
GMG	P4006/GTA352CIDE	GMGD000109	MP	P4	3	5/1/2015	C010191	Sist.Lub.Óleo/ Checar vazamentos/ #	0.8	1	-	0.6	0.7
GMG	P4006/GTA352CIDE	GMGD000109	MP	P4	3	5/1/2015	C040191	Sist.Combustível/ Checar vazamentos/ #	0.8	1	-	0.3	0.6
GMG	P4006/GTA352CIDE	GMGD000109	MP	P4	3	5/1/2015	R090591	Sist.GMG / Limpeza interna do container/ #	0.8	1	-	0.6	0.7
GMG	P4006/GTA352CIDE	GMGD000109	MP	P4	2	2/2/2015	C040191	Sist.Combustível/ Checar vazamentos/ #	0.8	1	-	0.6	0.7

Copyright© 2003/2014 da D&V Consultoria e Informática Ltda.
 Suporte técnico: (031)9880-5736 - suporte@rme-web.com

Figura 39 - Relatório das Medições Realizadas
 Fonte: Adaptado de Cunha et al (2015)

No relatório apresentado na Figura 39 são mostrados as medições em dados numéricos, padronizados e obrigatoriamente registrados durante a manutenção. As últimas cinco colunas fornecem os valores calculados (VC), valores encontrados (VE), valores deixados (VD), bem como seus limites inferiores de baixa tolerância (LI) e seus limites superiores de faixa de tolerância (LD).

Por fim o *software* ainda fornece cinco gráficos de tendência de resultados para controle da qualidade dos serviços de manutenção e disponibiliza para cada medição cadastrada um gráfico de tendências mostrando a variação dos resultados ao longo do tempo, como mostra a Figura 40.

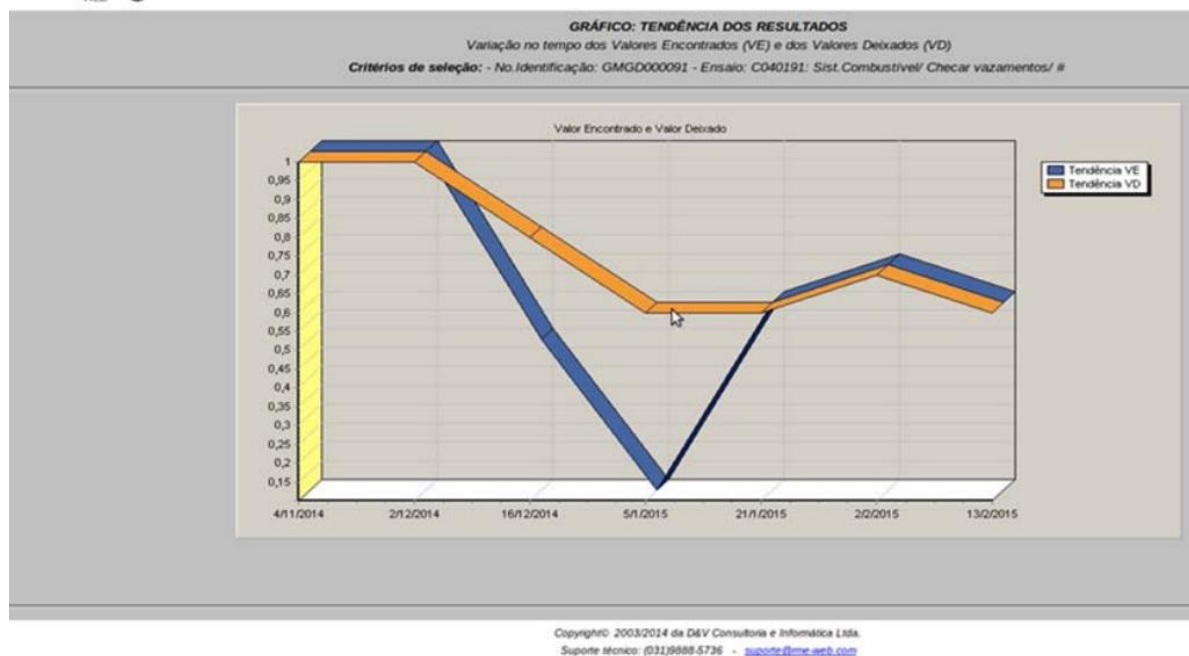


Figura 40 - Relatório de Tendência dos Resultados
Fonte: Adaptado de Cunha et al (2015)

A partir da Figura 40, nota-se que este gráfico é de fundamental importância para previsão da vida útil dos equipamentos.

