

# AUMENTO DA CONFIABILIDADE OPERACIONAL ATRAVÉS DO MONITORAMENTO DE ANOMALIAS

Marcio C. dos S. Barreto <sup>1</sup>  
Marinilda Lima Souza <sup>2</sup>

## RESUMO

A necessidade de se transportar fluidos, para armazená-los ou processá-los, e a grande aplicação que as bombas centrífugas possuem, tem instigado as empresas a optarem por esse tipo de equipamento. Mas apesar da grande utilização dessas máquinas por indústrias, a sua manutenção ainda é precária em alguns aspectos, o que ocasiona paradas de emergência devido a grande quantidade de falhas nestes equipamentos. Um dos motivos do grande número de falhas é a manutenção deficiente, pois a maioria das empresas tem a cultura de somente realizar a intervenção após o acontecimento de uma pane ou da queda brusca do desempenho da máquina, ou seja, realizar a manutenção corretiva não planejada. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é demonstrar que com o tratamento de anomalias, a aplicação das técnicas de confiabilidade e a utilização da gestão de ativos, onde todos devem ser envolvidos para busca da excelência da organização, podem-se alcançar excelentes resultados na manutenção, que sendo uma função estratégica, reflete em toda cadeia produtiva. O resultado demonstra que a eficácia do método de tratamento de anomalias é um grande aliado para o aumento de confiabilidade, redução dos custos, melhoria da segurança, redução de impactos ao meio ambiente contribuindo sobremaneira para o sucesso operacional da empresa.

## 1. INTRODUÇÃO

Devido à grande demanda por produções em largas escalas e busca incessante por maior qualidade, nas últimas décadas, o termo confiabilidade vem se tornando cada vez mais comum nas organizações. Para Lafraia (2001) o conceito de confiabilidade está diretamente relacionado com a credibilidade que se tem em um produto, equipamento ou sistema. A norma NBR 5462 (1994) da ABNT, define confiabilidade como: “capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo”. Neste sentido, as empresas procuram com a

---

1 Pós Graduando em Engenharia de Confiabilidade. Engenheiro Industrial Mecânico - IFBA – Instituto Federal da Bahia. Técnico em Manutenção Mecânica - Petrobras. E-mail: marcioeng@yahoo.com.br.

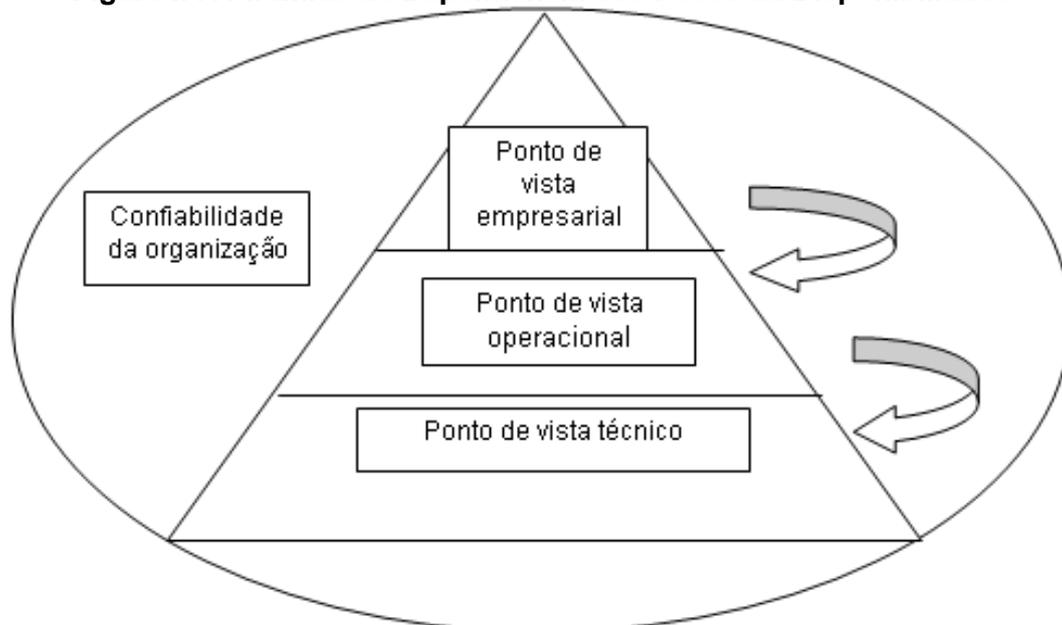
2 Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial. Pesquisa e docência - Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec. Membro do Grupo de Pesquisa em Manutenção de Equipamentos Industriais e do grupo Fatores Humanos e Aprendizagem Tecnológica. E-mail: marinilda.lima@fieb.org.br.

aplicação da confiabilidade, ter o controle dos seus ativos, reduzir custos, aumentando a disponibilidade, garantia da segurança, porém, sem reduzir a qualidade de produto. Portanto, as organizações atualmente, com a finalidade de obter bons resultados e vencer a alta concorrência, tem como foco manter a disponibilidade, assim como a confiabilidade, já que são de vital importância para a competitividade e sobrevivência no mercado.

A confiabilidade pode ser definida por Moubray (1997) como o período de tempo em que um equipamento, planta ou organização está disponível para realizar sua função. Este conceito pode ser observado sob três pontos de vista, o empresarial, o operacional e o técnico. Isso se deve à grande necessidade das empresas estarem focadas na otimização da produção e para isso seus setores necessitam acompanhar essa demanda, mas com focos diferentes. Do ponto de vista empresarial pode-se ter como disponibilidade o tempo que a empresa está atendendo a demanda do mercado e seus clientes, não se preocupando com variáveis operacionais nem com os equipamentos da planta, mas extremamente dependente dos bons resultados dos dois.

Do ponto de vista operacional, a disponibilidade é o tempo que a planta está produzindo para atender à necessidade empresarial, neste aspecto, os pontos mais importantes são as variáveis operacionais, como pressão, vazão, temperatura, especificação do produto etc. Sob a ótica da técnica, a disponibilidade é o tempo em que os equipamentos estão liberados e em condição de operar de forma que atenda a necessidade da produção. Como se pode ver existem várias maneiras de buscar a disponibilidade, mas todas elas estão ligadas entre si, de forma que uma depende da outra, formando uma pirâmide de dependência. A Figura I a seguir, ilustra a relação de dependência dos focos de disponibilidade:

**Figura I: A Pirâmide de Dependência dos Focos da Disponibilidade**



Fonte: Elaborado pelo autor (2014)

Nota-se que a disponibilidade dos equipamentos afeta diretamente a confiabilidade operacional da empresa, o que conseqüentemente influencia na gestão de ativos da organização. Tomando como referência a necessidade da

implantação da gestão de ativos e baseado na manutenção produtiva total, onde se busca a perda zero e a confiabilidade máxima da planta, o objetivo deste trabalho é apresentar a implantação do Grupo de Prevenção de Falhas (GPF) cuja finalidade foi aumentar a confiabilidade operacional dos equipamentos dinâmicos em uma indústria de refino de petróleo.

