



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE
SERGIPE – FANESE
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

MÁRCIO ANDRÉ SILVA JESUS

**ESTUDO DE VIABILIDADE NA IMPLANTAÇÃO DE UM
PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA NAS SONDAS DE
PRODUÇÃO TERRESTRE**

Aracaju - Sergipe

2017.2

MÁRCIO ANDRÉ SILVA JESUS

**ESTUDO DE VIABILIDADE NA IMPLANTAÇÃO DE UM
PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA NAS SONDAS DE
PRODUÇÃO TERRESTRE**

Monografia apresentada a Faculdade de Administração e Negócios – FANESE, como requisito parcial e elemento obrigatório para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção, no período de 2017.2.

Orientador: Prof. Dr. Luis Anderson Ribeiro Leite

Aracaju – Sergipe

2017.2

MÁRCIO ANDRÉ SILVA JESUS

ESTUDO DE VIABILIDADE NA IMPLANTAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO
PREVENTIVA NAS SONDAS DE PRODUÇÃO TERRESTRE

Monografia apresentado à Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe do curso de Engenharia de Produção da FANESE, em cumprimento da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso elemento obrigatório para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção, no período de 2017.2.

Aprovado em 04 / 12 / 2017

BANCA EXAMINADORA

Luis Anderson Ribeiro Leite

Prof. Dr. Luis Anderson Ribeiro Leite

Leila Medeiros Santos

Prof. Dr. Leila Medeiros Santos

1º Examinadora

Bento Francisco dos Santos Júnior

Prof. MSc. Bento Francisco dos Santos Júnior

2º Examinador

J58e

JESUS, Márcio André Silva.

Estudo De Viabilidade Na Implantação De Um Plano De Manutenção Preventiva Nas Sondas De Produção Terrestre / Márcio André Silva Jesus, 2017. 55 f.

Monografia (Graduação) – Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe. Coordenação de Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Esp. Luiz Ricardo Mariano

1. Falha 2. Organização 3. Planejamento 4. Viabilidade I.
TÍTULO.

CDU 658.58(813.7)

Dedico este trabalho aos meus pais,
irmãos, filhos e a minha amada
esposa!

AGRADECIMENTOS

- Agradeço a Deus, pela oportunidade de estar realizando mais um sonho.
- Agradeço a meus pais Pedro Joaquim de Jesus (*in memoriam*) e a Maria do Carmo por me darem educação e princípios para saber lidar com as adversidades deste mundo dinâmico. Aos meus irmãos Alessandro, Vivian e Lennon e aos meus amigos pelos momentos de alegria e por todo incentivo.
- Agradeço a minha Sogra – Geralda e ao meu Sogro – João Fernando, pelo incentivo e pela força nas minhas dificuldades nesta jornada, me apoiando na conquista de mais um passo alcançado.
- Aos meus amigos de trabalho e aos queridos mestres, peças essenciais na conquista dessa vitória.
- Agradeço em especial, a minha grande Esposa – Jaqueline e aos meus filhos Gabriel e Lara Beatriz por me apoiarem todos estes anos nessa jornada.
- Muito obrigado!

RESUMO

A manutenção, hoje, possui um papel estratégico dentro das empresas, onde o planejamento, a organização e o controle proporcionam a garantia de um processo eficiente e eficaz, evitando a ocorrência de falhas que prejudicam a qualidade do produto e serviço prestados. Uma das grandes preocupações da Estre Petróleo, Gás e Energia Ltda é o acompanhamento do nível de falhas na prestação de serviços técnicos nos poços de petróleo. Em busca de um melhor desempenho da área de manutenção. O objetivo do presente estudo é verificar a viabilidade na implementação do plano de manutenção preventiva nas sondas de produção terrestre na empresa, desta forma contribuindo para restabelecer o processo produtivo no menor tempo possível e assim contribuir com o resultado. Por meio da aplicação da ferramenta Análise do Modo e Efeito de Falha, FMEA foram analisadas possíveis falhas e suas causas fornecendo informações para formulação de ações que possam contribuir positivamente para melhoria no desempenho da área de manutenção.

PALAVRAS-CHAVE: Falha. Organização. Planejamento. Viabilidade.

ABSTRACT

Maintenance today has a strategic role within companies, where planning, organization and control provide the guarantee of an efficient and effective process, avoiding the occurrence of failures that hinder the quality of the product and service provided. One of the main concerns of Estre Petróleo, Gás e Energia Ltda. Is the monitoring of the level of failures in the provision of technical services in the oil wells. In search of a better performance of the maintenance area. The objective of the present study was to verify the feasibility of implementing the preventive maintenance plan in the terrestrial production probes in the company, thus contributing to reestablish the production process in the shortest time possible and thus contribute to the result. Through the application of the Failure Mode and Effect Analysis tool, FMEA analyzed possible faults and their causes, providing information for the formulation of actions that could contribute positively to improvement in the performance of the maintenance area.

keywords: Failure. Organization. Planning. Viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Evolução da Manutenção	19
Figura 02 – Fluxograma da manutenção corretiva ESTRE	39
Figura 03 – Fluxograma da manutenção preventiva ESTRE.....	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Formulário FMEA	26
Quadro 02 – Severidade do Efeito de Falha	28
Quadro 03 – Ocorrência do Modo de Falhas	29
Quadro 04 – Detecção de Modos de Falhas	30
Quadro 05 – Variáveis e indicadores da pesquisa	37
Quadro 06 – Ordens de Serviço exercício janeiro de 2011	49
Quadro 07 – Tempo médio de parada por componente	50
Quadro 08 – Análise dos modos e efeitos de falha	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Quantidades de falhas das SPT's 2011	43
Tabela 02 – Principais componentes com falhas	44
Tabela 03 – Estratificação dos principais componentes falhos.....	45
Tabela 04 – Falhas x tempo de sonda parada	46
Tabela 05 – Tempo médio de paradas por componente em horas 2011.....	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Manutenção corretiva no ano 2011.....	43
Gráfico 02 – Falhas por componentes em 2011.....	45
Gráfico 03 – Principais componentes falhos	46
Gráfico 04 – Tempo de sonda parada	47

SUMÁRIO

RESUMO

LISTA DE QUADROS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE GRÁFICOS

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Situação problema	15
1.2 Objetivos	15
1.2.1 Objetivo geral	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 Justificativa	16
 2. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	 17
 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	 18
3.1 Definições da Manutenção.....	18
3.2 Evolução da Manutenção	19
3.3 Tipos de Manutenção.....	20
3.3.1 Manutenção Corretiva não Planejada	20
3.3.2 Manutenção Corretiva Planejada.....	21
3.3.3 Manutenção Preventiva.....	21
3.3.4 Manutenção Preditiva	22
3.3.5 Manutenção Detectiva	22
3.3.6 Engenharia da Manutenção	23
3.4 Falhas nos Equipamentos.....	23
3.4.1 Conceitos de Falha	23
3.4.2 A Causa das Falhas	24
3.5 Ferramentas para Aumento da Confiabilidade	24
3.5.1 Análise do Modo e Efeito de Falha (FMEA)	25
3.5.2 Uma visão Geral da FMEA	26

3.5.2.1 Índice de Severidade.....	28
3.5.2.2 Índice de Ocorrência	29
3.5.2.3 Índice de Detecção.....	30
3.6 Estratificação	31
3.7 Gráfico de Pareto.....	31
3.8 Braisntorming.....	32
4 METODOLOGIA	33
4.1 Abordagem metodológica	33
4.2 Caracterização da Pesquisa	34
4.2.1 Quanto aos objetivos ou fins	34
4.2.2 Quanto ao objeto ou meios	35
4.2.3 Quanto ao tratamento dos dados	35
4.3 Instrumentos de pesquisa	36
4.4 Unidade, universo e amostra da pesquisa	36
4.5 Definição das variáveis e indicadores da pesquisa	37
4.6 Plano de registro e análise dos dados	37
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS	39
5.1 Manutenções das SPT	39
5.1.1 Manutenção corretiva planejada	41
5.1.2 Manutenção corretiva não programada	41
5.1.3 Manutenções preventivas	41
5.2 Mapeamento das falhas pelo método FMEA	42
5.3 Aplicação do Método FMEA	47
6. SUGESTÕES	53
7. CONCLUSÃO.....	55
REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

O processo industrial, no Brasil e no mundo foi otimizado nos últimos setenta anos, com ajuda da modernização e da tecnologia, o que incentiva as empresas a investirem para alcançar serviços ou produtos de excelência.

Quando se menciona a indústria, é fato que maquinário e manutenção estão inseridos no mesmo contexto. O setor de manutenção atua como um dos elementos fundamentais para a garantia da qualidade, da confiabilidade e da competitividade da empresa num mercado que está a cada dia mais globalizado.

Segundo Kardec; Nascif (2012, p. 01), com o aumento, bastante rápido, no processo industrial, em meio a projetos muito mais complexos, aumento de instrumentação, automação, monitoramento entre outras, cada vez mais estão sendo exigidas novas atitudes e habilidades dos profissionais de manutenção, em todas os níveis hierárquicos desde gerentes, passando pelos engenheiros e supervisores, até chegar ao executante.

Diante de tantos fatores a serem considerados no processo industrial a manutenção desempenha um papel de destaque, pois, quando é feita preventivamente ou preditivamente, diminui os riscos de interrupção da produção, aumentando a produtividade e, conseqüentemente, a lucratividade da empresa.

Segundo Xenos (2014, p. 20), “[...]a manutenção existe para evitar a degradação dos equipamentos[...]” ou seja, reduzir falhas ou queda de desempenho, obedecendo a um planejamento baseado em períodos estabelecidos de tempo. Com isso, tem como objetivo garantir bons resultados na produção e evitar custo maior com a quebra de equipamentos, o que gera redução na produtividade, tornando a escolha desse método de grande importância para empresas de qualquer porte.

Atualmente, as empresas estão tomando novas posturas, com crescente conscientização de que uma falha no equipamento pode afetar a segurança, o meio ambiente e implicar no resultados final das empresa. Essas alterações estão mais existentes quanto as novas posturas de manutenção e qualidade final do produto, ao mesmo tempo que se busca cada vez mais otimização dos custos.

Neste trabalho, é apresentado um estudo de caso da aplicação da manutenção preventiva por análise de falha (FMEA) nas sondas de produção terrestre da Estre Petróleo Gás e Energia no estado de Sergipe.

1.1 Situação problema

A Estre, empresa prestadora de serviços da Petrobrás, é responsável pelo suporte técnico às sondas de produção terrestre (SPT) do campo de Carmópolis no estado de Sergipe. Os equipamentos da sonda de produção terrestre funcionam 24 horas por dia sendo que durante alguns momentos ocorria a necessidade de se parar a sonda para efetuar a manutenção. Apesar disto, os mesmos sofriam intervenções apenas de manutenção preventivas para troca de óleo, filtro e lubrificação e nas ações corretivas de emergência, o que levava a interrupções não planejadas e custos altíssimos na produção.

Diante deste quadro, aparece a seguinte questão: **o que fazer para promover uma maior disponibilidade dos equipamentos e redução dos custos de manutenção das SPT's?**

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Verificar a viabilidade da implementação do plano de manutenção preventiva nas sondas de produção terrestre.

1.2.2 Objetivos específicos

- Descrever os tipos de manutenção atuais da empresa;
- Mapear as falhas dos principais componentes pelo método FMEA, a partir das informações extraídas das ordens de serviços;
- Aplicar o método de análise de falhas visando à melhoria dos serviços de

manutenção preventiva em sondas terrestres numa empresa do segmento de petróleo e gás.

1.3 Justificativa

Os avanços da engenharia têm gerado notáveis destaques nas atividades de manutenção, devido a sua aplicação estratégica e os bons resultados que sua metodologia agrega, desta forma o presente estudo se mostra de relevante importância para o tema em questão, assim como servira de base em futuros estudos na área.