Os resultados obtidos com a implantação piloto do RME-Web® nas instalações da SERPRO estudadas foram bastante satisfatórias, que pode ser notado ao se comparar o cenário anterior e posterior à aplicação do sistema.

A direção da SERPRO deu um parecer favorável quanto à aplicabilidade e adaptabilidade do sistema para auxiliar no planejamento, controle e solução de problemas da área de manutenção.

Este trabalho comprova então que o RME-Web® pode ser aplicável a quaisquer tipos de equipamentos e quaisquer tipos de instalações no setor industrial e na área de manutenção.

4.4 Apresentação das contribuições da aplicação dos *softwares* no estudo da Engenharia de Confiabilidade

Após conhecer os *softwares*, entender o contexto de aplicação de cada um deles na caracterização dos estudos de caso e após ver sua aplicação direta em cada caso é possível

então perceber quais são os seus focos de trabalho e quais são os benefícios oriundos por sua utilização.

Para sintetizar as informações relevantes no que se refere às contribuições da aplicação de cada *software* no estudo da Engenharia de Confiabilidade, estas serão apresentadas em forma de tabela, de maneira também a ter uma melhor visualização para comparar cada um dos *softwares*.

A Tabela 10 traz os *softwares* utilizados e suas contribuições e benefícios alcançados no estudo da Engenharia de Confiabilidade a partir dos casos estudados.

Tabela 10 - Características, aplicações e contribuições dos *softwares* estudados

Softwares	Características	Aplicação	Contribuições
S3i	<p>Auxilia as inspeções industriais e rotas de inspeção;</p> <p>Utiliza plaquetas com códigos de barras para identificar equipamentos, nortear a rota e fornecer dados confiáveis para gestão da manutenção;</p> <p>Realiza a auditoria da efetividade e qualidade das inspeções;</p> <p>Realiza a gestão e operacionalização de todos os tipos de inspeções e rondas;</p> <p>Realiza inspeções pós-reparo.</p>	<p>Estudo da aplicação da manutenção centrada na confiabilidade com aporte da TI: o caso de uma empresa no setor siderúrgico.</p>	<p>Extinção dos roteiros feitos em papel;</p> <p>Planejamento para reparo de uma anomalia mais rápido e eficiente;</p> <p>Garantia da realização das inspeções de qualidade, prevendo assim as falhas e as tratando com o tempo para evitar paradas não programadas;</p> <p>Aumento da disponibilidade física, confiabilidade dos equipamentos e produtividade;</p> <p>Diminuição da previsibilidade de falhas;</p> <p>Maior tempo para execução de outras atividades de manutenção;</p> <p>Diminuição considerável no tempo gasto numa inspeção;</p> <p>Redução do número de inspetores, possibilitando realocar pessoal para outras áreas defasadas de manutenção;</p> <p>Análise de performance da empresa e das rotas feitas pelos inspetores através dos relatórios;</p> <p>Otimização do processo de manutenção.</p>
Weibull ++	<p>Criado para se trabalhar especificamente com a Engenharia de Confiabilidade;</p> <p>Permite a análise de dados de confiabilidade obtidos em estudos, a partir de dados completos, censurados, intervalos ou agrupamentos de dados;</p> <p>Calcula de forma rápida, os indicadores de confiabilidade tais MTBF, taxa de falha, probabilidade de falha, tempo de garantia, etc;</p> <p>Permite a plotagem de curvas de confiabilidade;</p> <p>Contém todas as ferramentas necessárias para realizar análise de dados, extrair resultados, gerar relatórios, apresentações e gráficos.</p>	<p>Estudo de confiabilidade aplicado à manutenção de perfuratrizes de pequeno porte: o caso de uma empresa de mineração.</p>	<p>Permite a análise estatísticas dos indicadores de manutenção;</p> <p>Permite analisar a confiabilidade do equipamento em relação ao tempo através da plotagem de curva de confiabilidade;</p> <p>Ferramenta consistente no sentido de detectar os pontos de atenção e os pontos que apresentam perda na manutenção;</p> <p>Possibilita reconhecer o impacto e taxa de falhas dos equipamentos;</p> <p>Possibilita elaborar planos de ação para a melhoria;</p> <p>Aumento considerável da MTBF em decorrência da diminuição do número de eventos corretivos;</p> <p>Aumento da confiabilidade.</p>
RME-Web®	<p>Sistema especialista em manutenção;</p> <p>Disponibiliza à todos colaboradores envolvidos nos processos as informações referentes às atividades de manutenção;</p> <p>Os colaboradores tem acesso ao sistema por qualquer navegador de internet, seja em computadores, notebooks, tablets ou smartphones;</p> <p>Padroniza os processos e atividades de manutenção para cada tipo de equipamento;</p> <p>Permite arquivar os métodos, técnicas e procedimentos de trabalho da manutenção;</p> <p>Gera gráficos e relatórios, possibilitando ainda selecionar e estratificar as amostragens de dados para melhor análise.</p>	<p>Manutenção inteligente no SERPRO – Implantação piloto do RME-WEB para gestão do conhecimento das técnicas de manutenção.</p>	<p>Aplicável em quaisquer tipos de equipamentos, e de quaisquer tipos de instalações do setor industrial na área de manutenção;</p> <p>Compartilhamento e intercâmbio das informações relativas aos serviços de manutenção através de qualquer dispositivo com acesso à internet;</p> <p>Auxilia no planejamento e controle das atividades de manutenção, bem como na solução de problemas;</p> <p>Fácil gestão do conhecimento através da padronização dos métodos e técnicas de manutenção;</p> <p>Controle da qualidade da execução dos serviços de manutenção;</p> <p>Auxilia nos diagnósticos e nas tomadas de decisões a partir da consulta da situação atual dos serviços em tempo real.</p>