Este estudo ainda visa demonstrar que através do tratamento de anomalias em equipamentos dinâmicos, pode-se detectar o primeiro sinal de falha no equipamento, denominado nesse momento de anomalia, e reduzir o dano que essa falha causaria se chegasse a um potencial catastrófico. A implantação da metodologia impactou na redução de paradas inesperadas, no aumento da disponibilidade e confiabilidade de modo a garantir o controle dos ativos organizacionais. Neste aspecto, o tópico a seguir aborda a gestão de ativos na manutenção.

## **2. GESTÃO DE ATIVOS NA MANUTENÇÃO**

De acordo com Pinto e Xavier (2001), a importância da área da manutenção é cada vez mais fator determinante para o sucesso operacional das empresas. Por ser uma área estratégica, a gestão da manutenção é capaz não somente de implementar soluções, mas, gradativamente propor melhorias. Com ênfase nos aspectos técnicos, a evolução nos processos produtivos, tem desenvolvido sistemas com níveis consideráveis de segurança e confiabilidade. Diante disto, considerando a necessidade de gestão de seus ativos, o desafio para os gestores de manutenção é a perene busca por melhorias com a finalidade de aumentar a confiabilidade operacional. De acordo com a PAS 55 (2008), os ativos devem ser gerenciados com a finalidade de se atingir os objetivos estratégicos das empresas e devem ser concebidos como fator contribuinte para aumento da qualidade de serviços para a gestão da manutenção.

Segundo Bloch e Geitner (1999), com a necessidade cada vez maior de se aumentar a produção devido à alta competitividade do mercado, as empresas estão levando os seus equipamentos a operar em condições mais críticas do que no passado. No que tange às máquinas dinâmicas, nota-se que isto tem levado alguns destes equipamentos a apresentarem grande número de falhas.

Dentre estas máquinas, devem-se destacar as bombas que são imprescindíveis nas indústrias de processos contínuos. Elas são responsáveis por transportar os fluidos de um local para o outro, essencial e comum na grande maioria das indústrias, pode-se dar foco às bombas centrífugas, por serem os equipamentos mecânicos mais sensíveis a essas variações, principalmente do processo. De acordo com Lima (2013) as bombas transformam energia de velocidade em energia de pressão através da rotação do impelidor e ao formato de espiral da carcaça, onde reduz-se a seção da descarga em relação a sucção da bomba, para com a redução do volume do fluido, conseguir o aumento da pressão. Existem alguns modelos de bombas centrífugas classificadas pela API 610 (2010), dentre elas estão as com rotor entre mancais e as de rotor em balanço ou também conhecidas como *Back Pull Out (BPO)*, as duas mais comuns em indústrias de refino.

Observa-se que devido a essa alta demanda de produção as bombas tendem a falhar com maior frequência e as principais causas de falhas são:

- Falhas de mancais;

- Falhas de selo;
- Baixa vazão;
- Desalinhamento
- Desbalanceamento.

Através dessas falhas surge a necessidade crescente de tomar conta dos “ativos”. Sendo estes ativos físicos, econômicos até humanos, patrimônio da empresa. Para os filósofos Gorovitz e MacIntyre (1970 *apud* Gawande, 2011), a “falibilidade é inevitável”, ou seja, ela está além da capacidade humana e em algum momento vai acontecer.

### **3. CONFIABILIDADE OPERACIONAL EM UMA INDÚSTRIA DE REFINO**

Atualmente, nas indústrias de processo contínuo é de fundamental importância a aplicação dos conceitos de confiabilidade. Estimulados por paradas inesperadas de produção, causadas por indisponibilidades em equipamentos dinâmicos, tornou-se inevitável aos gestores, utilizar práticas e metodologias com o intuito de garantir e melhorar a confiabilidade. Dentre estas metodologias e técnicas pode-se citar: Manutenção Produtiva Total (TPM) e Análise por Árvore de Falhas (FTA), que são métodos dinâmicos, de simples entendimento e necessita do envolvimento de todo o corpo técnico para melhorar os resultados de produção, para atender o crescimento da demanda que o mercado vem impondo às empresas desse ramo.

Na busca de uma visão holística da organização e tomando como referência a necessidade da implantação da gestão de ativos, baseados na Manutenção Produtiva Total, onde se almeja a perda zero e a confiabilidade máxima da planta, este método de gestão identifica e elimina as perdas existentes, maximizando a utilização do ativo empresarial e garantindo a geração de produtos de qualidade a custos competitivos.

Vale destacar que, a implantação desses conceitos só é possível após uma mudança de cultura de vários setores da organização, desde setores administrativos, passando por setores produtivos e de manutenção. O desenvolvimento e a implantação destes métodos requerem o envolvimento, comprometimento e mudança cultural por parte da equipe envolvida. O tópico a seguir descreve o estudo de caso elaborado com a finalidade de melhoria da confiabilidade operacional.

### **4. ESTUDO DE CASO**

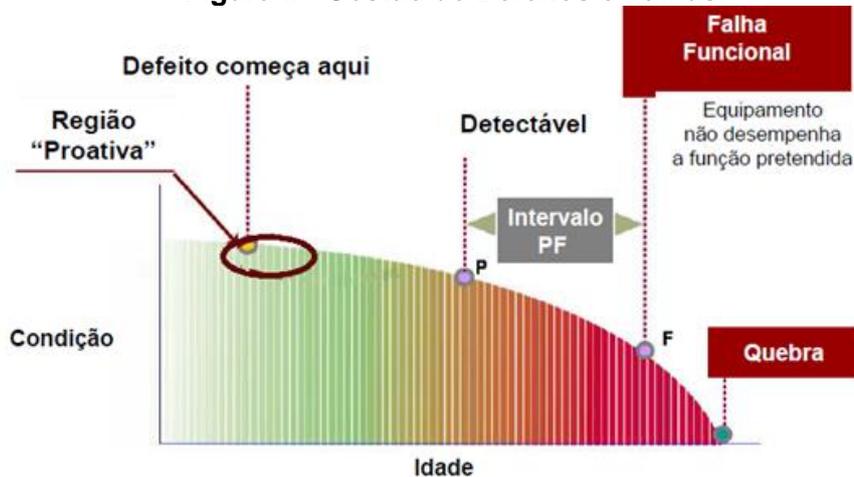
O estudo de caso ora apresentado foi desenvolvido em uma indústria de refino de petróleo. Atualmente esta indústria possui uma grande quantidade de bombas, as quais devem ser acompanhadas pela ronda operacional. A ronda operacional consiste no acompanhamento por parte da operação de algumas variáveis importantes para o sucesso operacional das bombas.

Este acompanhamento é realizado todos os dias pelos três turnos da operação, onde são utilizados instrumentos de coleta de dados. Essas variáveis adquiridas na ronda são lançadas no computador num *software* de coleta de dados. Através de um *software* de gerenciamento de alarmes, os dados coletados pelos operadores são acompanhados.