O estudo de caso se baseia na necessidade com relação ao aumento da disponibilidade das sondas de produção terrestre da Estre Petróleo Gás e Energia, deve-se ter uma atenção redobrada nas manutenções realizadas, já que um dos pontos críticos é a falta de peças no mercado para reparo. O programa de manutenção preventiva é uma ferramenta extremamente eficiente, pois permite antecipar os possíveis problemas decorrentes dos desgastes dos equipamentos.

A escolha da temática proposta nessa pesquisa aconteceu pelo fato do autor ter experiência profissional de 12 anos no ramo de sondagem, e optamos pela Estre Petróleo como cenário de estudo em função do autor ter sido funcionário da referida empresa no período de 2010 a 2015, encarregado de sonda de produção.

Ao adotar esta estratégia foi proporcionado um aumento de credibilidade por parte da contratante, pois o intuito principal é fazer com que as sondas fiquem inativas o menor tempo possível, melhorando a qualidade dos serviços prestados.

2 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A Estre Petróleo, Gás e Energia Ltda. concentra suas atividades na prestação de serviços de produção na extração de poços de petróleo e gás, a primeira SPT iniciou suas atividades no Brasil com sua sede localizada na Avenida Otavio Acioli Sobral, n.º 1510, centro Carmópolis no estado de Sergipe, em setembro de 2008, através de um contrato firmado com a Estatal Petrobrás – principal cliente da Estre Petróleo neste segmento, com contrato de 3 sondas novas próprias e 9 sondas antigas da Petrobras totalizado uma mão de obra de 400 funcionários só no estado de Sergipe.

Em relação a outros prestadores de serviços como Braserv, Epercon, San Antônio, a Estre se destaca pela qualidade dos equipamentos de suas sondas próprias e na experiência de boa parte de sua equipe para prestação de serviço de mão de obra nas sondas própria da Petrobrás. As sondas da Estre bem como os equipamentos de solo, foram adquiridas dos maiores e mais tradicionais fabricantes dos Estados Unidos. Atualmente a empresa mantém bases operacionais em Mossoró (RN), Entre Rios (BA) e Carmópolis (SE).

Sua matriz fica no Rio de Janeiro (RJ). Os conceitos de sustentabilidade e de proteção ao meio ambiente praticados pelo Grupo Estre Ambiental, do qual a Estre Petróleo Gás e Energia faz parte, estão totalmente alinhados com as exigências de Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS), que são estratégicas e tão importantes nos critérios de avaliação quanto à atividade de extração das empresas contratadas pela Petrobras.

Nas atividades de manutenção e recuperação de poços antigos, a preocupação da empresa com os impactos ambientais da operação se manifesta nos esforços para recuperação e reutilização de materiais existentes, dando a destinação ambientalmente correta.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, serão apresentados os aspectos teóricos e conceituais que deram suporte ao desenvolvimento deste trabalho acadêmico. Os conteúdos que são expostos representam elementos importantes e úteis para a etapa de metodologia e análise de resultados.

3.1 Definições da Manutenção

Ferreira (2012, p. 487), define a manutenção como “[...] as medidas necessárias para a conservação ou a permanência de algumas coisas ou de uma situação ou ainda com os cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de motores e máquinas.” Além disso, o termo pode estar relacionado com conservações periódicas com o intuito de reparar algo que não está funcionando corretamente para que a mesma volte a desenvolver sua função inicial de trabalho.

Para Kardec; Nascif (2012, p. 23), manutenção é “[...] ato ou efeito de garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, com a confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custo adequado.” Seja ele ocasionado pelo desgaste natural das peças ou pelo mau uso, de forma a garantir o bom funcionamento do equipamento sem comprometer a produção.

Segundo Xenos (2014, p.24) a manutenção pode ser definida como as medidas necessárias para as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado na qual possa desempenhar uma função requerida. Essas alterações estão exigindo atitudes e agilidades cada vez mais dos profissionais de manutenção, desde a alta hierarquia com os gerentes, passando pelos engenheiros, supervisores e coordenadores, até chegar aos executantes de operação do equipamento final.

3.2 Evoluções da Manutenção

Segundo Kardec; Nascif (2009), a evolução da manutenção pode ser subdividida em quatro gerações:

- Primeira Geração: é marcada pela pouca mecanização industrial que durou até os anos 50;
- Segunda Geração: surgiu no período pós-guerra com o surgimento da manutenção preventiva;
- Terceira Geração: de 1970 a 2000 surgiu com a evolução da mecanização e entrada da automação na indústria;
- Quarta Geração: tornou-se mais evidente os aspectos de confiabilidade e disponibilidade entre as áreas de engenharia, manutenção e operação.

Na Figura 01, são apresentadas as características de cada geração da evolução da manutenção.

Figura 01 – Evolução da Manutenção

EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO				
	Primeira Geração	Segunda Geração	Terceira Geração	Quarta Geração
ANO	Até 1950	1950 a 1970	1970 a 2000	2000 aos dias atuais
Aumento das expectativas em relação à manutenção	- Conserto após a falha	- Disponibilidade crescente	- Maior confiabilidade - Maior disponibilidade - Melhor relação custo-benefício - Preservação do meio ambiente	- Maior confiabilidade - Maior disponibilidade - Preservação do meio ambiente - Segurança - Influir nos resultados do negócio - Gerenciar os ativos
Mudanças nas técnicas de Manutenção	- Habilidades voltadas para o reparo	- Planejamento manual da manutenção - Computadores grandes e lentos - Manutenção Preventiva (por tempo)	- Monitoramento da condição - Manutenção Preditiva - Análise de risco - Computadores pequenos e rápidos - Softwares potentes - Grupos de trabalho multidisciplinares - Projetos voltados para a confiabilidade	- Aumento da Manutenção Preditiva e Monitoramento da condição - Minimização nas Manutenções Preventivas e Corretiva não Planejada - Análise de Falhas - Técnicas de confiabilidade - Manutenibilidade - Engenharia de Manutenção - Projetos voltados para confiabilidade, manutenibilidade e Custo do Ciclo de Vida.

Fonte: Kardec; Nascif (2009, p. 05)

3.3 Tipos de Manutenção

Segundo Kardec; Nascif (2012, p.52), os tipos de manutenção existentes são caracterizados de acordo com a maneira pela qual é feita a intervenção nos equipamentos, sistemas ou instalações. Por isso, é importante uma caracterização mais objetiva dos diversos tipos de manutenção conforme descrito: manutenção corretiva não planejada, manutenção corretiva planejada, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva e engenharia da manutenção.

Para Xenos (2014, p. 23), atualmente existem várias ferramentas disponíveis e adotadas hoje que destaca o nome manutenção. É importante ressaltar que essas ferramentas não são novos tipos de manutenção, mas sim instrumentos que permite a aplicação dos seis tipos principais de manutenção que serão discriminadas a seguir.

3.3.1 Manutenção Corretiva não Planejada

Para Branco Filho (2016, p. 71), “[...] a manutenção corretiva não programada ou simplesmente emergencial [...]” é aquela manutenção que não pode ser adiada ou planejada, que acaba acarretando grandes prejuízos para a empresa, como interrupção da produção.

Conforme Viana (2009, p. 10), a manutenção corretiva não planejada é quando ocorre uma quebra inesperada de um determinado equipamento onde seria necessário o reparo imediatamente para evitar graves perdas nos instrumentos de produção, a integridade física do trabalhador ou do meio ambiente.

Diante disso Kardec; Nascif (2012, p. 55), normalmente, a manutenção corretiva não planejada implica num alto custo para a empresa, inclusive no que diz respeito aos equipamentos antigos, pois a quebra repentina destes equipamentos acaba interrompendo a produção por um longo período de tempo, em virtude da falta de componente sobressalente o que eleva bastante o custo indireto da manutenção.

3.3.2 Manutenção Corretiva Planejada

Branco Filho (2016, p. 70), descrevem que Manutenção Corretiva Planejada é aquela manutenção cuja falha ou quebra ocorre neste instante, mas que podemos fazer o reparo em outra ocasião.

De acordo com Kardec; Nascif (2012, p. 58) “[...] é a ação de correção do desempenho menor que o esperado baseando no acompanhamento dos parâmetros de condição e diagnóstico levados a efeito pela Preditiva, Detectiva ou Inspeção.” Para a gerência de uma empresa sem dúvida, a manutenção corretiva planejada é mais barata e mais segura do que a não planejada, pois nesse período é possível programar o melhor momento para efetuar o reparo do equipamento sem comprometer a interrupção da produção.

Conforme Viana (2009, p. 10), a decisão de adotar a manutenção corretiva planejada pode advir de vários fatores, tais como: aspectos relacionados à segurança, garantia de peças sobressalentes para execução do serviço e preparar o preposto necessário para execução da manutenção no menor tempo possível.

3.3.3 Manutenção Preventiva

Conforme Viana (2009, p. 11) “[...] podemos classificar como manutenção preventiva todo serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falha, estando com isto em condições operacionais ou em estado de zero de defeito [...]”, ou seja, toda programação de limpeza dos equipamentos, lubrificação, medições de vibração, folgas e ruídos em intervalos de tempo predeterminados.

Branco Filho (2016, p. 72) descreve que manutenção preventiva é todo e qualquer trabalho de manutenção realizado nos equipamentos que ainda esteja operando ou seja, que estão em condições de efetuar sua função mesmo com alguma deficiência ou defeito.

Para Xenos (2014, p. 25), a manutenção preventiva é o carro chefe da manutenção por meio de algumas tarefas, tais como inspeções periódicas, substituição de peças com desgastes, ou reparo de alguns dos componentes. Por essa política à manutenção preventiva se torna mais cara, pois as peças têm que ser trocadas antes de atingir o limite da sua vida útil. Por outro lado, é evidente a

diminuição de falhas, o que proporciona uma maior disponibilidade dos equipamentos e diminuição das manutenções corretivas não programadas.

3.3.4 Manutenção preditiva

Segundo Viana (2002, p.11), manutenção preditiva “[...] visa acompanhar a máquina ou as peças, por monitoramento, por mediações ou por controles estatísticos e tentam prever a proximidade das ocorrências das falhas [...]”, ou seja, permite prever quando um componente está próximo do fim da sua vida útil para efetuar a substituição sem causar grandes danos ou perda na produção.

Para Branco Filho (2016, p. 75), a manutenção preventiva é todo e qualquer trabalho que visa acompanhar e monitorar as condições operacionais de um equipamento através do acompanhamento dos seus parâmetros, ou seja, o defeito não torna o equipamento incapacitado para continuidade do serviço ainda que o mesmo continua com alguma deficiência.

Ainda segundo Branco Filho (2016, p. 75), reparos eventualmente detectados como necessários durante uma rotina de manutenção preventiva serão executados em Ordens de Serviços (OS) especialmente abertas para tal.

3.3.5 Manutenção Detectiva

Segundo Branco Filho (2016, p. 78), o termo manutenção Detectiva começou a ser referenciado nos anos 90. O objetivo desta manutenção é aumentar a confiabilidade dos equipamentos, de forma a detectar qualquer falha oculta.

Segundo Kardec; Nascif (2012, p. 65), a manutenção detectiva “[...] é a atuação efetuada em sistemas de proteção buscando detectar *falhas ocultas* ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção.” A identificação de falhas ocultas é primordial para garantir a confiabilidade. Em plantas complexas, essas ações só devem ser realizadas por pessoal da área de manutenção, com capacitação técnica e engenheiros.

De acordo com Costa (2013, p. 25) a manutenção detectiva “[...] é especialmente importante quando o nível de automação dentro das indústrias aumenta ou o processo é crítico e não suporta falha”.

3.3.6 Engenharia da Manutenção

Para Kardec; Nascif (2012, p. 67), a engenharia de manutenção é o suporte a uma nova concepção que constitui a quebra de paradigma na manutenção caracterizada pela redução de consertos, detectando assim as causas básicas, aperfeiçoando projetos além de auxiliar as empresas na compra de peças sobressalentes para os equipamentos.

