



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE  
SERGIPE - FANESSE  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**RENAN BARBOSA DE ASSIS**

**PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO:  
Estudo de caso em serviços de sistema de automação em  
poços de petróleo**

**Aracaju – SE  
2016.1**

**RENAN BARBOSA DE ASSIS**

**PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO:  
Estudo de caso em serviços de sistema de automação em  
poços de petróleo**

**Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Engenharia de Produção da Faculdade de Administração e Negócio de Sergipe - FANESE, como requisito para obtenção da Graduação em Engenharia de Produção.**

**Orientador: Prof. Esp. Josevaldo dos Santos Feitoza**

**Coordenador de Curso: Prof. MSc. Alcides Araújo**

**Aracaju – SE  
2016.1**

**RENAN BARBOSA DE ASSIS**

**PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO:  
Estudo de caso em serviços de sistema de automação em  
poços de petróleo**

Monografia apresentada à banca examinadora da Faculdade de Administração e Negócio de Sergipe – FANESE, como requisito parcial e elemento obrigatório para obtenção do grau bacharel em Engenharia da Produção, no período de 2016.1.

---

**Esp. Josevaldo dos Santos Feitoza**  
**Orientador**

---

**Me. Bento Francisco dos Santos Júnior**  
**Examinador**

---

**Dr. Andrés Manuel Villafuert Oyola**  
**Examinador**

Aprovado (a) com média: \_\_\_\_\_

Aracaju (SE), \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2016.

**Dedico este trabalho aos meus pais, a  
minha família e a todos que me  
apoiaram.**

## **AGRADECIMENTOS**

**Agradeço a Deus por sempre iluminar meu caminho e me presentear com saúde, paciência... e perseverança para o alcance de mais um objetivo.**

**A meus pais, familiares, amigos e esposa pela compreensão nos meus momentos de ausência e pelas infinitas demonstrações de incentivos.**

**Aos professores que me orientaram nesta conquista, Josevaldo dos Santos Feitoza, Bento Júnior, Fabiane Serpa, Andrés Villafuerte, Ubirajara Batista e Alcides Araújo, pelo estímulo, ensinamentos, críticas, dedicação e pela confiança em meu trabalho.**

**A Antônio Carlos Pereira Machado, Wendson Correia Santos, Sidney Fontes dos Santos, Allan dos Santos Dultra, José Marques e a todos os colaboradores do PCM, operação e instrumentação/automação pela confiança no acesso às informações necessárias e pela oportunidade de desenvolvimento e expansão de conhecimentos no tema aqui apresentado.**

**Aos colegas que participaram de parte da análise proposta no estudo de caso. São eles: Graziella Feitoza Conceição e Raimundo Nonato.**

**Aos demais professores, a instituição FANESE, e a todos que durante os anos de formação compartilharam comigo de ferramentas de conhecimento ou se tornaram pontes de ensinamento.**

**“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”. (Albert Einstein)**

## **RESUMO**

**Com o mercado de produção de petróleo globalizado, a necessidade de produzir em grandes quantidades e conseguir vantagens competitivas faz com que as empresas petrolíferas sejam desafiadas a desenvolver constantemente inovações estratégicas que ofereçam respostas rápidas de forma a garantir o melhor desempenho contínuo no funcionamento de todos os equipamentos e ferramentas necessárias à produção de petróleo. Dois fatores que contribuem significativamente no acompanhamento da produção de petróleo através de poços terrestres é a utilização de sistemas de automação, cuja finalidade é o monitoramento em tempo real das condições dos poços de petróleo e o gerenciamento adequado desses sistemas de forma a garantir a continuidade funcional. O presente trabalho consiste em um estudo de caso tendo como principal objetivo propor a implantação de ferramentas compatíveis para a promoção de maior disponibilidade do sistema de automação. No desenvolvimento deste trabalho foram feitas observações, entrevistas e coletas de dados, das etapas e atividades realizadas, em campo e nos setores de operação, planejamento e manutenção, desde a ocorrência da falha ou defeito ao seu saneamento, ou seja, foram acompanhadas todas as atividades referente ao fluxo do processo. Posteriormente, foram aplicadas análises das informações coletadas com auxílio de ferramentas da qualidade. A partir dos resultados obtidos, foram expostas as ocorrências mais recorrentes e elaborado planos de ação para tratar e reduzir as causas potenciais que geram perdas em todo o fluxo do processo. Os planos de ação possibilitaram a aplicação de melhorias contínuas, através de ferramentas, que otimizem todos os recursos necessários a melhorar a eficiência da disponibilidade e confiabilidade dos sistemas de automação e, conseqüentemente, a redução de custos, controle ambiental; por fim, a sustentabilidade e longevidade dos negócios no mercado petrolífero.**