O Grupo de Prevenção de Falhas (GPF) foi criado em Agosto de 2010 com a finalidade de implantar a melhoria da produtividade e reduzir as paradas indesejadas. O GPF possuía o grande desafio de aumentar a confiabilidade operacional e reduzir o número de falhas em bombas e conseqüentemente, reduzir o número de equipamentos indisponíveis, que no ano de 2010 eram de aproximadamente 300 bombas, o que representava cerca de 20%, desses equipamentos na planta. A grande quantidade de bombas indisponíveis causava transtorno à fábrica, gerando grande número de paradas inesperadas da planta, conseqüentemente gerando perda significativa de produção bem como, aumento significativo dos custos de manutenção.

Utilizando como referência o estudo elaborado por Lafraia (2012), a Figura II, a seguir, mostra graficamente o ponto de atuação do Grupo de Prevenção de Falhas (GPF). Ou seja, a atuação do GPF começa justamente no início do defeito ou anomalia, quando ocorre os primeiros sinais de mudança em alguma das variáveis acompanhadas, intervindo antes do momento da falha funcional evitando a pane ou quebra.

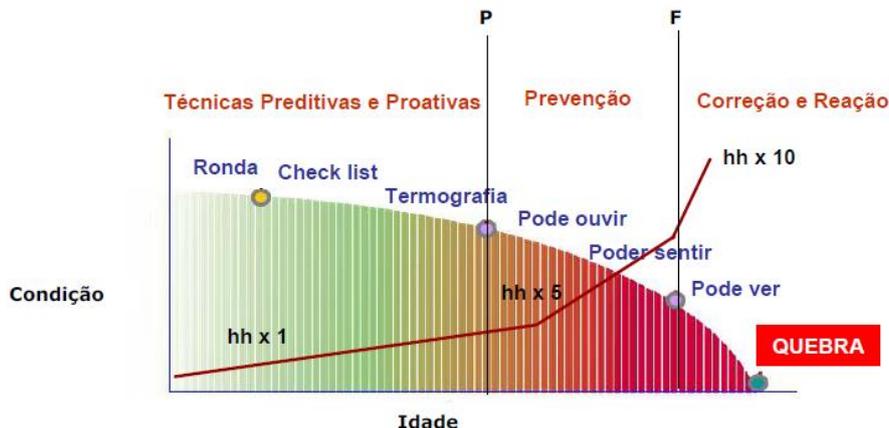
**Figura II - Gestão de Defeitos e Falhas.**



Fonte: Lafraia (2012).

Já a Figura III mostra as técnicas que podem ser utilizadas antes da ocorrência de uma pane, e o tempo de mão de obra que se gasta executando essas técnicas proativas em relação à correção.

**Figura III - Técnicas de Antecipação de Falhas**



Fonte: Lafraia (2012).

O Grupo de Prevenção de Falhas (GPF) foi composto por uma equipe de Manutenção Preditiva e uma equipe de Tratamento de Anomalias, sendo essas duas equipes assessoradas pela Assistência Técnica, uma equipe de Manutenção Preventiva (lubrificação) e pela Engenharia de Confiabilidade. O grupo atua dentro da estrutura do setor de Manutenção Industrial de Equipamentos Dinâmicos – MI/ED, que tem como líder um Gerente Setorial. O GPF é composto também por uma Engenheira Líder que atua logo abaixo da gerência, na hierarquia do setor, supervisionando as equipes de:

- Grupo de Manutenção Preditiva - Responsável pelo monitoramento de vibração, composta por cinco colaboradores da empresa, sendo que um, chamado de Técnico do CIC (Centro Integrado de Controle), fica fisicamente dentro da sala de controle da operação, junto com os operadores de painel, monitorando os equipamentos *online*, sendo um ponto de apoio às unidades operacionais, estreitando a relação entre manutenção e operação.
- Tratamento de Anomalias - Encarregada de monitorar as anomalias, realiza o diagnóstico, planeja e executa os serviços necessários para eliminação das anomalias nos equipamentos. Constituída por um técnico da própria empresa, que também atua como fiscal, além de um supervisor, um técnico, um planejador, seis mecânicos de máquinas e dois mecânicos de gaxetas, responsáveis por rotina de ajuste e substituição de gaxetas, todos terceirizados.

Ainda em apoio ao GPF existem duas equipes que são lideradas por um Engenheiro do ED – Equipamentos Dinâmicos, que são:

- A equipe de Lubrificação - Responsável pela rotina de lubrificação. Sendo formada por um técnico, que atua como fiscal, um engenheiro terceiro, um supervisor contratado e doze lubrificadores.
- Assistência Técnica - Fornece apoio técnico ao setor, acompanhando a qualidade técnica do serviço, procurando evitar reserviços e recorrência de falhas, propondo soluções e melhorias, atuando próximo ao GPF, como também da equipe de manutenção corretiva do setor. A assistência Técnica é formada por cinco técnicos da própria empresa, os mais experientes do setor, para utilizar a *expertise* na eliminação definitiva das falhas.

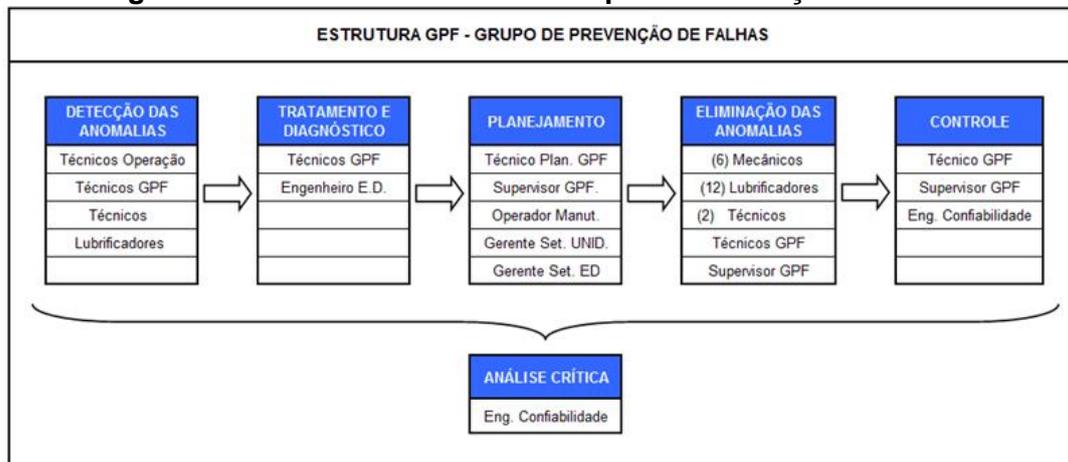
Procedendo, praticamente como auditor de todo o setor, a Engenharia de Confiabilidade, também conhecida como Equipe de Análise de Falhas, é coordenada por um Engenheiro Próprio e mais dois engenheiros terceirizados, que tem por objetivo fazer a análise de todas as falhas do setor, na maioria das vezes através de Análise por Árvore de Falhas (FTA), por tratar-se de uma análise mais dinâmica. Atuando juntamente ao GPF, propõem melhorias e buscam a todo o momento a causa raiz da anomalia ou falha, para reduzir as intervenções, tempo perdido com manutenção e custos do setor principalmente com sobressalentes e paradas inesperadas.