A engenharia da manutenção tem uma grande importância como fator de desenvolvimento técnico-organizacional da manutenção industrial. Esta área tem como objetivo a promoção do progresso tecnológico da manutenção, através da aplicação de conhecimentos científicos e empíricos na solução de dificuldades encontradas nos processos e equipamentos (VIANA, 2002, p.82).

Ainda segundo Viana (2002, p.84) o corpo técnico da engenharia deverá ser responsável pela elaboração de cursos preparatórios, procedimentos operacionais e palestra para toda equipe, a fim de objetivar a qualificação profissional de todo o corpo técnico da empresa.

3.4 Falhas nos Equipamentos

O estudo de falhas nos equipamentos vem recebendo atenção especial para a maioria das empresas em virtude da complexidade cada vez maior dos equipamentos e plantas industriais. Entretanto, toda essa complexidade nos leva a procurar mecanismos que nos proporcione aumento da confiabilidade dos equipamentos.

3.4.1 Conceitos de Falha

Para Pereira (2011, p. 187), a falha possui duas linhas básicas de análise que pode ser através de falha por quebras de componentes ou subsistemas e falha por erro humano. Todas as pessoas que trabalham com manutenção de equipamentos, devem desenvolver suas capacidades de investigar as causas fundamentais através de percepções.

Falha é o término da capacidade de um item desempenhar a função requerida. É a diminuição total ou parcial da capacidade de uma peça, componente ou máquina de desempenhar a sua função, durante um período de tempo, quando o item será separado ou substituído (XENOS, 2014, p. 69).

Ainda segundo Pereira (2011, p. 187), a ocorrências de falhas vem sendo estudada com base científica desde a década de 60. A partir dos anos 80 passou-se a utilizar técnicas preventivas periódicas com frequências determinadas com o intuito de aumentar os índices de confiabilidade e disponibilidade.

3.4.2 A Causa das falhas

Segundo Xenos (2014, p. 75), “[...] as falhas nos equipamentos raramente têm uma única causa fundamental. Pelo contrário, as falhas são geralmente causadas pela interação de várias causas fundamentais menores.” Mediante isso, é de grande importância a investigação das causas das falhas através de análise multidimensionais.

Para Affonso (2005, p.188), as causas mais significativas para a ocorrência de falha em equipamentos são falhas de projeto, ou seja, falhas oriundas da existência de detalhes de projeto sujeito a problemas; imperfeições no material por meio de processamento durante a fabricação da matéria prima para a construção dos componentes; deficiência de fabricação através de falha no processamento do material durante a fabricação dos componentes ou dos equipamentos e por último erros de montagem ou de instalações que trata-se de erros frequentes, muitas vezes ligados a falhas operacionais.

Sempre que houver algo fora da normalidade, será necessário fazer uma análise mais criteriosa. Medidas corretivas, preventivas e melhorias podem ser algumas das soluções.

3.5 Ferramentas para Aumento da Confiabilidade

Confiabilidade, manutenibilidade, disponibilidade são palavras que fazem parte do cotidiano da manutenção. Conforme Kardec; Nascif (2012, p. 125), a missão da manutenção “[...] é garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalação de modo a atender a um processo de produção ou de serviço com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custo adequado”.

Para Kardec; Nascif (2012, p. 125) confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade são termos que fazem parte do dia a dia da manutenção. O termo *Confiabilidade* é descrito como sendo a probabilidade de um equipamento tem em desempenhar suas funções requeridas, por um espaço de tempo determinado sob condições definida de uso; *Disponibilidade* é a situação de que está disponível, ou seja, é a relação média entre o tempo em que o equipamento ficou disponível para produzir em relação ao tempo total; e por último a *Manutenibilidade* é conceituada

como sendo a característica de um equipamento permitir um maior ou menor grau de facilidade na execução de um serviço.

3.5.1 Análises do Modo e Efeito de Falha (FMEA)

A análise do Modo e Efeito de Falha (FMEA) segundo Palady (2011, p. 05), consiste numa técnica que oferece três funções distintas dentre elas estão sendo uma ferramenta para diagnóstico de problemas; e um procedimento para execução de projetos, ou serviços sejam eles novos ou usados e por fim um diário para o processo ou serviço a ser executado.

Para Fahor (2013, p. 01), refere-se à ferramenta FMEA como sendo uma técnica de engenharia bastante utilizada para identificar e reduzir as falhas conhecidas ou potenciais de um processo ou serviço antes que se atinja, a qualidade final do produto ou serviço.

Ainda segundo Palady (2011, p. 5), o FMEA consiste em uma das técnicas de baixo risco para prevenção de falhas e identificações da solução mais eficiente em termo de custo benefícios, ou seja, o FMEA oferece uma abordagem estruturada para avaliação, condução e atualização do desenvolvimento de projetos em toda a organização.

O conhecimento dos modos de falha é o requisito essencial para aplicação do FMEA. No conjunto de falhas, a falha humana tem destaque especial. A quase totalidade das falhas pode ser atribuída, de uma forma ou de outra, a fatores humanos (PATRÍCIO 2013, p.32).

De acordo com Viana (2009, p. 109), a implantação do FMEA possui quatros objetivos: identificar a ocorrência dos possíveis modos de falhas; conhecer os componentes do sistema, ou subsistema, que serão afetados por esses modos de falha; identificar os efeitos das falhas do sistema, ou subsistema em termos de danos físicos, segurança e qualidade final do produto e por último desenvolver ações para evitar a ocorrência da falha.

A seguir destacaremos uma visão geral da FMAE detalhando todos seus componentes bem com todos os índices estabelecido para cada falha.

3.5.2 Uma visão Geral da FMEA

Segundo Palady (2011, p. 05), o FMEA é um diário, uma ferramenta para prognóstico, é um procedimento que pode ser desenvolvido para todos os projetos, processos ou serviços novos e existentes.

Fahor (2013, p. 08), “[...] uma FMEA bem aplicado evita não conformidades e além de outras vantagens, proporciona melhorias no processo, garantindo a vantagem competitiva do produto devido a aumento da confiabilidade do item pelo cliente.”

Para Patrício (2013, p. 28), há vários formatos ou versões dos formulários do FMAE. Fica a cargo de cada empresa, reagrupar o formulário que mais se adequa a realidade da empresa. Porém, os dados principais são sempre os mesmos: nome do componente, função, modo de falha e efeitos, controles atuais, índices de severidade, detecção e riscos.

A FMEA é fundamental para a medida de risco das falhas. No Quadro 01 segue o formato do formulário FMAE da empresa em estudo. Este formulário contém todo o mapeamento das funções de modos, efeitos e causas de cada componente bem com os todos os índices estabelecido para cada falha que serão detalhados posteriormente.

Quadro 01 – Formulário FMEA

F.M.E.A. – ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DE FALHA									
CLIENTE ESTRE		APLICAÇÃO: CAMPO			MANUTENÇÃO				
DATA DA ÚLTIMA REVISÃO		PRODUTO: SONDA DE PRODUÇÃO							
		FALHAS POSSÍVEIS			ATUAL				
NOME DO COMPONENTE	FUNÇÃO	MODO	EFEITO	CAUSAS	CONTROLES ATUAIS	ÍNDICE			
						S	O	D	RISCO
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OCORRÊNCIA		GRAVIDADE		DETECÇÃO		RISCO			
IMPROVÁVEL 1	2 a 3	APENAS PERCEPTÍVEL 1	POUCO IMPORTÂNCIA 2 a 3	ALTA 1	MODERADA 2 a 5	BAIXO 1 a 5			
PEQUENA 4 a 6	7 a 8	MOD. GRAVE 4 a 6	GRAVE 7 a 8	PEQUENA 6 a 8	MUITO PEQUENA 9	MÉDIO 50 a 100			
MÉDIA 9 a 10	EXTR. GRAVE 9 a 10	IMPROVÁVEL 10				ALTO 100 a 200			
						MUITO ALTO 200 a 1000			

Fonte: Palady (2011, p. 245)

Para Kardec; Nascif (2012, p. 125), alguns dos principais conceitos necessários para análise serão descritos abaixo:

- Campo 1 – *Nome do componente* neste campo serão descritos o projeto, processo ou serviço;
- Campo 2 – *Função do componente*. Neste campo devemos descrever a função de forma sucinta através de uma linguagem direta para cada componente;
- Campo 3 – *Modo da falha*. Descrever como o projeto, processo ou serviço deixa de desempenhar definida no campo anterior;
- Campo 4 – *Efeito da falha*. É uma sequência adversa para o usuário. O que os clientes sentem quando a falha afeta o desempenho do sistema;
- Campo 5 – *Causa da falha*. Neste campo deverá ser descrito todas as causas ou razões possíveis que poderiam resultar nesse modo de falha;
- Campo 6 – *Controles atuais*. Medidas de controle existentes implementadas durante a elaboração do projeto;
- Campo 7 – *Índice de ocorrência*. Estima com que frequência o modo de falha ocorrerá;
- Campo 8 – *Índice de severidade*. Avalia a gravidade do efeito da falha;
- Campo 9 – *Índice de detecção*. Determina a probabilidade de detectar o modo de falha antes que aconteça;
- Campo 10 – *Índice de risco*. É o resultado do produto da frequência pela gravidade da falha pela detectabilidade (facilidade de detecção). Este índice da prioridade de risco da falha.

A FMEA localiza falhas potenciais e suas principais causas. Desse modo, as ações necessárias podem ser tomadas com vista a evitar problemas futuros e prejuízo antes que elas aconteçam. Em seguida serão descritos os quadros para análise dos índices de severidade, ocorrência e detecção.

3.5.2.1 Índices de severidade

É o critério utilizado para avaliar a severidade do efeito da falha. O Quadro 02 mostra as Descrições de Escala de Falha e o Grau do mesmo. Essa avaliação de severidade é normalmente medida em uma escala de 1 a 10, em que o número 1 indica o menor efeito e quando se aproxima do número 10 reflete os piores resultados do modo de falha, essa informação deve ser inserida no campo 8 do Quadro 02 segundo Palady (2011, p. 61).

Quadro 02 – Severidade do Efeito de Falha

DESCRIÇÃO DA ESCALA DE SEVERIDADE	GRAU
Efeito não percebido pelo cliente.	1
Efeito bastante insignificante.	2
Efeito insignificante, que perturba o cliente, mas não faz com que procure o serviço.	3
Efeito bastante insignificante, mas perturba o cliente, fazendo com que procure o serviço.	4
Efeito menor, inconveniente para o cliente; Entretanto, não faz com que o cliente procure o serviço.	5
Efeito menor, inconveniente para o cliente, fazendo com que o cliente procure o serviço.	6
Efeito moderado, que prejudica o desempenho do projeto levando a uma falha grave ou a uma falha que pode impedir a execução das funções do projeto.	7
Efeito significativo, resultando em falha grave; Entretanto, não coloca a segurança do cliente em risco e não resulta em custo significativo da falha.	8
Efeito crítico que provoca a insatisfação do cliente, interrompem as funções do projeto, gera custo significativo da falha e impõe um leve risco de segurança (não ameaça a vida nem provoca incapacidade permanente) ao cliente.	9
Perigoso, ameaça a vida ou pode provocar incapacidade permanente ou outro curso significativo da falha que coloca em risco a continuidade operacional da organização.	10

Fonte: Palady (2011, p. 61)

Para Palady (2011, p. 61) as definições adequadas aos números na *Escala de Severidades* que surge no Quadro 02 acima são exemplos que podem ou

não ser aplicados nas empresas. As definições nessa escala devem refletir a natureza dos equipamentos das sondas de produção terrestre. Sugere-se que esse exemplo sirva como guia para o desenvolvimento de uma Escala de Severidade específica à organização da empresa.

3.5.2.2 Índices de ocorrência

Para Palady (2011, p.70), o índice está relacionado com as razões que possibilitam a ocorrência de falha nesse projeto, processo ou serviço em função do tempo de funcionamento.