Na Tabela 10, são apresentadas as principais características de cada *software*, sua devida aplicação e suas principais contribuições para o estudo da Engenharia de Confiabilidade.

Pode-se notar que o primeiro *software* estudado, o S3i, é um sistema mais direcionado para inspeções e rotas de inspeções nas atividades de manutenção. Com a implantação do sistema, extinguem-se os roteiros feitos em papel, obtém-se maior agilidade e qualidade das inspeções, além de criar um histórico das atividades de manutenção, o que é importantíssimo para a análise dos dados, tomadas de decisões e controle e planejamento das atividades de manutenção, sendo possível assim aumentar consideravelmente a disponibilidade física e confiabilidade dos equipamentos, além de otimizar todo processo de manutenção.

O segundo *software* estudado, o *Weibull ++*, foi criado para se trabalhar especificamente com Engenharia de Confiabilidade sendo direcionado para análise estatística e diagnóstico dos indicadores de manutenção. Feita essa análise é possível identificar os pontos de atenção e os pontos que mais apresentam perda para a manutenção. Ele ainda possibilita reconhecer o impacto das falhas nos equipamentos, e a partir de tudo isso, elaborar melhores planos de manutenção, planos de ação para melhorias para conseqüentemente aumentar a MTBF, diminuir as ocorrências corretivas e aumentar a confiabilidade.

O terceiro e último *software* estudado, o RME-Web®, é um sistema desenvolvido especialmente para a manutenção aplicável a qualquer setor industrial. Caracteriza-se por ser um sistema voltado para a gestão de todas as atividades de manutenção que possui um banco de dados com histórico das atividades, métodos, técnicas, procedimentos e todas informações necessárias para realizar as operações de manutenção. Tudo isso é disponibilizado a todos colaboradores envolvidos através de qualquer dispositivo com acesso à internet, possibilitando assim um bom controle e planejamento das atividades de manutenção, solução de problemas, tomadas de decisões rápidas e controle de qualidade dos serviços de manutenção, gerando assim, conseqüentemente, maior disponibilidade física e confiabilidade dos equipamentos através da melhor gestão e também, uma maior produtividade.