Evidenciando a Equipe de Tratamento de Anomalias, que é ponto focal desse trabalho, esta, se constitui por:

- Um técnico da própria empresa, responsável em acompanhar os alarmes gerados pela ronda operacional. Além de gerenciar e fiscalizar toda a equipe, auxiliando nos diagnósticos, planejamento e execução dos serviços na área industrial, exercendo o controle dos índices para que haja o maior número possível de anomalias solucionadas e falhas evitadas. É de fundamental importância que este técnico seja um “homem de manutenção moderno”. Ou seja, o técnico que atua no tratamento de anomalias deve priorizar sua atuação muito mais com os conceitos de prevenção de falhas do que com os de correção, portanto precisa ter uma *expertise* em equipamentos que lhe permita analisar criticamente os alarmes para serem tratados de forma mais rápida e eficiente possível.
- Um técnico terceirizado, membro da equipe encarregado de ir ao campo conferir a veracidade dos alarmes gerados pela ronda operacional, além de diagnosticar os problemas e propor possíveis soluções. Este técnico também exerce papel fundamental, vez que, necessita acompanhar a dinâmica imprescindível para eliminação das anomalias, pois a transformação de uma anomalia em uma falha, na maioria das vezes, não consegue ser gerenciada.
- Um supervisor terceirizado, incumbido de dar suporte técnico, mas principalmente acompanhar os mecânicos na área industrial, otimizando a produtividade destes.
- Um planejador terceirizado que é o responsável pelo planejamento dos serviços num *software* de planejamento e gestão, com o objetivo de obter recursos de outras oficinas, se for o caso, para apoiar o serviço.
- Seis mecânicos terceirizados que são os executantes dos serviços, responsáveis pela manutenção na área industrial.
- Dois mecânicos de gaxetas que são responsáveis por realizar a manutenção em gaxetas, tanto na substituição como no ajuste destes elementos.

O GPF conta com o apoio da Engenharia de Confiabilidade e Assistência Técnica, para a investigação e solução de problemas de maior complexidade que não possam ser resolvidos imediatamente e precisam de um estudo mais apurado, assim como da análise crítica do GPF. A Figura IV que segue ilustra a estrutura do GPF.

**Figura IV: A Estrutura do GPF – Grupo de Prevenção de Falhas**



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

## 5. A ATUAÇÃO DO GRUPO DE PREVENÇÃO DE FALHAS

A indústria de petróleo ora estudada, possui atualmente 1400 bombas, as quais devem ser acompanhadas pela ronda operacional. Para este acompanhamento que é realizado todos os dias pelos três turnos da operação, são utilizados uma caneta de vibração e um pirômetro a laser, além de um coletor de dados portátil tipo *palm*, onde são lançados os valores encontrados nas medições, para posteriormente serem transferidos para o computador em um *software* de coleta de dados.

Através de um *software* de gerenciamento de alarmes, os dados coletados pelos operadores serão acompanhados pelo Grupo de Prevenção de Falhas do setor de Manutenção Industrial de Equipamentos Dinâmicos – MI/ED, onde serão tratados os alarmes, chamados de Ordem de Serviço (OS), gerados pelo programa.

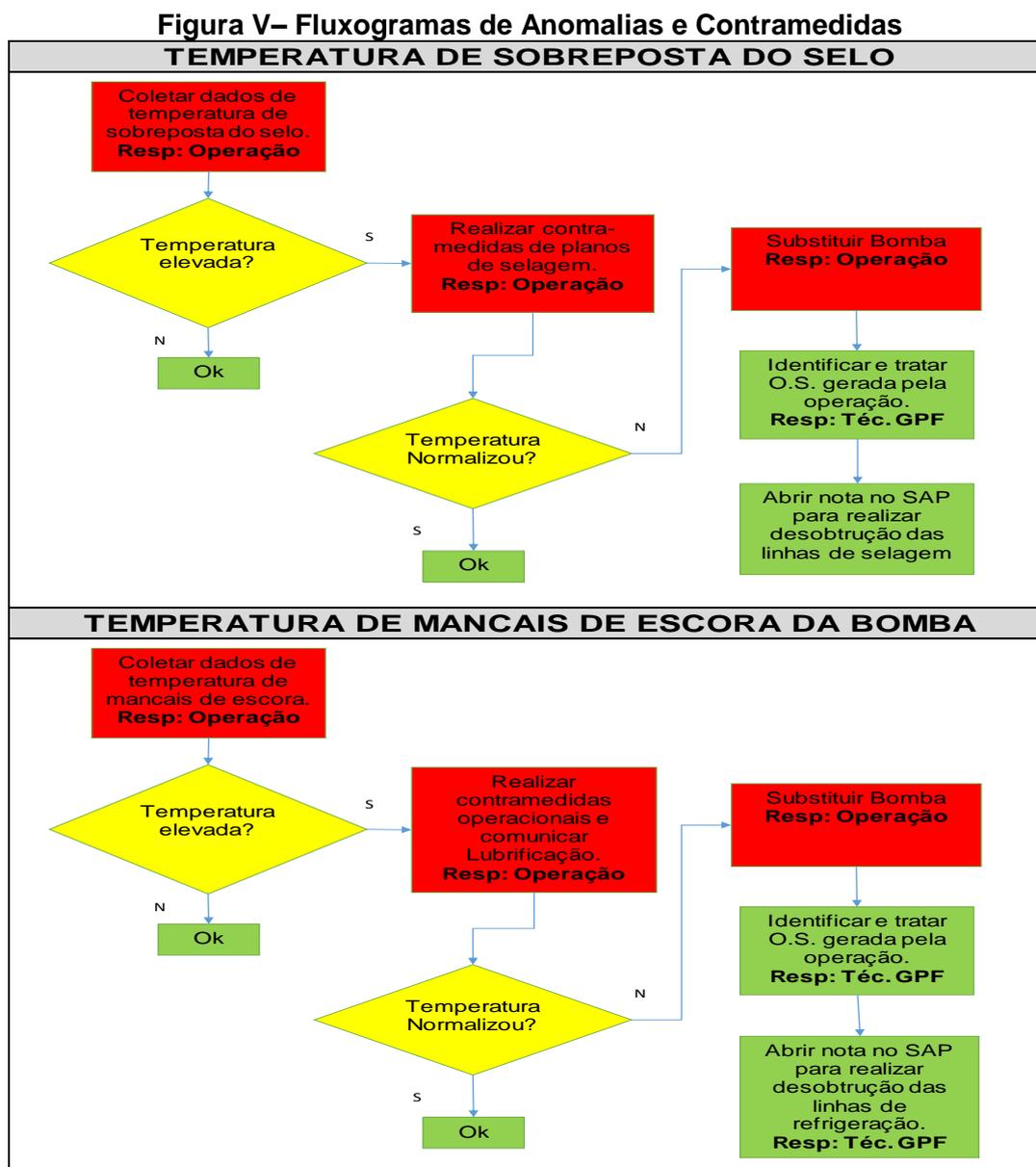
O gerenciamento dos alarmes é realizado pelo técnico da própria empresa, através de uma Planilha de Tratamento de Anomalias em Bombas, em que são preenchidos se esse alarme é real ou se foi um erro de informação no momento da coleta, assim como também é registrado o diagnóstico e se o problema foi ou não solucionado.