**Palavras-chave: Sistema de automação. Planejamento e controle da manutenção. Produção de petróleo. Ferramentas da qualidade.**

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Evolução da manutenção .....	18
Quadro 2 – Exemplo de símbolos de fluxograma .....	48
Quadro 3 – Variáveis e indicadores de pesquisa .....	63
Quadro 4 – Plano de ação análise de falhas do sistema de automação .....	75
Quadro 5 – Causas dos problemas relacionados as falhas de carga .....	79
Quadro 6 – Irregularidades no setor de operação.....	83
Quadro 7 – Irregularidades no setor de PCM.....	84
Quadro 8 – Irregularidades no setor de manutenção .....	84
Quadro 9 – Irregularidades no setor de operação.....	85
Quadro 10 – Irregularidades no setor de PCM.....	86
Quadro 10.1 – Irregularidades no setor de PCM (continuação) .....	87
Quadro 11 – Irregularidades no setor de manutenção .....	87
Quadro 11.1 – Irregularidades no setor de manutenção (continuação) .....	88



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Diagrama de Pareto de falhas do sistema de automação .....	71
Gráfico 2 – Falhas de equipamentos de automação em 2014 e 2015 .....	71
Gráfico 3 – Falhas detalhadas de equipamentos de automação .....	72
Gráfico 4 – Diagrama de Pareto da falha de carga .....	73
Gráfico 5 – Diagrama de Pareto da falha de comunicação .....	73
Gráfico 6 – Diagrama de Pareto de falhas do sistema de automação .....	76
Gráfico 7 – Falhas detalhadas de equipamentos em 2015 e 2016 .....	77
Gráfico 8 – Produtividade X Falhas detalhadas dos sistema de automação .....	77
Gráfico 9 – Diagrama de Pareto da falha de carga .....	78
Gráfico 10 – Durabilidade X Valor médio .....	80

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tela principal SISAL.....	29
Figura 2 – Tela principal SMI.....	31
Figura 3 – Módulo SAP R/3.....	32
Figura 4 – Tela de criação de notas no SAP R/3.....	33
Figura 5 – Tela de criação de ordens de manutenção no SAP R/3.....	34
Figura 6 – Método de elevação natural.....	35
Figura 7 – Método gás-lift contínuo.....	37
Figura 8 – Método gás-lift intermitente.....	37
Figura 9 – Método bombeio hidráulico a jato (BHJ).....	38
Figura 10 – Método bombeio por cavidades progressivas (BCP).....	39
Figura 11 – Método bombeio centrífugo submerso (BCS).....	40
Figura 12 – Método bombeio mecânico com hastes (BM).....	42
Figura 13 – Arquitetura dos equipamentos no poço e supervisão.....	43
Figura 14 – Carta dinamométrica.....	44
Figura 15 – Sistema de automação (sensores, atuadores, UTR).....	45
Figura 16 – Célula de carga.....	45
Figura 17 – Extensômetro ou strains gage.....	46
Figura 18 – Ponte de wheatstone.....	46
Figura 19 – Exemplo de fluxograma.....	49
Figura 20 – Exemplo de diagrama de Pareto.....	51
Figura 21 – Exemplo de diagrama de causa e efeito.....	52
Figura 22 – Método 5W1H.....	53
Figura 23 – Ciclo PDCA.....	54
Figura 24 – SDCA para atingir metas padrão.....	55
Figura 25 – PDCA para atingir metas de melhoria.....	56
Figura 26 – Fluxograma básico de PCM do sistema de automação.....	65
Figura 27 – Tela status dos poços no supervisório (SISAL).....	69
Figura 28 – Tela detalhada do poço de petróleo (SISAL).....	70
Figura 29 – Diagrama de causa e efeito da falha de carga.....	79
Figura 30 – Organograma gerência manutenção e inspeção.....	82
Figura 31 – Organograma planejamento e controle da manutenção.....	83