Com relação ao custo-benefício, o S3i, mesmo sem o diagnóstico e orçamento, parece ser muito viável até para empresas de pequeno e médio porte, visto suas contribuições. O *Weibull* já é um software viável para empresas de grande porte, com uma grande gama de instalações e equipamentos diferentes, visto que o valor de sua licença completa é muito alto. E quanto ao RME-Web®, seu custo varia de caso a caso, de acordo com algumas perspectivas, sendo necessário um orçamento para comprovar sua viabilidade.

Dessa forma foi possível identificar como os *softwares* foram aplicados e como eles contribuíram significativamente em cada caso estudado no estudo da Engenharia de Confiabilidade.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo são abordadas as conclusões alcançadas ao final do trabalho, bem como sugestões para futuros trabalhos.

5.1 Conclusões

O presente trabalho teve o objetivo de analisar a contribuição efetiva de *softwares* no estudo da Engenharia de Confiabilidade. Para alcançar tal finalidade foi feita uma pesquisa bibliográfica sobre a manutenção, seus métodos e sua gestão; indicadores; confiabilidade, Engenharia de Confiabilidade e MCC; sistemas de informação e banco de dados. Com base nessa fundamentação teórica foi possível estudar alguns estudos de casos, entender a situação, as características e avaliar a aplicação de softwares na área de manutenção de algumas empresas.

A partir dessa metodologia de trabalho tornou-se possível então responder ao questionamento principal desse trabalho: Como a aplicação de *softwares* pode contribuir efetivamente no estudo da Engenharia de Confiabilidade em diferentes segmentos empresariais?

Por conseguinte, a análise aprofundada realizada sobre os três estudos de casos tratados nesse trabalho permitiu verificar a obtenção de resultados relevantes no que tange a aplicação de *softwares* no estudo da Engenharia de Confiabilidade.

As principais contribuições conseguidas com a aplicação dos *softwares* foram:

- Criação de um histórico das atividades de manutenção, que permite uma análise de dados confiáveis;
- Identificação os pontos de atenção e os pontos que mais apresentam perda para a manutenção;
- Conhecer o impacto das falhas nos equipamentos, e a partir disso elaborar melhores planos de manutenção;
- Maior agilidade e qualidade das inspeções;
- Diminuição do tempo de inspeção e do número de inspetores, sendo possível realocar pessoal para áreas mais defasadas de manutenção;

- Melhor controle e planejamento das atividades de manutenção graças ao sistema de gestão via web, auxiliando solução de problemas e tomadas de decisões rápidas.

Diante de todas essas contribuições o consequente resultado geral foi uma maior disponibilidade física, maior confiabilidade dos equipamentos e maior produtividade.

Todas essas conclusões finais foram possíveis a partir do momento pelo qual foram atingidos todos os objetivos do trabalho.

5.2 Recomendações

Dessa maneira, com base nesse estudo realizado, observou-se a possibilidade que vários estudos ainda podem ser feitos nessa vertente, de modo a enriquecer o conhecimento sobre Engenharia de Confiabilidade e o cada vez mais presente aporte da tecnologia da informação.

Assim, sugere-se os seguintes trabalhos futuros:

- Estudo para aumento da disponibilidade física dos equipamentos de uma empresa do setor mineiro-metalúrgico com aporte da TI;
- Estudo de aplicação de programa *Six Sigma* para redução de falhas em perfuratrizes percusso-rotativas para perfuração em desmonte de mina;
- Aplicação do *Lean Manufacturing* com auxílio de gestão via-web no processo de laminação de rolos em uma empresa do ramo siderúrgico.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABRAMAN, **Associação Brasileira de Manutenção**. Disponível em: <www.abraman.org.br>. Acesso em 14 de maio de 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ATLAS COPCO, Revista Mining and Construction: **Escavação mecanizada de rocha com a Atlas Copco nº 2**. Disponível em: <http://www.atlascopco.com/microsites/images/mc_2-05_prt_tcm421--820920.pdf> Acesso em 8 fevereiro de 2015.