A confirmação da anomalia fica a cargo de um técnico terceirizado experiente, responsável em retornar ao equipamento que alarmou e efetua a medição novamente da variável correspondente ao alarme. Caso a anomalia se confirme, este mesmo técnico irá realizar a inspeção e os testes necessários para efetuar o diagnóstico preciso do problema. Uma vez, diagnosticado o problema, o técnico da própria empresa, pertencente ao GPF, juntamente com o técnico terceirizado irão discutir as possíveis soluções e providenciar os recursos necessários para execução do serviço e resolução da anomalia, através do preenchimento de um *checklist* de planejamento, que contém as

informações básicas, para que o serviço seja devidamente realizado no menor tempo possível e preferencialmente de forma imediata.

A execução dos serviços é realizada por mecânicos terceirizados exclusivos para o GPF, que são acompanhados por um supervisor, garantindo que o equipamento fique parado e indisponível para operação pelo menor tempo possível. A proposta é que o serviço seja realizado com o maior cuidado, atenção e limpeza de forma que não se introduza novos problemas ao invés de eliminá-los.

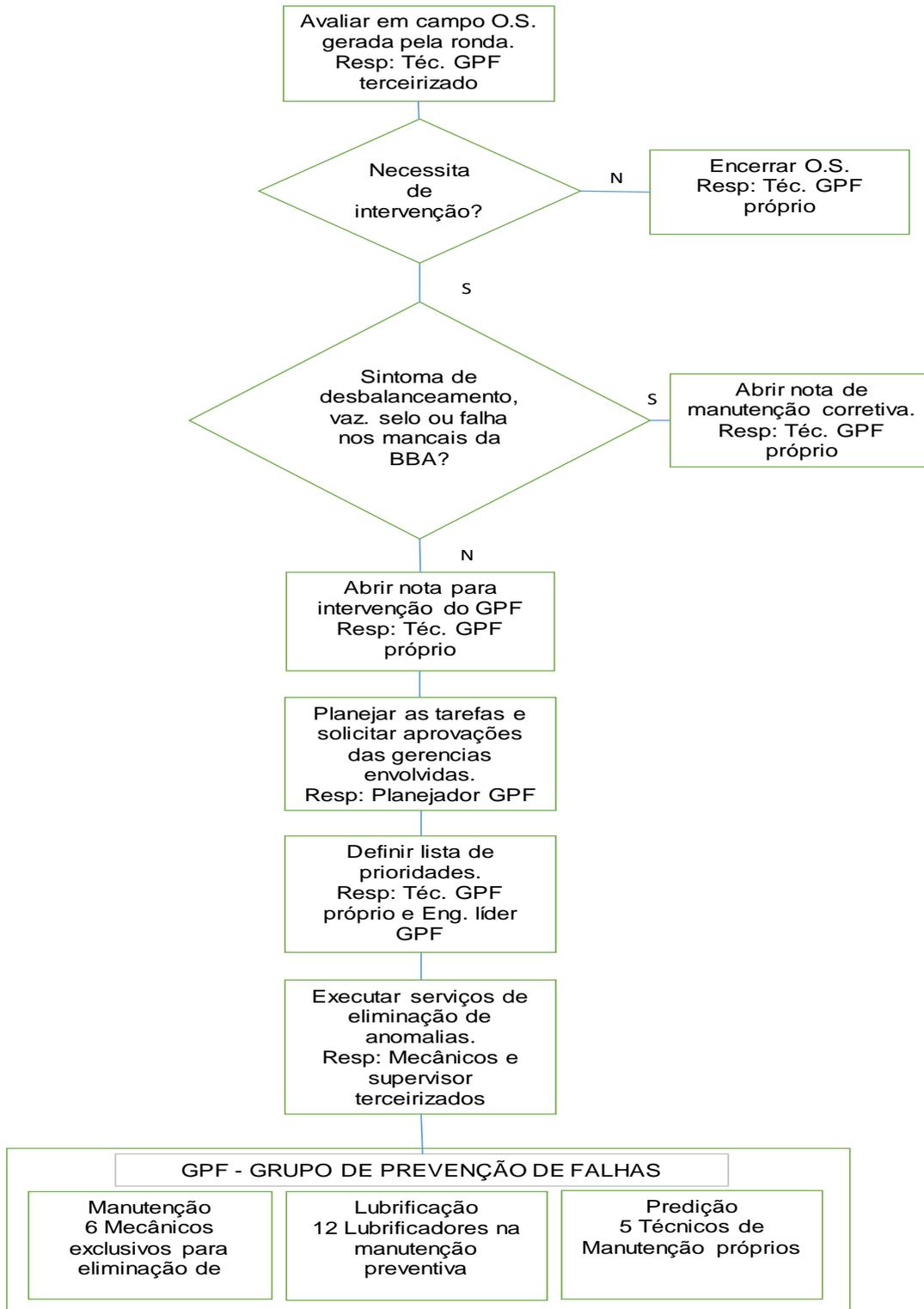
Após a intervenção e solução da anormalidade, o técnico da própria empresa, deve atualizar o sistema, para que possam ser gerados novos alarmes e para que a planilha possa gerar os índices de produção da equipe e do número de equipamentos “salvos” de uma possível falha que iria acontecer caso não fosse eliminada a anomalia. A Figura V mostra detalhadamente o fluxograma de alguns tipos de anomalias e quais as contramedidas imediatas que devem ser adotadas para a sua eliminação.



Fonte: Elaborado pelo autor (2011).

Já as etapas e o fluxo do planejamento de intervenções são mostrados na Figura VI, a seguir. O fluxograma ilustra as etapas do planejamento de intervenções do GPF, desde o aparecimento da O.S., que é o alarme gerado no *software* de gerenciamento de alarmes, passando pela avaliação do técnico na área, pelo planejamento da intervenção, liberação do serviço, até a liberação para a intervenção pelos executantes para a realização dos serviços e solução das anomalias.

**Figura VI – Fluxo e Etapas do Planejamento de intervenções.**



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Por fim, cabe a Engenharia de Confiabilidade analisar a ocorrência daquela anomalia, a fim de buscar a causa raiz para que não haja recorrência, servindo como aprendizado para futuras situações que possam acontecer. Assim, no tópico a seguir, são apresentados os resultados alcançados com as ações do GPF- Grupo de Prevenção de Falhas.