# SUMÁRIO

RESUMO

LISTA DE QUADROS

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE FIGURAS

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1 Situação Problema .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2 Objetivos .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2.1 Objetivo geral .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>15</b>
<b>1.3 Justificativa.....</b>	<b>15</b>
<b>1.4 Caracterização da empresa.....</b>	<b>16</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 História e Evolução da Manutenção .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Conceitos da Manutenção .....</b>	<b>19</b>
<b>2.3 Tipos de Manutenção.....</b>	<b>19</b>
<b>2.3.1 Manutenção corretiva .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.1.1 Manutenção corretiva não planejada.....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.1.2 Manutenção corretiva planejada.....</b>	<b>22</b>
<b>2.3.2 Manutenção preventiva.....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.3 Manutenção preditiva.....</b>	<b>24</b>
<b>2.3.4 Manutenção detectiva.....</b>	<b>25</b>
<b>2.3.5 Engenharia de manutenção.....</b>	<b>26</b>
<b>2.4 Sistemas de Planejamento e Controle de Manutenção.....</b>	<b>27</b>
<b>2.4.1 Sistema supervisorio para automação da elevação (SISAL).....</b>	<b>28</b>
<b>2.4.2 Sistema de solicitações de manutenção e inspeção (SMI).....</b>	<b>30</b>
<b>2.4.3 Sistema integrado de gestão empresarial (SAP ERP/R3) .....</b>	<b>31</b>
<b>2.5 Poços de Produção de Petróleo .....</b>	<b>34</b>
<b>2.5.1 Método de elevação natural .....</b>	<b>35</b>
<b>2.5.2 Método de elevação artificial.....</b>	<b>35</b>
<b>2.5.2.1 Gas-lift contínuo e intermitente (GLC e GLI).....</b>	<b>36</b>
<b>2.5.2.2 Bombeio hidráulico a Jato (BHJ) .....</b>	<b>38</b>
<b>2.5.2.3 Bombeio por cavidades progressivas (BCP).....</b>	<b>38</b>
<b>2.5.2.4 Bombeio centrífugo submerso (BCS).....</b>	<b>40</b>
<b>2.5.2.5 Bombeio mecânico com hastes (BM) .....</b>	<b>41</b>
<b>2.5.3 Sistema de automação de poços de petróleo.....</b>	<b>42</b>
<b>2.5.4 Células de carga .....</b>	<b>45</b>
<b>2.6 Ferramentas da Qualidade .....</b>	<b>47</b>

2.6.1 Fluxograma ou diagrama de processo.....	47
2.6.2 Diagrama de Pareto.....	50
2.6.3 Diagrama de causa e efeito .....	51
2.6.4 Brainstorming.....	52
2.6.5 Método 5W1H.....	52
2.6.6 Método PDCA .....	54
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>57</b>
3.1 Abordagem Metodológica .....	57
3.2 Caracterização da Pesquisa .....	58
3.2.1 Quanto aos objetivos ou fins .....	58
3.2.2 Quanto ao objeto ou meios .....	59
3.2.3 Quanto ao tratamento dos dados .....	60
3.3 Instrumentos de Pesquisa.....	61
3.4 Unidade, Universo e Amostra da Pesquisa.....	62
3.5 Definição das Variáveis e Indicadores da Pesquisa .....	63
3.6 Plano de Registro e Análise dos Dados .....	63
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>64</b>
4.1 Processo de planejamento e controle da manutenção.....	64
4.1.1 Sugestões apresentadas .....	66
4.1.2 Sugestões acatadas.....	66
4.1.3 Sugestões não acatadas.....	67
4.2 Falhas ocorridas no funcionamento dos equipamentos.....	67
4.2.1 Sugestões apresentadas .....	74
4.2.2 Sugestões acatadas.....	75
4.2.3 Sugestões não acatadas.....	81
4.3 Irregularidades de atividades no planejamento e controle da manutenção.....	81
4.3.1 Sugestões apresentadas .....	84
4.3.2 Sugestões acatadas.....	88
4.3.3 Sugestões não acatadas.....	89
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>90</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>92</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>96</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No século VIII, durante a Revolução Industrial, além do desenvolvimento da manufatura, houve a implantação do capitalismo cujo objetivo era transformar todos os meios de produção e distribuição em propriedades privadas e com fins lucrativos. Essa conflagração fez com que, no início do século XX, sucedesse o fenômeno da globalização, também chamada de Revolução Tecnológica, possibilitando maior aproximação mundial entre as organizações e melhor integração econômica, política, social e cultural, facilitando a vazão da produção.