Ainda segundo Palady (2011, p. 71), a probabilidade de ocorrência de falhas tem um significado mais importante que apenas a simples verificação da quantidade de ocorrências. A única forma de reduzir efetivamente este índice é através da remoção ou controle de um ou mais mecanismos de falha através de uma alteração no projeto. Esta informação deve ser inserida no campo 7 do formulário FMEA detalhando o grau de ocorrência conforme está descrito no Quadro 03.

Quadro 03 – Ocorrência do Modo de Falha

ESCALA DE AVALIAÇÃO DE OCORRÊNCIA	PERCENTUAL	GRAU
Extremamente remoto, altamente improvável	Menos de 0,01%	1
Remoto, improvável	0,011 – 0,20%	2
Pequena chance de ocorrência	0,210 – 0,60%	3
Pequeno número de ocorrências	0,610 - 2%	4
Espera-se um número ocasional de falhas	2,001 – 5,00%	5
Ocorrência moderada	5,001 – 10,00%	6
Ocorrência frequente	10,001 – 15,00%	7
Ocorrência elevada.	15,001 – 20,00%	8
Ocorrência muito elevada	20,001 – 25,00	9
Ocorrência certa	Mais de 25%	10

Fonte: Palady (2011 p.75)

De acordo com Fahor (2013, p. 38) essa escala de ocorrência que aparece no Quadro 03 acima, é extremamente genérica, e pode representar uma limitação no desenvolvimento eficaz e eficiente. As fórmulas para calcular esses índices, quanto menor for a escala de avaliação de ocorrência menor será percentual em uma escala que varia de 1 até 10.

3.5.2.3 Índices de detecção

Segundo Palady (2011, p. 80), a escala de graduação de detecção, que aparece no Quadro 04 é um exemplo de escala encontrada nos procedimentos internos de FMEA de algumas organizações. Como ilustra o Quadro 04, um valor muito baixo na escala sugere que esse modo de falha ou suas causas certamente serão detectados antes de chegarem à operação seguinte, onde o problema foi iniciado. O valor mais alto na escala de dez, sugere que quanto mais alto o valor, maior será o custo da falha em virtude da demora da detecção.

Quadro 04 – Detecção de Modos de Falhas

ESCALA DE DETECÇÃO	GRAU
É quase certo que será detectado	1
Probabilidade muito alta de detecção	2
Alta probabilidade de detecção	3
Chance moderada de detecção	4
Chance média de detecção	5
Alguma probabilidade de detecção	6
Baixa probabilidade de detecção	7
Probabilidade muito baixa de detecção	8
Probabilidade remota de detecção	9
Detecção quase impossível	10

Fonte: Palady (2011, p.81)

Após o preenchimento de todos os campos do Quadro 01 será necessário calcular o risco, multiplicando os valores dos quadros de ocorrência, de severidade e detecção, onde o resultado final será considerado o grau de risco por componente, ou seja, quanto maior for o índice de risco, maior será, a atenção necessária para medidas de bloqueio para as falhas. Por sua vez, essas mesmas causas, devem ser combatidas com urgência logo após o levantamento e aplicação da FMEA.

Sendo assim, é muito claro constatar a necessidade de um plano de manutenção que acompanhe a vida útil do equipamento, adiando e até mesmo minimizando sua falha.

3.6 Estratificações

Segundo Werkema (2014, p. 54), estratificação “[...] consiste na divisão de um determinado grupo em diversos subgrupos de acordo com os fatores desejados.” Alguns exemplos de fatores de estratificação são: por tempo, componente, local, tipo, mês, dia, ano etc.

Para Pereira (2011, p.192), está relacionado com a forma de agrupar dados com objetivos comuns de forma a encontrar padrões e verificar as causas sobre os efeitos estudados e assim determinar o problema. Portanto, quando os dados são estratificados de forma a serem os fatores que são causadores das variações, as causas das variações tornam-se mais facilmente detectáveis.

3.7 Gráficos de Pareto

Segundo Campos (1992, p.199), o gráfico de Pareto constitui-se de um gráfico de barras verticais, feito a partir de um processo de coleta de dados que ordena as frequências das ocorrências de uma determinada característica a ser medida da maior para a menor, da esquerda para direita, além de priorizar os problemas ou causas relativas a um determinado tema.

Para Pereira (2011, p.191), o gráfico de Pareto “[...] tem como base demonstrar que a maior parte de um resultado é devida a uma parcela mínima de fatores, dentre muitos que o influenciam [...]”, ou seja, procura reagrupar as causas básicas que levam a um modo de falha de forma a facilitar as interpretações durante a sua visualização. O Gráfico de Pareto é uma ferramenta bastante eficaz, através

da qual é possível identificar pequenos problemas que, na maioria das vezes, é de suma importância e que causam grandes prejuízos.

3.8. Brainstorming

De acordo com Pereira (2011, p.193), brainstorming é uma técnica usada para gerar ideias aleatórias através de trabalho de grupo, conhecido também com “chuva de ideias.”

Para Costa (1992, p.20), esta técnica foi desenvolvida por Osborn em 1938, tem origem do *inglês*, formada pela junção de *brain*, que se traduz como cérebro e *storm*, que pode ser traduzida com *tempestade*.

É possível conseguir mais de 100 ideias em uma sessão de uma a duas horas. As ideias iniciais geralmente são as mais óbvias e aquelas melhores as mais criativas costumam aparecer na parte final da sessão (BAXTER 2008, p.68).

Ainda segundo Costa (1992, p.20), Brainstorming é usado para estimular um grande número de ideias em pequeno período de tempo.

4 METODOLOGIA

De acordo com Lakatos; Marconi (2009, p. 83), a metodologia é o conjunto das atividades sistemáticas que auxiliam a resolução dos problemas, com maior segurança e economia, após discussão e análises de dados coletados.

Na metodologia são utilizadas ferramentas como técnicas, instrumento, métodos e procedimentos que auxiliam a resolução dos problemas, ou seja, que foram indicados após discussões e análise de dados coletados dos entrevistados, baseado em citações de vários autores que foram pontados no andamento do relatório. (UBIRAJARA, 2014, p. 125).

Gil (2008, p.8), define a metodologia como sendo uma ciência que tem como objetivo a chegada da veracidade dos fatos. Sem distinguir nenhuma outra forma de conhecimento.

4.1 Abordagem Metodológica

Para Lakatos; Marconi (2009, p. 106), descreve os métodos de abordagens como sendo método *dedutivo*, método *indutivo*, método *hipotético-dedutivo* e método *dialético*.

Segundo Gil (2002, p.10) o método dedutivo consiste numa edificação lógica que, a partir de duas ou mais premissas, acaba criando assim uma terceira, denominada conclusão.

Já no método indutivo, Lakatos; Marconi (2003, p.106), “[...] descreve qu a aproximação dos fenômenos caminha geralmente para planos cada vez mais abrangentes, indo das constatações mais particulares as leis teóricas.”

De acordo com Santos (2005, p.17), o método hipotético-dedutivo consiste na lógica da investigação científica, ou seja, goza de notáveis aceitações, sobretudo no campo das ciências naturais. Entretanto a utilização desse método mostra-se bastante criticado, pois nem sempre podem ser reduzidas consequências observadas das hipóteses.

Ainda segundo Gil (2002, p.13), o método dialético é bastante antigo vem desde a Idade Média. Segundo a lógica sugere uma trajetória dialética, nas quais as contradições se transcendem, mas dão origem a novas contradições que passa requerer solução.

A abordagem metodológica descrita neste trabalho está classificada como um estudo de caso e foi aprimorada pela empresa Estre Petróleo Gás e Energia Ltda.

4.2 Caracterização da Pesquisa

De acordo com Ubirajara (2014, p.126), uma pesquisa pode ser caracterizada quanto aos fins ou quanto ao meio utilizando a abordagem dos dados coletados com o objetivo descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos.

4.2.1 Quanto aos objetivos ou fins

Segundo Santos (2005, p.32), estudar um caso é selecionar um objeto de pesquisa restrito, com o objetivo de aprofundar-lhe os aspectos característicos. É necessário traçar um modelo conceitual de forma ao confrontar a visão teórica com os dados da realidade. Quanto aos objetivos e fins a pesquisa pode ser classificada em descritivas, explicativa e exploratória.

Para Gil (2002, p.27) chegou à conclusão que a *pesquisa descritiva* tem como objetivo primordial descrever as características de uma população, de um fenômeno ou de uma experiência. Ou seja, são inúmeros os estudos que podem ser classificados com este título em virtude da utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados.

De acordo com Ubirajara (2014, p.117) a pesquisa *explicativa* se trata da realidade investigativa, com a busca dos porquês, as explicações, os motivos reais que conduza ao problema.

De acordo com Gil (2002, p.27) “[...] *pesquisas exploratórias* têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores.” ou seja, tem como objetivo dar uma visão geral, de tipos aproximados, acerca de determinados fatos.

Esta pesquisa caracteriza-se como uma abordagem exploratória descritiva. Consistiu em realizar uma análise do setor de manutenção, partindo de um problema, buscando informações sobre o assunto, e através destes dados apresentar práticas que beneficiem e torne a prestação do serviço de manutenção mais eficiente. Para alcançar esse objetivo foi utilizado um estudo bibliográfico sobre a análise dos modos de falhas e efeitos do autor Palady, uma pesquisa por coleta de

dados através das ordens de serviços da empresa ESTRE Petróleo e formulada uma entrevista com o corpo técnico para que fossem obtidos os dados necessários para a confecção de Quadros e Gráficos.

4.2.2 Quanto ao objeto ou meios

De acordo com Ubirajara (2014, 127), quanto ao objetivo ou meios a pesquisa pode ser de caráter documental, bibliográfica, de campo e laboratorial ou experimental.

A pesquisa *documental*, segundo Gil (2008, p.50) assemelha-se com à pesquisa bibliográfica, onde a única diferença que existe entre ambas esta na natureza das fontes, são que estas não receberam tratamento analítico.

Para Ubirajara (2014, p. 127), pesquisa *bibliográfica* “[...] é aquela desenvolvida exclusivamente a partir das fontes já elaboradas”, ou seja, através de artigos científicos, livros, publicações.

Já a *pesquisa de campo* segundo Gil (2008, p.50), se caracteriza pelo objetivo de conseguir informações acerca de um problema, para o qual se procura uma resposta.

De um modo geral a pesquisa experimental de acordo com Lakatos; Marconi (2009, p. 83), consiste no melhor exemplo de pesquisa científica, cujo objetivo principal é o teste de hipótese que diz respeito a relações de causa e efeitos.

4.2.3 Quanto ao tratamento dos dados

Lakatos; Marconi (2003, p.187), descreve que as pesquisas de campo estão subdivididas em três grupos de pesquisa, a qualitativa, quantitativa, e a quantiqualitativa.

Para Gil (2002, p.27), a pesquisa *qualitativa* é descrita como sendo uma expressão genérica, ou seja, propicia o aprofundamento das questões relacionadas na investigação em estudo.

Segundo Moreira (2012, p.43), a pesquisa *quantitativa* incide na utilização de diferentes técnicas estatísticas para qualificação sobre um determinado estudo, através de coletas de informações.

Por meio das informações colhidas na fase exploratória através de uma abordagem qualitativa em função da coleta e tratamento dos dados foi possível definir que a maioria das falhas dos equipamentos das sondas de produção terrestre está relacionada à má conservação e falta de uma manutenção preventiva mais eficiente.

4.3 Instrumentos de Pesquisa

Ubirajara (2014, p. 118), descreve a existência de vários meios para apresentação de instrumentos de coletas de dados, entrevista, questionários, pesquisa de campo, estudo de caso, formulários entre outros.

Para este estudo de caso foram utilizados registros de resultados das coletas de dados em planilha excel onde estão descritas todas as ordens de serviço considerando os históricos de manutenção da ESTRE petróleo, bem como as informações colhidas diretamente com os supervisores, mecânicos e técnicos responsáveis pela manutenção, a fim de avaliar as ações a serem realizadas no planejamento estratégico da manutenção.