## 6. RESULTADOS

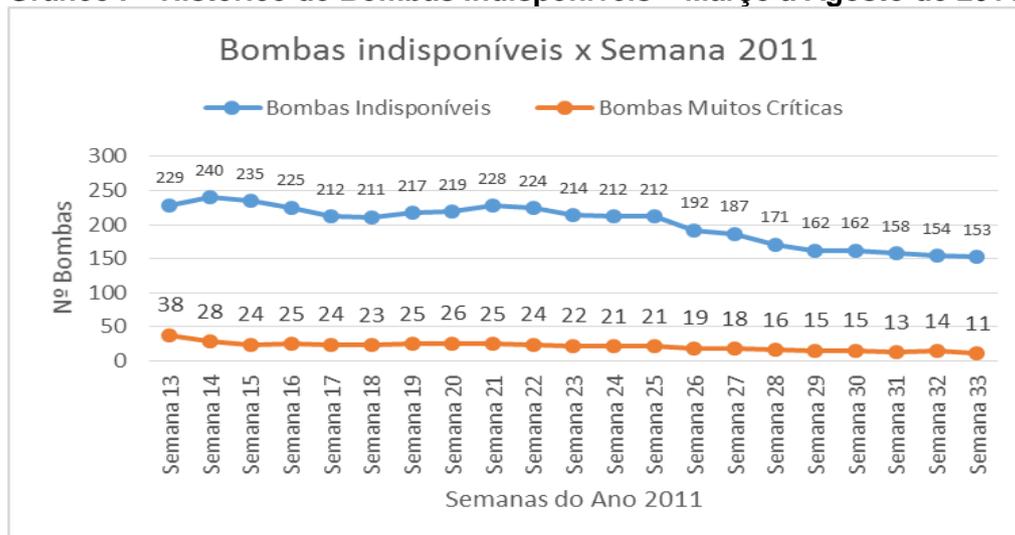
Os resultados apresentados demonstram que a implantação e desenvolvimento das ações do GPF contribuíram sobremaneira para melhoria do sucesso operacional da empresa. A metodologia de atuação com base na antecipação de falhas atendeu integralmente aos objetivos previstos na fase de projeto. Dentre estes se podem citar:

### 1. Redução da indisponibilidade de bombas

A partir de março de 2011, após 06 (seis) meses da implantação do GPF, foi empreendido grande esforço para reduzir a elevada indisponibilidade de bombas, que era de 240 equipamentos, aproximadamente 17% do ativo. Este número foi reduzido para 153 bombas, um decréscimo de aproximadamente 90 bombas indisponíveis, o que corresponde a diminuição de 38% da indisponibilidade dos equipamentos.

Vale destacar que, cada bomba indisponível significa uma fragilidade para a fábrica, pois a falha de um equipamento sem reserva pode provocar fortes impactos no processo produtivo. Ressalta-se que neste mesmo período a redução na indisponibilidade de bombas críticas (do ponto de vista de segurança ou perda de produção) foi de 38 para 11, o que corresponde a uma redução de 70% na indisponibilidade dessas bombas. O Gráfico I a seguir ilustra estes resultados.

**Gráfico I – Histórico de Bombas Indisponíveis – Março a Agosto de 2011.**



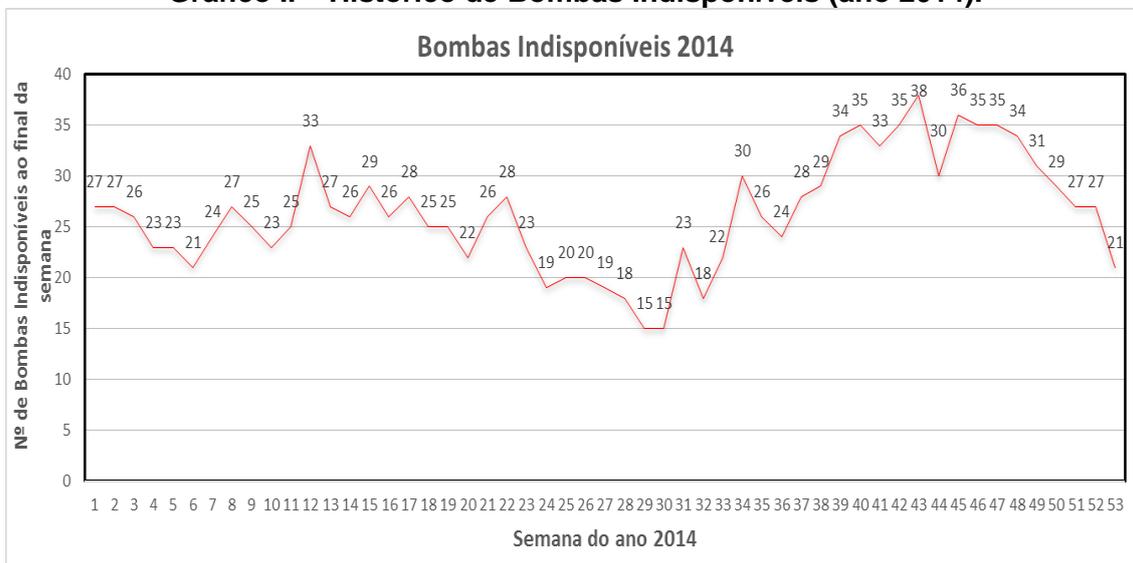
Fonte: Elaborado pelo autor (2011).

Após a etapa de implantação, os resultados foram avançando, chegando a um estágio onde não era mais necessário o acompanhamento de bombas críticas, pois a produção atingiu um patamar que a falta de qualquer equipamento se

tornou crítica para a produção. Ou seja, com o aumento da produtividade a demanda pela disponibilidade dos equipamentos também aumentou.

O Gráfico II, a seguir, apresenta o recorde histórico de 15 bombas indisponíveis, aproximadamente 1% do ativo total, no mês de agosto de 2014, havendo uma oscilação em torno de 30 bombas indisponíveis no ano de 2014.

**Gráfico II – Histórico de Bombas Indisponíveis (ano 2014).**

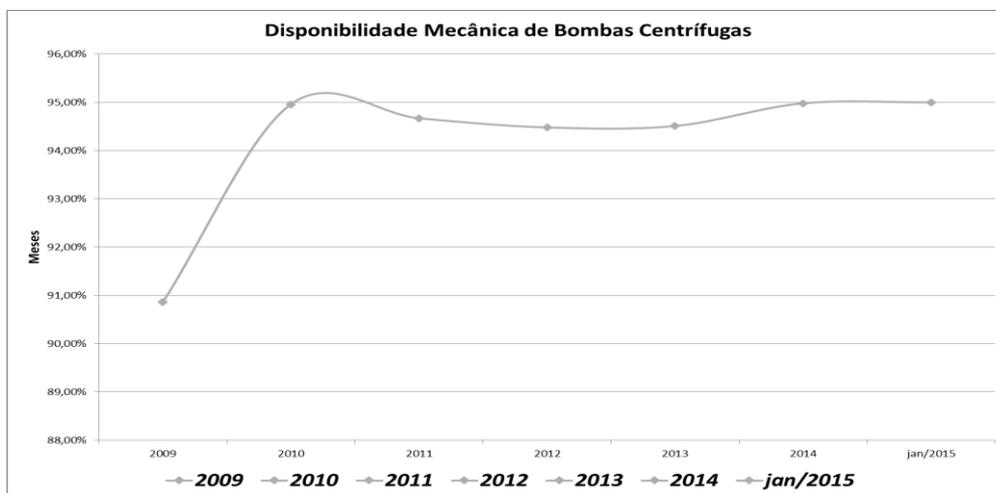


Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Todo o trabalho resultou num aumento significativo da disponibilidade de bombas centrífugas, chegando a 95% em média, nos anos de 2010 para 2011, ocorrendo uma tendência de estabilização nos anos posteriores.