As organizações se beneficiaram com a aceleração da produção e, conseqüentemente, com o aumento dos lucros. Essa necessidade de produzir em grandes quantidades desencadeou, na indústria mundial, uma nova visão para o cenário produtivo. Um panorama de mudanças constantes e de alta competitividade onde a permanência das empresas, nesse mercado, procede numa busca incessante a se adequar as exigências mercadológicas.

No setor produtivo nacional, o impacto da continuidade num mercado competitivo, afeta tanto empresas com experiências e tecnologias de primeiro mundo, quanto outras que nem sequer dispõem do mínimo de organização da produção, manutenção, dentre outros. Talvez o grande desafio das empresas seja manter-se em pleno funcionamento. Nos processos produtivos realizados pelos poços de produção de petróleo no Brasil, mais especificamente no estado de Sergipe, não é uma tarefa muito fácil, pois ocorrem paradas constantes de produção decorrentes de inúmeros problemas gerados pela utilização de equipamentos antigos ou danificados, e até mesmo, mais sofisticados, porém, sem o devido acompanhamento.

Com intuito de se antecipar as informações que sinalizem possíveis paradas e não programadas dos poços de produção de petróleo, faz-se o uso de sistemas de automação, chamado de Unidade de Transmissão Remota (UTR), cuja finalidade consiste no monitoramento, em tempo real, das condições de funcionamento dos poços de petróleo.

Neste contexto, percebe-se que garantir a disponibilidade e confiabilidade dos poços de petróleo pode estar associada à implantação ou otimização de ferramentas

de planejamento e controle, atrelando-as a manutenções mais sofisticadas que condigam com o objetivo das organizações. Garantindo, assim, otimização dos custos, melhor eficiência na disponibilidade dos equipamentos, processos produtivos mais enxutos, produtos de melhor qualidade, aumento da competitividade, enfim, a sustentabilidade e longevidade dos negócios no mercado.

## **1.1 Situação Problema**

A HOPE Serviços é uma empresa prestadora de serviços no segmento de exploração e produção de petróleo e gás, telecomunicações, mineração, indústria, dentre outros. Atualmente, a mesma atua na PETROBRAS, unidade de Carmópolis-SE, no setor de manutenção e inspeção desenvolvendo atividades de planejamento e controle da manutenção.

No entanto, mesmo contando com diversos procedimentos e ferramentas de serviços de manutenção e recursos tecnológicos, a empresa vem demonstrando inadequações no que diz respeito ao planejamento e, conseqüentemente, ao controle dos serviços de manutenção de equipamentos e instrumentos, referentes ao sistema de automação de poços de produção de petróleo, contribuindo com irregularidades em todo processo e, levando até mesmo à indisponibilidade do sistema.

As principais não conformidades identificadas são: falhas de solicitação de serviços; falhas no planejamento e controle de notas e ordens de serviço; falhas no cumprimento de prazos previstos para execução das atividades em campo; falhas no acompanhamento, confirmação da execução dos serviços em campo e falhas no encerramento das notas e ordens de serviço.

Diante destas situações encontradas: **o que fazer para alcançar maior confiabilidade no processo de PCM e promover uma maior disponibilidade do sistema de automação dos poços de produção de petróleo?**

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Propor a implantação de ferramentas compatíveis para a promoção de maior disponibilidade do sistema de automação.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar o processo de PCM de poços de petróleo;
- Evidenciar as falhas ocorridas no funcionamento dos equipamentos do sistema de automação de poços de petróleo;
- Assinalar as etapas que apresentem irregularidades na realização de atividades diárias de PCM do sistema de automação de poços de petróleo;

### **1.3 Justificativa**

Para acompanhar o mercado globalizado na produção de petróleo, e conseguir vantagens competitivas, as empresas petrolíferas são desafiadas a desenvolver, constantemente, inovações estratégicas que ofereçam respostas rápidas de forma a garantir o melhor desempenho contínuo no funcionamento de seus poços de petróleo.

Esse estudo propõe-se adquirir dados dentro do departamento de manutenção, visando sinalizar através do estudo deste caso específico, problemas comuns a empresas petrolíferas; engrandecer a literatura na área de gestão e afins; e facilitar o acesso ao conhecimento relacionado a soluções técnicas e metodológicas que atrelem os seus processos produtivos ao planejamento e controle da manutenção, possibilitando um melhor gerenciamento dos seus ativos, maior disponibilidade dos equipamentos do sistema de automação e aumento de produtividade contínua dos poços de petróleo.