ATLAS COPCO: **Perforadora de roca hidráulica**, 2015. Disponível em: <http://www.podshop.se/Content/10/opensearchresult.aspx?file=3390%200678%2005_L.pdf> Acesso em 8 fevereiro de 2017.

ATLAS COPCO: **ROC L6(25) / L6(30) / L8(25) / L8(30), Instrucciones de funcionamiento**. Örebro, 2008.

BERGAMO FILHO, Valentino. **Confiabilidade Básica e Prática**. São Paulo: Edgar Blücher, 1997. 108p.

BLOCH, P.; GEITNER, K. **Machinery Component Maintenance and Repair: practical machinery management for process plants**. 3ª. ed. Burlington: Elsevier Inc., v.3, 2005.

BRANCO FILHO, GIL.: **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção** Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2008.

CUNHA, Bruno G.; PORTO, Leonardo B.; CUNHA, Dilmar G. **Estudo de caso: manutenção inteligente no Serpro - implantação piloto do RME-Web para gestão do conhecimento das técnicas de manutenção**. Artigo técnico apresentado no 30º Congresso Brasileiro da ABRAMAN 2015 - Campinas – SP.

DATE, J. C., **Introdução a Sistemas de Bancos de Dados**, tradução da 7a. edição americana, Rio de Janeiro. Campus, 2000.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Dicionário Aurélio da língua portuguesa**. 5ª Edição. Curitiba: Positivo, 2004.

FERREIRA, Leandro Assis: **Escavação e exploração de minas a céu aberto**, 2010. (Trabalho Final de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil).

FIRMINO, P. R. A. *et al.*: **Diagramas espirais, método auxiliar para a resolução ótima de árvores de falhas**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXIV, 2004, Florianópolis. Anais...Porto alegre: ABEPRO, 2004.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, José Luis Duarte. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. 1. ed. São Paulo: Campus-Elsevier, 2009, 288 p.

FOINA, Paulo Rogério. **Tecnologia de informação: planejamento e gestão**. São Paulo: Atlas, 2001.

FREITAS, M. A. e COLOSIMO, E. A.: **Confiabilidade: Análise do tempo de falha e Testes de Vida Acelerados**. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 308p (Série Ferramentas da Qualidade, v. 12), 1997.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GUTIÉRREZ, A. M. **Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios: enfoque sistémico kantiano**. 1ª. ed. Colômbia: AMG, 2005.

IRAMINA, W. S.; TACHIBANA, I. K.; SILVA, L. M.; ESTON, S. M.: **Revista Escola de Minas**, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/img/revistas/rem/v62n4/a14_fig2.jpg> Acesso em: 8 de fevereiro de 2017.

KARDEC, Alan Pinto; NASCIF, Júlio de Aquino Xavier. **Manutenção: Função Estratégica**, Rio de Janeiro, Qualitymark Editora Ltda, 2009.

KELLY, A. **Maintenance Systems and Documentation**. 1. ed. USA: Elsevier, 2006.

KENN, Peter G. W. **Guia Gerencial para a tecnologia da informação: Conceitos essenciais e terminologia para empresas e gerentes**. Rio de Janeiro: Campus, 1996.

LAIRAIA, J. R. B. **“Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade”**. Qualitymark, 2001.

LAKATOS, E. M. & MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LAKATOS, E. M. & MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2006.

MARÇAL, R. F. **Gestão da Manutenção**. Ponta Grossa: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP). Notas de aula, 2004.

MÁRQUEZ, A. C.; LÉON, P. M.; FERNÁNDEZ, J. F. G.; MÁRQUEZ, C. P.; CAMPOS, M. L. **The maintenance management framework. A practical view to maintenance management**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, v. 15, n. 2, p. 167-178, 2009.

MARTINS, J. C.; SELITTO, M. A.: **Análise da estratégia de manutenção de uma concessionária de energia elétrica com base em estudos de confiabilidade**. Fortaleza, 2006. (Artigo apresentado no XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção).

MATHEW, S. **Optimal inspection frequency: a tool for maintenance planning/forecasting**. In: International Journal of Quality & Reliability Management.v. 21, n. 7. Bradford: Emerald Group, 2004.