O Gráfico III abaixo ilustra o avanço dos resultados alcançados, caracterizando-se em aumento de confiabilidade desses equipamentos. Apesar do crescimento sensível da disponibilidade, os bons resultados só são alcançados em relação à produção após algum tempo de estabilidade, pois não adianta possuir uma disponibilidade alta, se ocorre quebra constante, já que resultaria em paradas inesperadas das unidades e perdas de produção.

**Gráfico III - Evolução da Disponibilidade de Bombas Centrífugas**

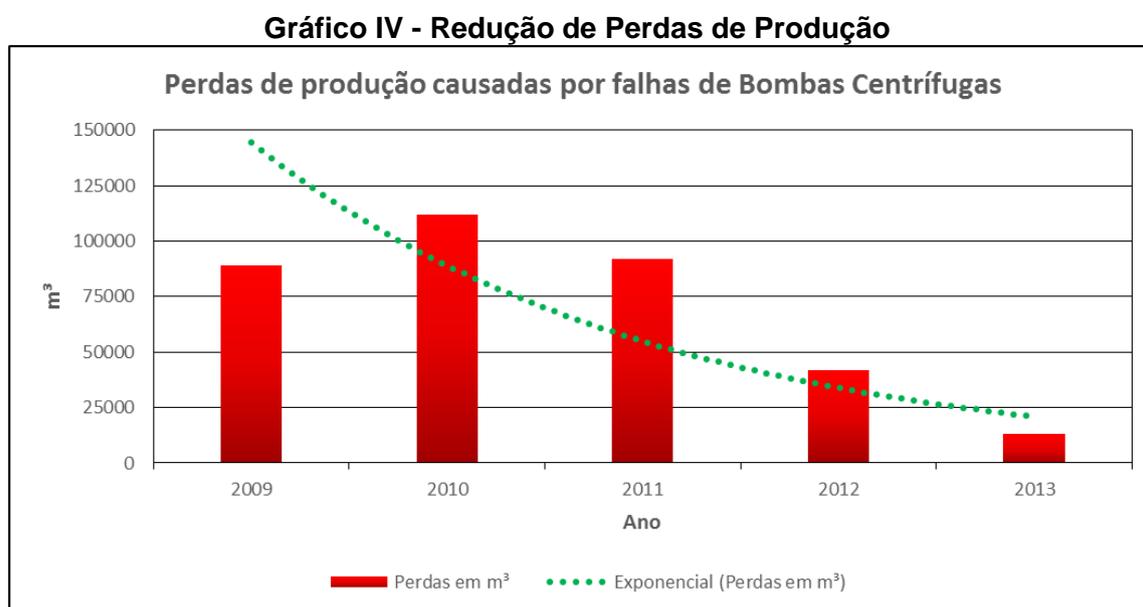


Fonte: Elaborado pelo autor (2014)

## 2. Redução de perdas causadas por indisponibilidade de bombas.

A redução de perdas de produção por motivo da manutenção é o maior objetivo quando se pensa em eliminar falhas, é o *benchmark*, a meta traçada e o grande desafio a ser alcançado pela organização. Vale destacar que, este objetivo só pode ser conseguido se toda a mão de obra estiver voltada para o foco da perda zero, ou perda mínima. Com toda a equipe técnica envolvida, mas principalmente, a operação e a manutenção integradas e como “donos dos ativos”, os resultados tornam-se muito mais factíveis.

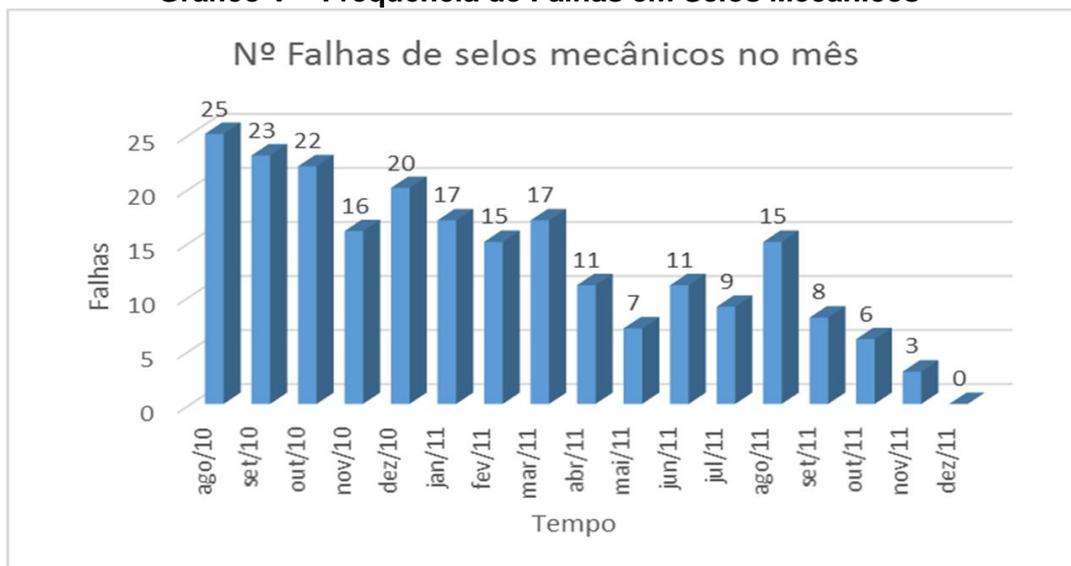
O Gráfico IV abaixo mostra a evolução da diminuição das perdas por processamento. Os dados demonstram que o aumento de equipamentos disponíveis diminuiu as perdas de processamento, ou seja, conclui-se que quanto maior a disponibilidade, menores são as perdas.



## 3. Redução da Taxa de Falhas em Selos Mecânicos de Bombas

Após o acompanhamento da ronda operacional pelo GPF, ficou evidenciada o decréscimo significativo de falhas relacionadas a selos mecânicos. A quantidade de falhas por mês que era de 25 falhas em Agosto de 2010 passou para nenhuma falha em Dezembro de 2011. Ou seja, houve uma redução de aproximadamente 100% das falhas de selos mecânicos de bombas centrífugas. Este resultado reflete diretamente na diminuição de perdas por falhas em bombas, dando destaque a importância do tratamento de anomalias para evitar falhas e proporcionar a unidade operacional uma maior confiabilidade e segurança. O Gráfico V ilustra estes dados.