4.4 Unidade, Universo e Amostra da Pesquisa

O local onde ocorreu o estudo de caso foi nas SPT administradas pela empresa Estre Petróleo, Gás e Energia Ltda., com sede localizada na Avenida Otavio Acioli Sobral, n.º 1510, centro Carmópolis no estado de Sergipe. A unidade pesquisa é composta por 09 sondas da Petrobras e pelas outras 03 sondas da própria Estre.

Quanto ao universo da pesquisa os dados necessários para este estudo foram coletados de entrevistas com os supervisores e mecânicos, e estudo dos relatórios referentes às quebras dos equipamentos, falhas ocorridas e periodicidade de manutenção.

Já na amostra os dados coletados foram utilizados na elaboração de uma FMEA, referentes às quebras dos equipamentos, ferramenta esta que oferece detalhes dos componentes, identificando seus modos de falhas, respectivos efeitos e causas. Esta etapa permite a elaboração do plano de manutenção de forma quantitativa e qualitativa admitindo uma estimativa financeira de retorno.

4.5 Definição das Variáveis e Indicadores da Pesquisa

Com base nos objetivos específicos, as variáveis e os indicadores deste Trabalho está listado no Quadro 5, a seguir.

Quadro 5 – Variáveis e indicadores da pesquisa

Variável	Indicadores
Manutenção das SPT	Fluxograma
	Ficha de registros
	Banco de dados
Mapeamento das falhas no processo	Componentes falhos
	Tempo de SPT inoperante
	Tempo médio falho por componente
Aplicação do método de Análise de falhas	Formulário do FMEA Ordens de serviços Entrevista de campo

Fonte: autor da pesquisa ESTRE PETROLEO (ESTRE-2013)

Todas as variáveis e indicadores contidos no Quadro 1 foram descritos de acordo com as observações do estudo de caso realizado pelo autor.

4.6 Plano de Registro e Análise dos Dados

Primeiramente, foram realizadas entrevistas com os técnicos das unidades, objeto deste estudo. Procurou-se, através de seções de *brainstorming*, das quais participaram profissionais atuantes no segmento em estudo, determinar quais seriam os modos de falha para elaboração das perguntas onde foi utilizado a ferramenta FMEA. Suas respostas foram anotadas e posteriormente adicionadas em uma planilha do Excel. Cada etapa do processo foi estudada detalhadamente e a aplicação do FMEA foi implementada para todas as etapas do processo, de acordo com o fluxograma a fim de facilitar a compreensão por todos os colaboradores.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

As sondas de produção terrestre funcionam 24 horas por dia durante todo o ano, o que leva a um desgaste natural pelo trabalho que ela executa na manutenção dos poços de petróleo no campo de Carmópolis. Portanto, as falhas técnicas apresentadas pelos equipamentos sempre tiveram uma importância significativa para a empresa, pois a ocorrência de manutenções emergenciais se reflete no desempenho funcional, perda de lucratividade, tempo de serviço dos funcionários e altas multas contratuais.

Toda a Manutenção programada realizada pela ESTRE é baseada em inspeções visuais, no caso das sondas de produção terrestre a inspeção foca os seguintes itens do carro sonda: motor Scania 113, caixa Alisson, radiador, power take-offs, transmissão, caixa angular, embreagens, embreagem pneumática entre outros.

Para apresentação dos resultados serão discutidas as variáveis, bem como seus indicadores de forma clara, a fim de facilitar a compreensão.

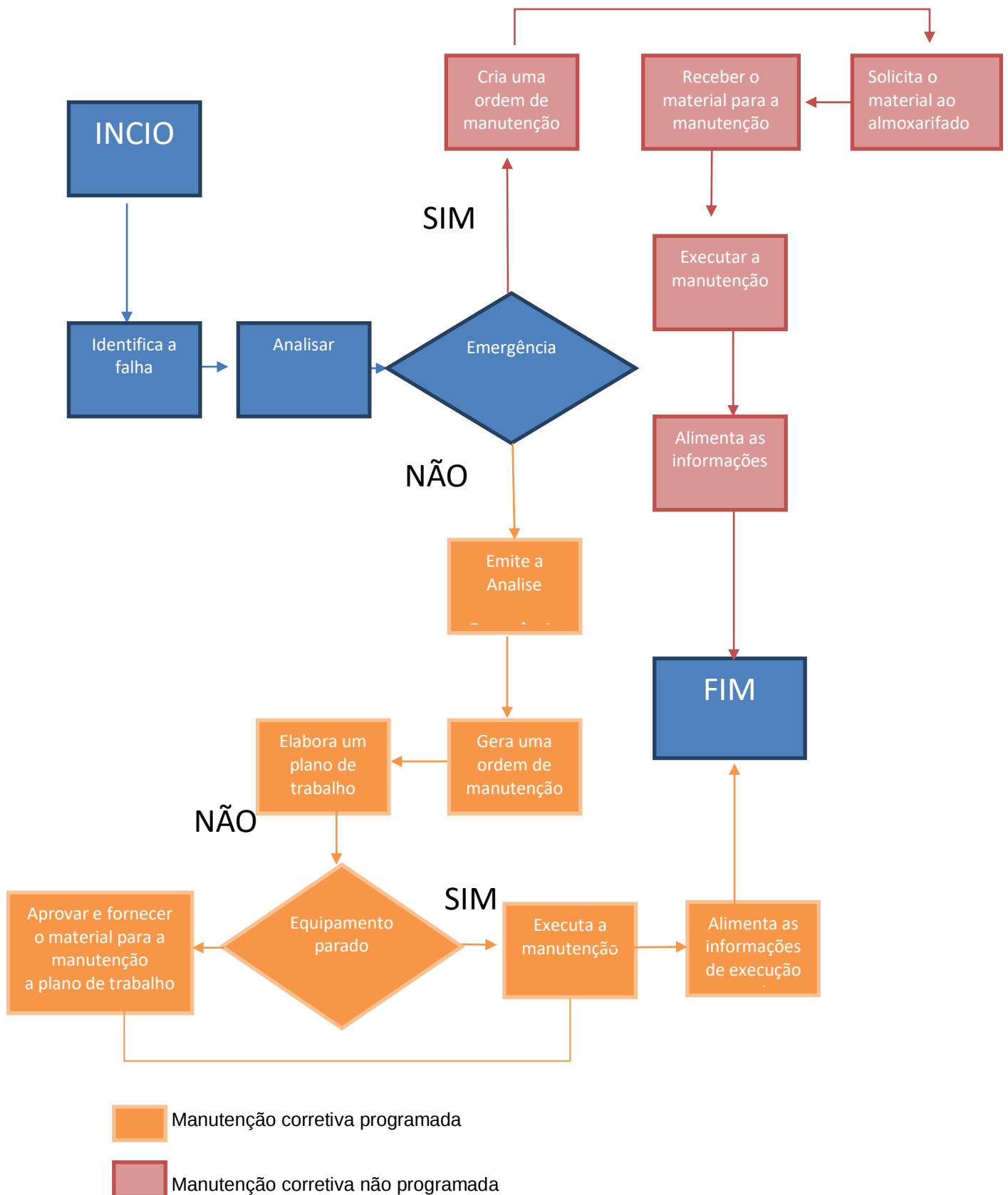
5.1 Manutenções das SPT

A Estre Petróleo possui um departamento responsável pela manutenção das sondas de produção terrestre. A manutenção é formada por uma equipe de técnicos específicos que planeja, avalia e executa os serviços prestados.

Para melhor realizar as atividades de prestação de serviços, o departamento de manutenção é dividido em duas partes: a parte mecânica e a elétrica, o que facilita a verificação do equipamento.

A manutenção mecânica realizada na ESTRE é subdividida em três formas: a manutenção corretiva programada, a manutenção corretiva não programada e a manutenção preventiva descrita nos fluxogramas das Figuras 02.

Figura 02 - Fluxograma da manutenção corretiva ESTRE



O fluxograma acima representa a atividade de manutenção realizada na ESTRE base de Carmópolis, que parte da decisão da realização da manutenção de emergência ou programada, baseado na severidade da ocorrência. Assim quando a manutenção é de emergência a equipe já é deslocada para o almoxarifado, onde retira o material necessário à realização dos reparos e se dirige ao ponto problemático. Caso o problema possa ser resolvido pela equipe de manutenção, a ordem de serviço será atendida no intuito de liberar previamente a Sonda de produção terrestre (SPT) para funcionamento.

Já na Manutenção programada, primeiro é checada a existência do material no almoxarifado, caso não haja, a programação é feita de acordo com a disponibilidade da peça após a compra.

5.1.1 Manutenção corretiva planejada

A manutenção corretiva planejada da ESTRE petróleo existe desde sua implantação no campo de Carmópolis, desde setembro de 2008.

Para evitar que ocorram interrupções, a empresa realiza inspeções visuais de todas as sondas de produção terrestre. Estas são realizadas pelos técnicos da própria empresa. As inspeções são geralmente, realizadas pelo encarregado de sonda, porém, é comum, que estas inspeções sejam feitas por um grupo de pessoas, incluindo representantes da gerência e de outros departamentos como técnicos de instrumentação, elétrica e mecânica em virtude da complexidade dos equipamentos em estudo.

Nesta sistemática, o Departamento de Manutenção repassa aos técnicos, as fichas de registros das partes críticas das áreas a serem vistoriadas e os reparos que deverão ser realizados. Após esta vistoria, o técnico devolve a ficha de registro que, baseado na gravidade do problema, determina uma data para efetuar a manutenção e os materiais necessários à execução dos serviços. Após isso, são emitidas ordens de serviços.

Após coletas das fichas de registros as mesmas são cadastradas em um banco de dados da empresa com vista a manter cada equipamento cadastrado de forma que a equipe de manutenção programe a necessidade de efetuar reparos sobre as partes dos equipamentos com maior urgência de cada equipamento. Para

a realização destes reparos à Estre na maioria das vezes precisa confeccionar as peças em tornearia em virtude da dificuldade de encontrar no mercado.

5.1.2 Manutenção corretiva não programada

A manutenção corretiva não programada é realizada quando eventos inesperados vêm a interromper o funcionamento do equipamento. Desta forma, cabe a equipe de manutenção corrigir no menor tempo possível, para que o equipamento volte a trabalhar dentre suas características originais.