MEDEIROS, João Bosco. **Redação Científica - A Prática de Fichamentos, Resumos, Resenhas - 11ª Ed.** 2009.

MENDES, A. A. (2011). **Manutenção Centrada em Confiabilidade: uma Abordagem Quantitativa**. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2011.

MORAES, Paulo H. A. **MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL: estudo de caso em uma empresa automobilística**. 2004.

MOREIRA, J.C. “**Aplicação do Método RCM às linhas de muito alta tensão da REN**”. Dissertação de Mestrado em Manutenção Industrial, Universidade do Porto – Portugal, 2005.

MORESI, Eduardo. **Metodologia da Pesquisa**, 2003 (Programa de Pós- Graduação stricto Sensu em Gestão do Conhecimento e Tecnologia da Informação).

MOUBRAY, Johan. **Manutenção Centrada em Confiabilidade in Reliability-Cetred Maintenance**. United Kingdom: Aladon Ltd, 2000.

MOUBRAY, J. **Reliability-centered maintenance: second edition**. 2^a. ed. New York: Industrial Press Inc., 1997.

NIU, G., YANG, B., PECHT, M. **Development of an optimized condition-based maintenance system by data fusion and reliability-centered maintenance**. Reliability Engineering and System Safety, v. 95, n. 7, p. 786-796, 2010.

RELIASOFT BRASIL. **Weibull ++: Software para análise de dados de vida**. Disponível em: < http://www.reliasoft.com/Weibull/figs/fig_interface.htm > Acesso em 20 de março de 2017.

ROCHA, Hugo Leonardo Ramos. **Estudo da Aplicação da Manutenção Centrada na Confiabilidade: O Caso de uma Empresa no Setor Siderúrgico**. 2014. Monografia. (Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Ouro Preto.

ROMERO, C. M. (2011). **Análise Estatística e Avaliativa do Processo de Manutenção Mecânica em uma Empresa de Transporte Público por Ônibus**. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção), Universidade Estadual do Norte Fluminense. Campos do Goytacazes. 2011.

SCAPIN, C. A. **Análise Sistêmica de Falhas**, INDG Tecnologia e Serviços LTDA, 2007.

SILBERSCHATZ, Abraham, KORTH, Henry F., SUDARSHAN S. **Sistema de Banco de Dados**, 3a. edição, São Paulo. MAKRON Books Ltda, 1999.

SILVA, João Esmeraldo. **Um modelo de programa de Desenvolvimento de Fornecedores em Redes de Empresas**, 2004 (Tese submetida ao Programa de Pós-

Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Doutor em Engenharia de Produção).

SILVA, E. L., MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000, 118p.

SIQUEIRA, Y. P. D. S. **Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implantação**. 1ª (Reimpressão). ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

SIMCSIK, Tibor. **OSM: organização, sistemas e métodos**. São Paulo: Futura, 2002.

SIMONETTI, M. J.; SOUZA, A. L.; SILVEIRA, L. S. F.; ARRUDA, J. P. S.: **A importância da engenharia da confiabilidade e os conceitos básicos de distribuição de weibull**. Sapere, volume 1, Nº 1, julho a dezembro de 2009.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SLIDEPLAYER: **Conceptos de confiabilidad**, 2006. Disponível em: < <http://slideplayer.es/slide/1052654/> > Acesso em 16 de março de 2017.

SRIKRISHNA, S.; YADAVA, G. S.; RAO, P. N. **Reability-sentered maintenance applied to Power plant auxiliaries**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, United Kingdom, v. 2 N. 1, p. 3-14, 1996.

TADACHI, N.T., e FLORES, M.C.X. **Indicadores da Qualidade e do Desempenho**. 1ª.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

TRINDADE, Bárbara Silva: **Estudo de confiabilidade aplicado à manutenção de perfuratrizes de pequeno porte: o caso de uma empresa de mineração**, 2015. (Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Ouro Preto.

TRUCK CRANES. **Truck Cranes – Equipamentos Industriais, 2017**. Disponível em: < <http://www.truckcranes.com.br/imagens-yaslip/informacoes/ponte-rolante-05.jpg> > Acesso em 22 de janeiro de 2017.