**Gráfico V – Frequência de Falhas em Selos Mecânicos**



Fonte: Elaborado pelo autor (2011)

Outro dado que merece destaque diz respeito à relação de tempos gastos nas intervenções. A Tabela I, a seguir ilustra a relação dos tempos gastos em duas intervenções de dois equipamentos semelhantes, mas que um sofreu intervenção corretiva e o outro, intervenção proativa programada pelo GPF. Vale ressaltar que, para a realização da manutenção corretiva (219hs) o tempo gasto é quase cinco vezes maior quando comparado com as intervenções realizadas pelo GPF (46hs). Isso demonstra que a complexidade da manutenção no início do defeito, no caso anomalia, é muito menor e expõe muito menos os envolvidos, tanto a unidade operacional quanto o pessoal de manutenção e operação. Ou seja, a atuação pelo GPF no início da anomalia demanda menor tempo do que a realização da manutenção corretiva já no estágio avançado da falha. A Tabela I a seguir mostra estes dados.

**Tabela I - Relação de Tempo e Tipo de Intervenção**

FURO NO TROCADOR DE CALOR E VAZAMENTO NA SELAGEM DA BOMBA				AUMENTO DA TEMPERATURA DE SELAGEM DA BOMBA E MANCAIS DA TURBINA			
TAREFA	EQPTO	MANUTENÇÃO CORRETIVA	HH	EQPTO	INTERVENÇÃO DO GPF	HH	
1	204	DEENERGIZAR MOTOR	4	204A	REMOVER LINHAS DE FLUSHING DO SELO	2	
2	204	RAQUETEAR SUÇÃO E DESCARGA	4	204A	REMOVER TROCADOR DE CALOR	2	
3	204	DESACOPLAR CONJUNTO	2	204A	INSPECIONAR GOVERNADOR	2	
4	204	REMOVER LINHAS DE LUBRIF E SELAGEM	1	204A	HIDROJETEAR TROCADOR E LINHAS	4	
5	204	REMOVER BOMBA	8	204A	APOIO DE HIDROJATO	2	
6	204	APOIO DE MÁQ. DE CARGA (REMOÇÃO)	4	204A	ABRIR CAIXA DE MANCAIS P INSPEÇÃO	8	
7	204	ENERGIZAR MOTOR	4	204A	INSTALAR TROCADOR NA POSIÇÃO HORIZONTAL	2	
8	204	TESTAR MOTOR EM VAZIO	4	204A	CHUMBAR SUPORTES NA BASE	8	
9	204	DEENERGIZAR MOTOR	4	204A	FECHAR CAIXA DE MANCAIS DA TURBINA	8	
10	204	REMOVER SELO	4	204A	INSTALAR LINHAS DE FLUSHING DO SELO	2	
11	204	FAZER DIMENSIONAL DA BOMBA	8	204A	DESACOPLAR	1	
12	204	REVISAR SELO	32	204A	TESTAR TRIP DA TURBINA	2	
13	204	INSTALAR SELO	4	204A	ACOPLAR	1	
14	204	INSTALAR BOMBA	8	204A	TESTAR JUNTO OPERAÇÃO	2	
15	204	APOIO DE MÁQ. DE CARGA (INSTALAÇÃO)	4		<b>TOTAL (HH)</b>	<b>46</b>	
16	204	CONFECCIONAR LINHAS DO TROCADOR	8				
17	204	REMOVER RAQUETES	4				
18	204	MONTAR PAU DE CARGA (ANDAIME)	16				
19	204	CONFECCIONAR INST SUPORTE DO TROCADOR	32				
20	204	CHUMBAR SUPORTE NA BASE	8				
21	204	INSTALAR TROCADOR DE CALOR	16				
22	204	PRÉ MONTAR TROCADOR	16				
23	204	INSTALAR LINHAS AUXILIARES	2				
24	204	ACOPLAR CONJUNTO	2				
25	204	ALINHAR CONJUNTO	12				
26	204	ENERGIZAR MOTOR	4				
27	204	TESTAR JUNTO A OPERAÇÃO	4				
		<b>TOTAL (HH)</b>	<b>219</b>				

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente estudo do tratamento de anomalias em bombas através de técnicas de diagnose é bastante amplo e de grande importância para as empresas, pois abrangem as dimensões de gestão de ativos físicos e humanos, vez que, para além do aumento da confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos a metodologia aborda as questões de segurança, atuando na redução da exposição das pessoas ao risco de falhas catastróficas e inesperadas através do acompanhamento continuo das condições operacionais dos equipamentos.

Com base nos resultados o estudo demonstrou que o tratamento de anomalias em bombas centrífugas pode ser implantado e garantido sua viabilidade. Além do investimento inicial para a implantação ser relativamente baixo, os resultados são alcançados em médio prazo. Com o acompanhamento do estado da máquina, o profissional é capaz de apontar a anormalidade, evitando que o equipamento falhe de maneira repentina. Além disso, permite um estudo da causa raiz, evitando futuros problemas.

Por fim, conclui-se que, através da monitoração dos equipamentos, realizada através de uma equipe que envolve técnicos, supervisores, gestores e engenharia torna-se uma ferramenta de gestão estratégica que contribui significativamente para qualidade dos serviços de manutenção. Os dados podem ser constatados através do aumento da confiabilidade, da redução nas perdas de produção, mas outro ponto de fundamental importância que pode ser contabilizado quando se reduz o tempo, complexidade e número de intervenções é a segurança dos ativos da empresa, devido a redução de exposição aos riscos e possibilidade de erro humano. Para além, o trabalho demonstra os ganhos em confiabilidade, redução de custos, como também aumento da segurança industrial o que contribui sobremaneira para o sucesso operacional.

## 8. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462 Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994. 3 p.

ANSI/API STANDARD 610; **Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries**, Eleventh Edition, Washington: API, 2010.

BLOCH, H. P.; GEITNER F. K.; **Practical machinery management for process plants: Machinery Failure Analysis and Troubleshooting**, Third Edition, Volume 2, Gulf Professional Publishing, Texas, 1999.

LAFRAIA, J.R.B.; **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**. Qualitymark, 2001.

LAFRAIA, J.R.B.; **Apresentação de Sistema de Gestão da Excelência Operacional**. Curitiba, 2012.

LIMA, E. P. C.; **Mecânica das Bombas**, 2.ed., Rio de Janeiro: Interciência: PETROBRAS, 2003.

GAWANDE, A.; **Checklist: como fazer as coisas benfeitas**. Rio de Janeiro: Sextante, 2011.

MOUBRAY, J.; **Reliability-centered Maintenance**, Second Edition, Butterworth Heinemann, London UK, 1997.

PAS 55:2008 - **Gestão de Ativos – BSI – British Standards Institute**. Grã-Bretanha, (traduzido pela ABRAMAN. Brasil). Editora Qualitymark, 2008.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N.; **Manutenção Função Estratégica**, 2.ed., Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2001.