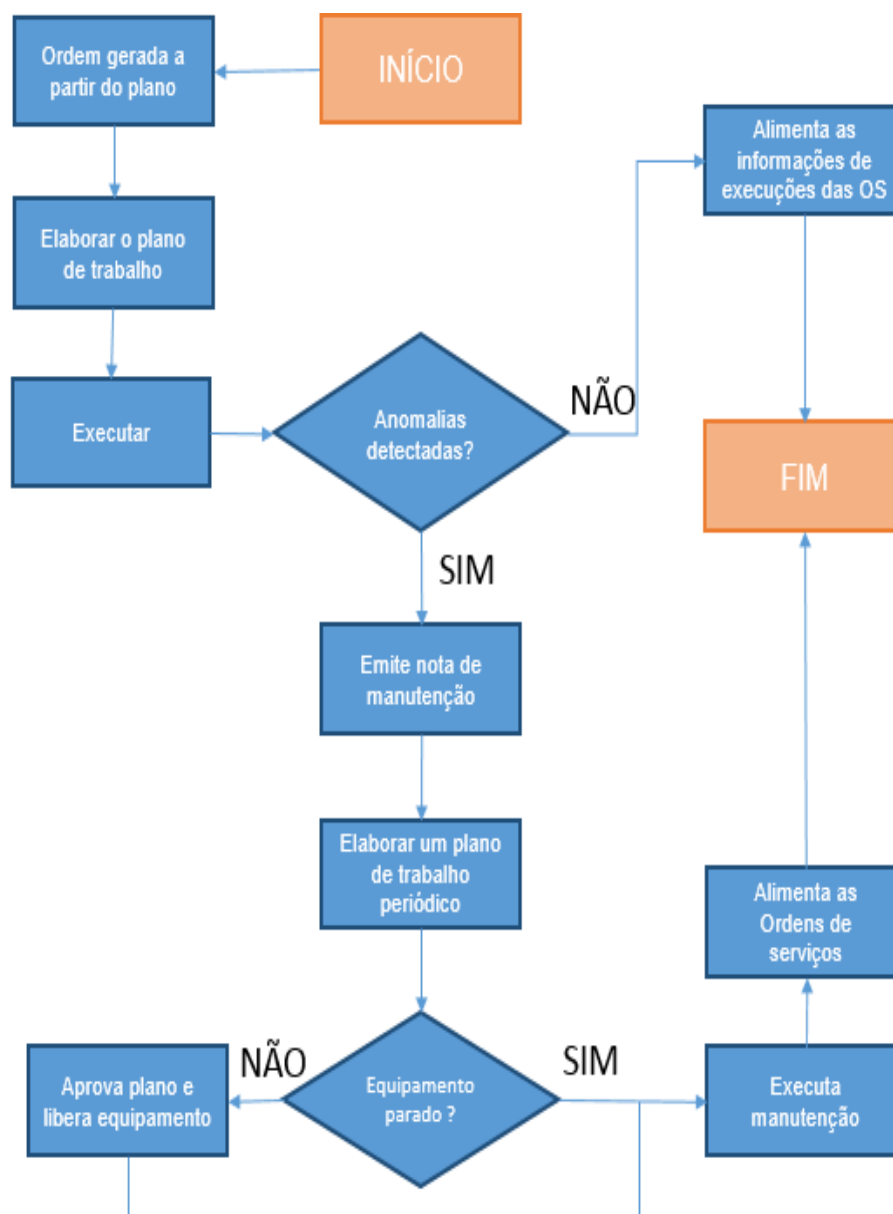
Após o reparo do equipamento, o mecânico fica responsável por enviar um relatório de avaria para o supervisor da mecânica. No mencionado relatório, são descritas as causas da falha do equipamento para que através de estudos da engenharia, surja, alguma modificação no projeto da máquina, para que o tipo de falha não venha mais a se repetir em pequeno espaço de tempo.

5.1.3 Manutenções preventivas

A manutenção preventiva da Estre Petróleo é realizada desde 2008 ano em que a empresa passou atuar nesta área, porém, não alcançava índices satisfatórios nas metas anuais da empresa. A partir de janeiro de 2011 através do controle das Ordens de serviço (OS) foi iniciado um estudo de caso, para melhorar o desempenho dessa manutenção preventiva, sugerido pela gerência regional e com objetivo de diminuir o tempo de parada das sondas de produção terrestre e aumentar os lucros da empresa. Nessas OS está a lista de todos os equipamentos existentes na sonda e quais as tarefas mecânicas que devem ser realizadas nos mesmos, com a suas respectivas periodicidades facilitando o diagnóstico de falhas.

Essas tarefas são designadas, com a seguinte frequência: diariamente, semanalmente, quinzenalmente, mensalmente, bimestralmente, trimestralmente e anualmente. Esta programação é feita atendendo às especificações do fabricante para cada componente e passou a ser aprimorada a partir do estudo da análise de causa. A Figura 03 representa fluxograma de manutenção preventiva atual da empresa em estudo.

Figura 03 - Fluxograma da manutenção preventiva ESTRE



Fonte: ESTRE, 2013; adaptada pelo autor.

5.2 Mapeamento das falhas pelo método FMEA

Com base no levantamento efetuado pelo departamento de manutenção da ESTRE, foi estruturado um estudo tendo como referência as ordens de serviços de manutenção corretiva emergencial de todo o ano de 2011. Para que fossem visualizadas as principais causas de defeitos como apresentado na Tabela 01 e no Gráfico 01.

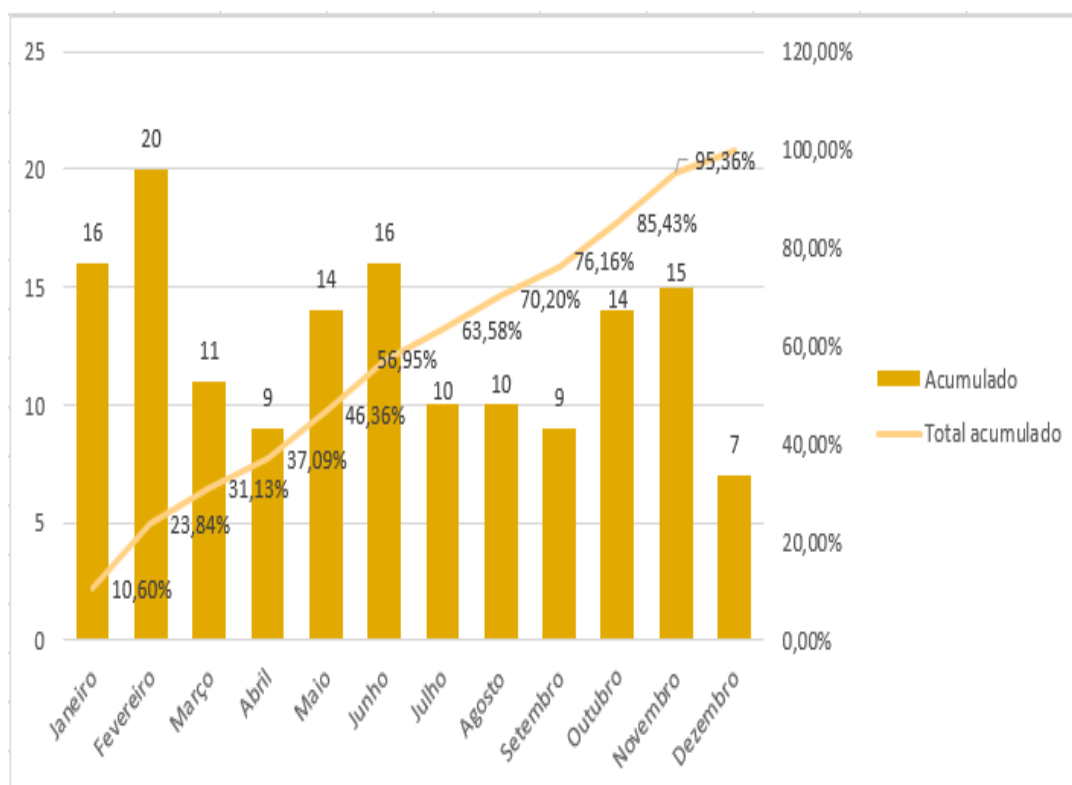
Tabela 01 – Quantidade de falhas das SPT's 2011

Manutenção corretivas no ano de 2011.			
Mês	Quant. Quebradas	% total acumulado	%
Janeiro	16	10,60%	10,60%
Fevereiro	20	23,84%	13,25%
Março	11	31,13%	7,28%
Abril	9	37,09%	5,96%
Maio	14	46,36%	9,27%
Junho	16	56,95%	10,60%
Julho	10	63,58%	6,62%
Agosto	10	70,20%	6,62%
Setembro	9	76,16%	5,96%
Outubro	14	85,43%	9,27%
Novembro	15	95,36%	9,93%
Dezembro	7	100,00%	4,64%
Total	151		100

Fonte: Empresa em pesquisa – ESTRE-2013

O Gráfico 01 é a estratificação da Tabela 01 representam a quantidade de defeitos nas sondas de produção terrestre em cada mês do ano de 2011 com suas respectivas percentagens para que fosse avaliado no final do estudo.

Gráfico 01 – Manutenção corretiva no ano de 2011



Fonte: Empresa em pesquisa – ESTRE-2013

A Tabela 02 traz informações referentes ao levantamento de dados no sistema de manutenção da ESTRE Petróleo através das ordens de serviços que relatam os principais componentes com falhas, observa-se que a principal causa da quebra das sondas de produção terrestre do campo de Carmópolis está ligada ao sistema hidráulico, na maioria por vazamento, furos e contaminante do fluido hidráulico, responsável por aproximadamente 39,07% das falhas. Quando se trata de mangueira, as maiores das falhas está relacionada à ação abrasiva, uso inadequado, raio de curvatura, ressecamento ocasionando redução da vida útil, fazendo com que este perca suas propriedades isolantes.

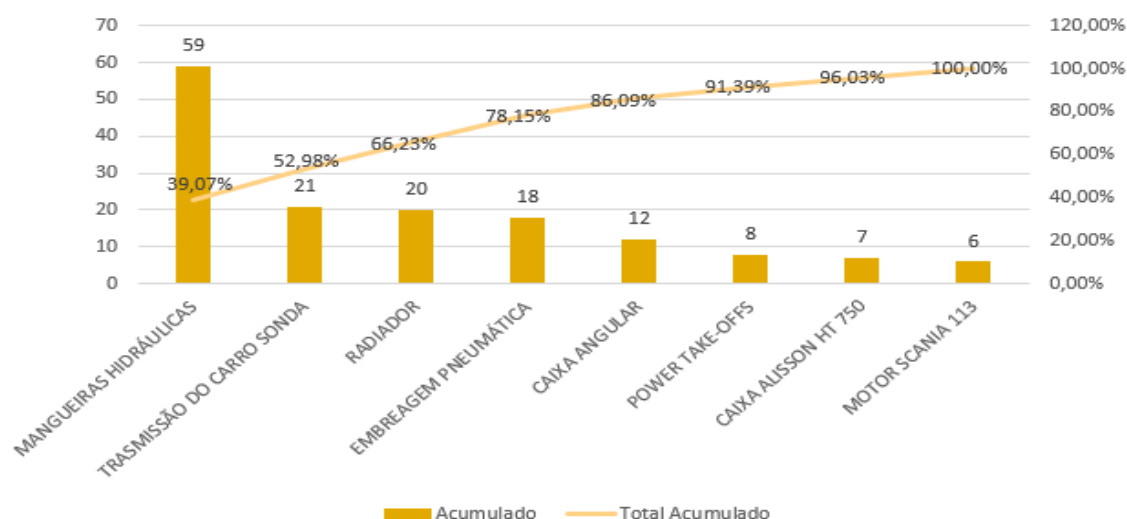
Para que haja um bom processo de inspeção visual, é necessário desenvolver uma visão crítica para avaliar as condições físicas atuais de cada componente, obedecendo aos procedimentos internos e normas vigentes específicas para cada equipamento.

Tabela 02 – Principais componentes com falhas

Manutenção corretivas no ano de 2011.			
COMPONENTE	Quant. Quebrada	% por equipamento	% total acumulado
MANGUEIRAS HIDRÁULICAS	59	39,07%	39,07%
TRANSMISSÃO DO CARRO SONDA	21	13,91%	52,98%
RADIADOR	20	13,25%	66,23%
EMBREAGEM PNEUMÁTICA	18	11,92%	78,15%
CAIXA ANGULAR	12	7,95%	86,09%
POWER TAKE-OFFS	8	5,30%	91,39%
CAIXA ALISSON HT 750	7	4,64%	96,03%
MOTOR SCANIA 113	6	3,97%	100,00%
Total	151	100%	

Fonte: Empresa em pesquisa – ESTRE-2013

Os restantes das falhas (13,91%) são gerados por problemas de transmissão onde inevitavelmente, sofrem esforços durante todo o tempo, pois estão sujeitas às forças de atrito que gera calor e desgaste, e as forças de tração que produzem alongamentos além das condições do meio ambiente como umidade, poeira, resíduos, dentre outros. As demais porcentagens de falhas estão entre as embreagens e caixa angular com 11,92 e 7,95% respectivamente causada por lubrificação inadequada ou insuficiente, manuseio grosseiro, vedadores deficientes. A distribuição de falhas é representada no Gráfico 02.

Gráfico 02 - Falhas por componentes em 2011

Fonte: Empresa em pesquisa – ESTRE PETROLEO (ESTRE-2013)

Outra estratificação foi realizada conforme mostra a Tabela 03, para identificar as causas de falhas dos equipamentos que geraram mais prejuízos para a empresa no período de janeiro a dezembro de 2011. Neste período, verificou-se que as caixas angulares, *power take-offs*, caixas Alisson e motor Scania foram responsáveis por 21,85% das falhas, que acarretam uma perda de 660 horas de sonda não operante o equivalente a 73% das horas de sonda parada no período em estudo, enquanto os demais 78,15% das falhas somaram apenas 27% das horas parada.

Tabela 03 – Estratificação dos principais componentes falhos

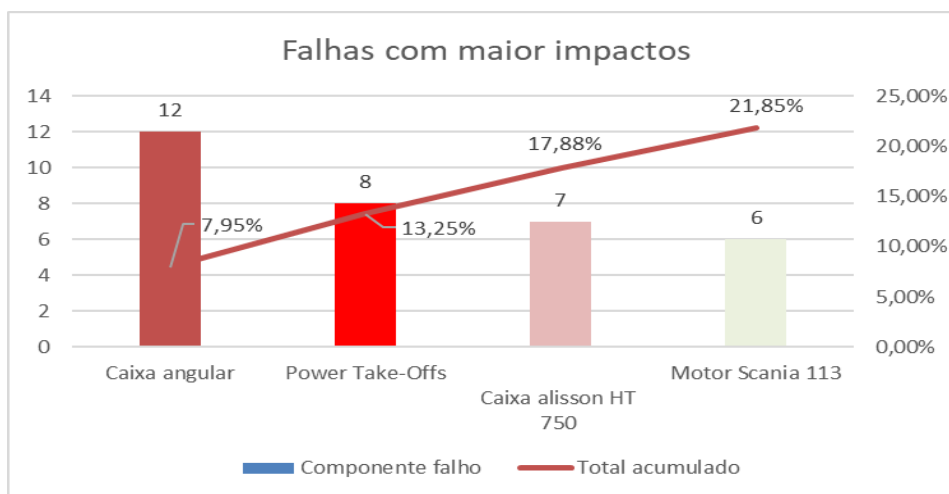
Estratificação da falhas que causa maior impacto para a empresa				
	Causa	Quant quebras	%	% total acumulado
Caixa angular	Desgaste nas engrenagens	8	5,30%	5,30%
	Fadiga da chaveta	4	2,65%	7,95%
Power Take-Offs	Desgastes do elementos de vedação	4	2,65%	10,60%
	Fadiga por cargas excessiva	3	1,99%	12,58%
	Brinelamento	1	0,66%	13,25%
Caixa alisson HT 750	Queima dos discos	4	2,65%	15,89%
	Pacotes das marchas sem pressão	3	1,99%	17,88%
Motor Scania 113	Camisa furada	2	1,32%	19,21%
	Anel partido do pistão	2	1,32%	20,53%
	Excesso de folga do pistão/camisa	1	0,66%	21,19%
	Balacim partido	1	0,66%	21,85%

Fonte: Empresa em pesquisa – ESTRE-2013

O Gráfico 03 é a estratificação do Tabela 03 onde demonstra as falhas com maiores impactos dos principais componentes nas sondas de produção terrestre no

ano de 2011 com suas respectivas percentagens para que fosse avaliado no final do estudo.

Gráfico 03 – Principais componentes falhos



Fonte: Empresa em pesquisa – ESTRE-2013

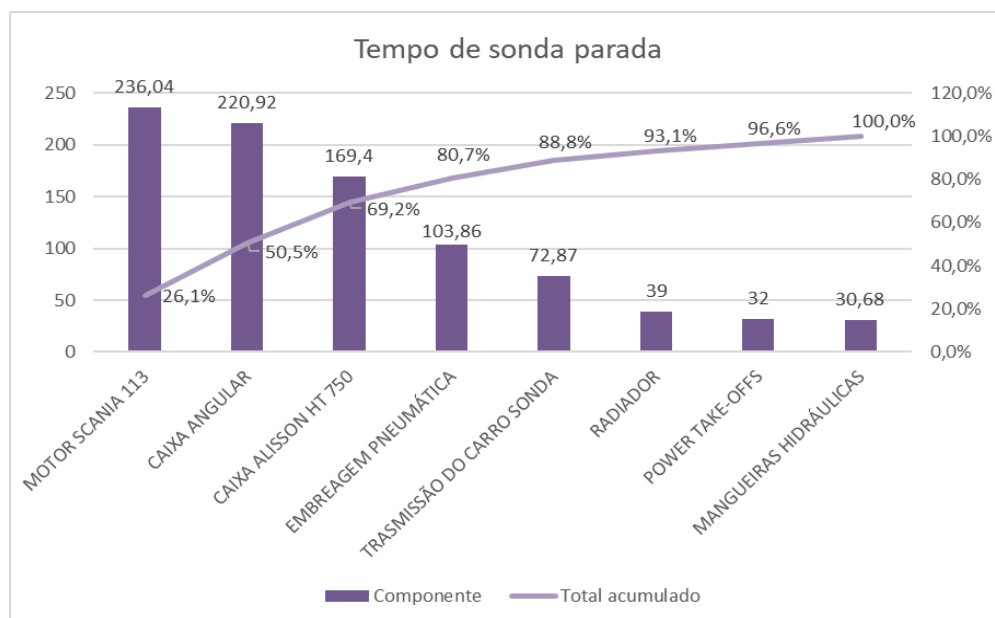
Na estratificação da Tabela 04 fica evidente que pouco mais de 16% das quebras dos componentes motor scania, caixa angular e caixa alisson são responsáveis por quase 70% de todas as horas de sonda parada como mostra o Tabela 4.

Tabela 04 – Falhas x tempo de sonda parada

Manutenção corretivas no ano de 2011.					
COMPONENTE	% quebras equipamentos	Total Acumulado	horas improdutivas	% horas improdutivas	Total acumulado
MOTOR SCANIA 113	3,97%	3,97%	236,04	26,1%	26,1%
CAIXA ANGULAR	7,95%	11,92%	220,92	24,4%	50,5%
CAIXA ALISSON HT 750	4,64%	16,56%	169,4	18,7%	69,2%
EMBREAGEM PNEUMÁTICA	11,92%	28,48%	103,86	11,5%	80,7%
TRSMISSÃO DO CARRO SONDA	13,91%	42,39%	72,87	8,1%	88,8%
RADIADOR	13,25%	55,64%	39	4,3%	93,1%
POWER TAKE-OFFS	5,30%	60,94%	32	3,5%	96,6%
MANGUEIRAS HIDRÁULICAS	39,06%	100,00%	30,68	3,4%	100,0%
Total			904,77		

Fonte: Empresa em pesquisa – ESTRE-2013

O Gráfico 04 é a estratificação da Tabela 04 onde demostra os tempos de sonda parada dos principais componentes motor scania, caixa angular e caixa alisson HT 750 com quase 70 por cento das horas de sonda inativa.

Gráfico 04 –Tempo de sonda parada

Fonte: Empresa em pesquisa – ESTRE-2013

A principal dificuldade encontrada na gestão da equipe de manutenção foi a falta de peças para repor os equipamentos, segundo por se tratar de equipamentos com mais de 40 anos, muitas dessas peças não são mais fabricadas sendo necessário o envio para uma empresa especializada na confecção de uma nova peça ou restauração.

Outro problema é a falta de conhecimento técnico por parte dos operadores das sondas, ou seja, os mesmos realizam suas atividades sem seguir os procedimentos operacionais, o que por muitas vezes prejudica a vida útil do equipamento, além de pôr em risco a própria segurança, pois, qualquer falha mecânica pode fazê-los ficarem exposto ao acidente.

5.3 Aplicação do Método FMEA

Os dados necessários para realização do estudo de caso foram coletados através do banco de dados da ESTRE descrito na Tabela 05 e de entrevistas com a equipe de manutenção na área da mecânica (mecânicos e supervisores).

Para o histórico de falhas, adquirimos as informações deste mesmo banco de dados, onde foram observados, em todo o tempo, a existência de máquina parada por mau funcionamento das sondas, então foi efetuado um histórico

detalhado sobre todas as falhas, discriminando os eventos por data, tempo inativo, componente danificado e a causa no período de janeiro a dezembro de 2011.

Tabela 05 – Tempo médio de parada por componente em horas no ano 2011

Descrição do componente	JAN		FEV		MAR		ABR		MAI		JUN		JUL		AGO		SET		OUT		NOV		DEZ		Tempo médio por Componentes (Horas)
	Qts	TM	Qts	TM	Qts	TM	Qts	TM	Qts	TM	Qts	TM	Qts	TM	Qts	TM	Qts	TM	Qts	TM	Qts	TM	Qts	TM	
Caixa Allison HT 750	1	24			1	28			1	19	2	50					1	24							24,17
Motor scania 113			2	103					1	52			1	39					1	48					48,40
Radiador	1	2	4	7			3	7			4	9	2	5			2	3			1	2			2,06
POWER TAKE-OFFS	1	4							1	4			1	5	3	11							2	8	4,00
Transmissão do carro sonda			4	17			1	12			3	10	1	3			1	3							4,50
Caixa angular			2	44			2	28			1	20			3	51	1	29					1	17	18,90
Embreagem pneumática	3	15	5	28	2	10			3	13	1	5			4	17	1	5			1	7	1	4	4,95
Manguieras hidráulias	10	5	9	4	6	3	3	2	6	3	4	2	10	6	3	2	4	2	4	2					0,53
Total	16	50	26	203	9	41	9	49	12	91	15	96	15	58	13	81	10	66	5	50	2	9	4	29	

Fonte: Empresa em pesquisa – ESTRE PETROLEO (ESTRE-2013)

Foi realizado o modo de falha para cada componente, adquirindo o conhecimento necessário para efetuar o cálculo médios de parada para cada falha mecânica.

A partir desta coleta, foi gerada uma planilha com a contagem total das intervenções da manutenção para cada componente da sonda de produção terrestre, durante o período em estudo, o que pode ser visto no Quadro 06 a seguir.

Quadro – 06 Ordens de Serviço exercício janeiro de 2011

Levantamento das Ordens de Serviços							
Manutenção corretiva JANEIRO DE 2011							
N. Ordem	Data	Sonda	Componente	Serviço executado		Data de execução	Tempo de execução médio (horas)
				Sím	Não		
5567899	07/01/2011 09:30	SPT-54	caixa alison HT 750	SIM		08/01/2011 09:30	24
5567900	08/01/2011 10:30	SPT-55	Mangueira hidráulica	SIM		08/01/2011 10:00	0.5
5567901	08/01/2011 13:00	SPT-55	Radiador	SIM		08/01/2011 15:00	2
5567902	10/01/2011 05:00	SPT-67	Mangueira hidráulica	SIM		10/01/2011 05:30	0.5
5567903	13/01/2011 02:00	SPT-59	Mangueira hidráulica	SIM		13/01/2011 02:30	0.5
5567904	13/01/2011 11:30	SPT-59	Mangueira hidráulica	SIM		13/01/2011 12:00	0.5
5567905	13/01/2011 14:30	SPT-35	Embreagem pneumática	SIM		13/01/2011 19:30	5
5567906	14/01/2011 09:30	SPT-34	Embreagem pneumática	SIM		14/01/2011 14:30	5
5567907	15/01/2011 14:30	SPT-34	Mangueira hidráulica	SIM		15/01/2011 15:00	0.5
5567908	16/01/2011 09:00	SPT-67	Mangueira hidráulica	SIM		16/01/2011 09:30	0.5
5567909	19/01/2011 01:30	SPT-59	Mangueira hidráulica	SIM		19/01/2011 02:00	0.5
5567910	19/01/2011 04:00	SPT-55	Embreagem pneumática	SIM		19/01/2011 09:00	5
5567911	19/01/2011 06:30	SPT-55	Power Take-offs	SIM		19/01/2011 10:30	4
5567912	24/01/2011 07:30	SPT-58	Mangueira hidráulica	SIM		24/01/2011 08:00	0.5
5567913	25/01/2011 10:30	SPT-59	Mangueira hidráulica	SIM		25/01/2011 10:30	0.5
5567914	30/01/2011 09:30	SPT-59	Mangueira hidráulica	SIM		30/01/2011 10:00	0.5
							50

Fonte: Empresa em pesquisa – ESTRE PETROLEO (ESTRE-2013)

O tempo médio de parada por componente foi calculado através da média aritmética simples referente ao somatório do tempo gasto em cada parada e dividido pelo número de ordem de serviço do mesmo componente durante o período de janeiro a dezembro de 2011 conforme a equação abaixo.

$$MA = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$$

n – ordem de serviço e **a** – tempo gasto em cada parada

A partir desta análise foi possível determinar o tempo médio de parada de cada componente como demonstrado no Quadro 07 a seguir.

Quadro 07 – Tempo médio de parada por componente

Componentes	Modo de falha onde a ocorrência se enquadra	Tempo médio de parada (horas)
Caixa alisson HT 750	Queima dos discos e pacotes das marchas sem pressão	24,17
Motor Scania 113	Camisa furada, anel partido do pistão e excesso de folga do pistão com a camisa	48,40
Radiador	Obstrução das aletas e fissuras	2,06
Power Take-Offs	Desgastes dos elementos de vedação de acoplamento das engrenagens	4
Transmissão do Carro Sonda	Rachaduras, fragilização, desalinhamento e desgaste de suas paredes laterais.	4,5
Caixa Angular	Falha de lubrificação e quebra das engrenagens e chaveta	18,90
Embreagem Pneumática	Rupturas do eixo de transmissão	4,95
Mangueiras hidráulicas	Quebra do eixo por sobrecargas ou fadiga, engripamento do rolamento	0,53

Fonte: Empresa em pesquisa – ESTRE PETROLEO (ESTRE-2013)

O Quadro 08 apresenta uma visão do formulário de FMEA gerado nas análises de falhas potenciais desenvolvidos pela equipe da mecânica da ESTRE através de entrevistas para investigação de quais problemas poderiam surgir em uma determinada falha de componente. Este quadro mostra parte da análise que foi feita sobre as dez etapas identificadas como mais críticas de acordo com o mapa que foi apresentado no mesmo.

Para o preenchimento dos campos com índices de severidade, ocorrência e detecção e de suma importância, realizar reuniões com pessoas qualificadas, com engenheiro, supervisores da mecânica e encarregados de sonda a fim de determinar com maior exatidão o grau para cada índice, em seguida multiplica-se os três índices para se achar o grau de risco, sendo que quanto maior for esse valor deve-se redobrar as atenções para esse componente.

Quadro 08 – Análise dos modos e efeitos de falha

F.M.E.A. – ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DE FALHA									
CLIENTE ESTRE		APLICAÇÃO: CAMPO			MANUTENÇÃO				
DATA DA ÚLTIMA REVISÃO		PRODUTO: SONDA DE PRODUÇÃO							
NOME DO COMPONENTE	FUNÇÃO	FALHAS POSSÍVEIS			ATUAL				
		MODO	EFEITO	CAUSAS	CONTROLES ATUAIS	ÍNDICE			
						O	G	D	RISCO
Caixa alisson HT 750	Efetuar o acionamento da bomba hidráulica	Queima dos discos	Perca de forma	Perda de pressão hidráulica, filtro lubrificante entupido, óleo lubrificante contaminado.	Troca de óleo lubrificante, filtros lubrificante e de ar	1	9	9	81
		Pacotes das marchas sem pressão	Elevação da temperatura da caixa	Perda de pressão hidráulica, filtro lubrificante entupido, óleo contaminado.		1	9	9	81
Motor Scania 113	Fornecer energia mecânica para caixa alison	Camisa furada	Excesso de fumaça,	Perca de lubrificação	Substituição dos bicos e troca de óleo lubrificante, filtros lubrificante e de ar	2	9	9	162
		Anel partido do pistão	Perca de força mecânica	Perca de lubrificação	Troca de óleo lubrificante, filtros lubrificante e de ar	2	9	9	162
		Excesso de folga do pistão com a camisa	Perca de força mecânica	Perca de lubrificação	Regulagem das válvulas	1	7	6	42
Radiador	Resfriar o óleo do motor	Obstrução das paletas	Queima do motor	Deterioração do óleo	Limpeza das paletas	4	7	6	168
		Fissuras	Vazamento	Oxidação	Completar o reservatório de água	4	7	5	140
Power Take-Offs	Efetuar o acionamento da bomba hidráulica	Desgastes dos elementos de vedação de acoplamento das engrenagens	Não aciona a bomba hidráulica	Perca de pressão para trabalho do sistema hidráulico, vazamento do retentor do eixo	Verificação dos manômetros e filtros lubrificantes.	2	7	5	70
Transmissão do carro sonda	Fornecer energia mecânica para os quinchos	Rupturas do eixo de transmissão	Interrompimento de energia mecânica	Interrompimento de energia mecânica	Inspeções visuais	3	7	6	126

Caixa angular	Sistema mecânico	Fadiga da chaveta	Quebra de chaveta	Perca de eficiência do equipamento	Verificação das chavetas	2	5	6	112
Embreagem pneumática	Acoplamento do disco do guincho	Desgaste das placas	Diafragma furado	Falta de tração	Inspeções visuais	2	5	4	40
Mangueiras hidráulicas	Condutor de fluido hidráulico	Furo da mangueira	Vazamento	Sobrecargas	Inspeções visuais	9	4	9	324
				Utilização de peça com vida útil ultrapassada	Inspeções visuais	9	4	9	324
OCORRENCIA		GRAVIDADE		DETECÇÃO		RISCO			
IMPROVAVEL	1	APENAS PERCEPTIVEL	1	ALTA	1	BAIXO		1 a 5	
MUITO PEQUENA	2 à 3	POUCO IMPORTANCIA	2 a 3	MODERADA	2 a 5	MÉMO		50 a 100	
PEQUENA	4 à 6	MOD. GRAVE	4 a 6	PEQUENA	6 a 8	ALTO		100 a	
MÉDIA	7 à 8	GRAVE	7 a 8	MUITO PEQUENA	9	200			
ALTA	9 à 10	EXTR. GRAVE	9 a 10	IMPROVÁVEL	10	MUITO ALTO		200 a	
						1000			

Fonte: autor da pesquisa – ESTRE PETROLEO (ESTRE-2013)

Com base nas informações obtidas nos passos anteriores, foram avaliados os controles e formas de detecção das causas potenciais, associando-se aos mesmos valores referentes à sua eficácia.

A metodologia da FMEA indica que os maiores índices devem receber atenção especial logo quando detectados. Desta forma, é evidente a importância da FMEA para um plano de manutenção preventiva eficiente, que proporcione melhores práticas de trabalho, por meio de acompanhamento individual na busca pela causa do problema.

Ficou comprovado que o FMEA tem como princípio evitar falhas existentes. A sua realização acontece mediante coletas de dados pela equipe de trabalho treinada para este fim com o intuito de identificar as causas das falhas seja ela crônica ou esporádica e em seguida priorizar as ações corretivas e preventivas através da análise do custo versus benefício para cada ação.

6 SUGESTÕES

Após o estudo de caso, foi sugerido a criação de um manual de operações com uma linguagem clara e objetiva para a compreensão de todos os colaboradores através do mapeamento das atividades realizadas pelo setor de manutenção que fosse revisado semestralmente de forma a trazer maior eficiência em relação a ferramenta de análise de falha.

Inicialmente, foi sugerido a indicação do encarregado e supervisor de manutenção para a elaboração do manual, pois eles são os mais indicados na questão do conhecimento operacional dos equipamentos.

Foi sugerido o treinamento bimestral com remuneração a toda equipe de frente como: operador, torrista, plataformista e homem de área sobre os procedimentos operacionais para cada equipamento de forma a preservar a integridade física de todos.

7 CONCLUSÃO

A ESTRE, empresa do nosso estudo de caso, aplica a manutenção preventiva desde 2008 de forma visual. O encarregado de sonda e o mecânico são as pessoas responsáveis pelas inspeções, e quando vê anomalias que fogem a seu campo de conhecimento, solicitam que a verificação seja feita por uma equipe de técnicos especializados na complexibilidade do equipamento.

A análise do modo e efeito de falha (FMEA) foi implantada na empresa a partir de 2012 com seu estudo sendo feito no ano 2011. Para a elaboração da FMEA foi necessário desenvolver um modelo de identificação e rastreamento a fim de garantir um melhor acompanhamento e mapeamento de todo os equipamentos na empresa em estudo. Este acompanhamento se deu através de formulários gerados no estudo de falhas através da interação dos encarregados, mecânicos e técnicos das sondas, para analisar o funcionamento de cada equipamento bem como suas causas e falhas, a fim de garantir segurança operacionais e uma maior confiabilidade dos seus equipamentos.

Através desse estudo foram detectadas as principais incidências de falhas, fazendo com que o setor responsável pela manutenção aumentasse a periodicidade das inspeções dos componentes com maior índice de falhas diminuindo o tempo ocioso de sonda em 20,7%, e conseqüentemente, aumentando assim a lucratividade no ano de 2012, comprovando a eficácia na implantação das análises de falha FMEA.

A proposta do estudo FMEA apresentado sem dúvida trazem resultados satisfatório indispensáveis para o bom funcionamento das sondas de produção, com retornos positivo, dentre eles, aumento de produtividade, diminuição dos custos dos serviços de manutenção e maior disponibilidade dos equipamentos.

REFERÊNCIAS

AFFONSO, L. O. A. – **Equipamentos mecânicos: Análise de falha é solução de problemas**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

BAXTER, M. **Projeto de produto: Guia prático para o design de novos produtos**. 2ª. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2008.

CAMPOS, V.F.T.Q.C.- **Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. Belo Horizonte : Fundação Christiano Ottoni.Escola de Engenharia, 1992.

COSTA, M. L. **Como imitar os japoneses e crescer (sem frescura)**. 1ª. Ed Florianópolis: Edeme, 1992.

COSTA, M. A. **Publicação de TCC**. gestão estratégica da manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional, Out. 2013.

Disponível em:< http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2012_3_Mariana.pdf Acesso em: 15 nov. 2017.

FAHOH, F. Z. **Orientações conceituais para a aplicação de uma ferramenta de antecipação de falhas**. Trabalho acadêmico faculdade FAHOH. Horizonte, 2013.

FERREIRA, A. B. H. **Dicionário da Língua Portuguesa**. 8ª. ed. Curitiba: Positivo, 2012.

BRANCO, G. F. **Indicadores e Índices de Manutenção**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2016.

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

_____. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 4ª. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Maria de Andrade. Metodologia científica. 5. ed. 3. reimp. São Paulo: Atlas, 2009a.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações**. 1. ed. rev. e ampl. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

PALADY, Paul. **FMEA Análise dos Modos de Falha e Efeitos**. 5ª ed. São Paulo: IMAM, 2011.

PATRICIO, R. P. Publicação de artigos científicos. **Adequação do FMEA para gerenciamento de riscos em obra de infraestrutura, após a aplicação da análise preliminar de risco na execução de muro de gabião**, Out. 2013.

Disponívelem:<repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1357/1/CT_CEEEST_XXI_V_2013_28.pdf> Acesso em: 19 out. 2017.

PEREIRA, M. J. **Engenharia da Manutenção teoria e prática**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011.

SANTOS, C. R. dos; NORONHA, R. T. S. de. **Monografias científicas: tcc – dissertação – tese**. São Paulo: Avercamp, 2005.

UBIRAJARA, E. **Guia para trabalhos acadêmicos**. Aracaju: FANESE, 2014. (caderno)

VIANA, H.R.G. **PCM, planejamento e controle da manutenção**, 3ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. Reimpressão 2009.

WERKEMA, C. – **Criando a cultura Seis Sigma** – Nova Lima: 1ª ed. Werkema 2014.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Nova Lima: 2ª ed. FALCONI, 2014