Além disso, optou-se pela realização de estágio na empresa HOPE serviços, por ser o autor deste trabalho colaborador da mesma, e por entender como um ambiente favorável para se pôr em prática os conhecimentos adquiridos durante o curso de Engenharia da Produção e também para gozar de um aprimoramento organizacional mais evidente.

## 1.4 Caracterização da Empresa

Nesta seção será exposto o perfil da empresa, com dados referentes ao histórico, localização e objeto social da empresa.

A HOPE Serviços é uma empresa privada localizada no Rio de Janeiro, onde iniciou suas atividades em 1987.

Conectando seu desenvolvimento ao avanço das necessidades de serviços, de modo geral, no Brasil, constituiu em 2009 o Grupo WRR, atualmente composto por oito empresas (HOPE Serviços, HOPEVIG Segurança, Easy Car, ELFE, METALFORT, TMS, HOPE FACILITIES e SOLVIAN); e tem como visão ser líder em gestão de serviços do país, oferecendo soluções de reconhecida qualidade, agilidade e resultados diferenciados nos diversos segmentos de atuação. Tem ainda como valores: Excelência na execução; Poder da inovação; Valorização dos colaboradores e; Superação de novos desafios.

O Grupo WRR atua em 25 estados e possui mais de 25 anos de experiência nos mercados de óleo e gás, telecomunicações, mineração, indústria e comercial, tendo como seu principal cliente a PETROBRAS. Com um quadro de 17,8 mil colaboradores, a empresa desenvolve uma gama de atividades, entre elas: consultoria, projeto, planejamento, execução, construção e montagem, treinamento técnico e manutenção nas áreas de construção civil, elétrica, mecânica e automação industrial e predial

Em Sergipe, a empresa situa-se na Avenida Gilberto Amaral Lopes (Av. 31 de Março), nº s/n, na unidade operacional Sergipe-Alagoas (UO-SE/AL) em Carmópolis-SE, no setor de manutenção e inspeção desenvolvendo atividades de planejamento e controle da manutenção, dentre outros.



## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Nesta seção, serão apresentados a partir de literatura pertinente, fundamentos teóricos tomados como referencial bibliográfico para elaboração deste estudo, abordando temas relacionados aos poços de produção de petróleo, planejamento, controle e manutenção.

### **2.1 História e Evolução da Manutenção**

A manutenção remete às épocas mais remotas. Segundo Weber et al.,(2015, p. 2) “Começou a ser conhecida com o nome de manutenção por volta do século XVI na Europa Central, juntamente com o surgimento do relógio mecânico, quando surgiram os primeiros técnicos em montagem e assistência.”, assim como Viana (2013, p. 01) afirma, que neste mesmo século, a manutenção “[...] surge efetivamente como função do organismo produtivo [...]”, com a substituição da produção artesanal pelos primeiros teares mecânicos; “[...] Neste período o fabricante do maquinário treinava os “novos operários” a operar e manter o equipamento, ocupando estes o papel de operadores e mantenedores; não havia uma equipe específica de manutenção.’ (VIANA, 2013, p. 02).

Segundo Kardec; Nascif (2013, p. 2-5), a história da manutenção evoluiu-se a partir de 1930, conforme mostrado no Quadro 1, sendo dividida em cinco gerações:

- A primeira geração abrange o período de 1930 a 1940, compreendida antes da Segunda Guerra Mundial, quando não havia exigência de produtividade. A competência da manutenção sintetizava-se apenas na limpeza e lubrificação sistematizada e na realização da manutenção corretiva não planejada em equipamentos que apresentavam características bastante simples e superdimensionados.
- A segunda geração abrange o período de 1950 a 1970, compreendida após a Segunda Guerra Mundial, quando houve um forte aumento da mecanização e modernização das instalações industriais ocasionadas pelo aumento da demanda de vários produtos e escassez da mão de obra industrial. O foco era evitar falhas dos

equipamentos, visando a disponibilidade e um aumento contínuo da produtividade. Surge, então, a manutenção preventiva - como forma de intervir no funcionamento dos equipamentos em intervalos fixos - e os sistemas de planejamento e controle da manutenção (PCM) como ferramenta de melhor acompanhamento da manutenção.

**Quadro 1 – Evolução da manutenção**

EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO												
Geração	Primeira Geração		Segunda Geração		Terceira Geração		Quarta Geração		Quinta Geração			
Ano	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2005	2010	2015		
Aumento das expectativas em relação à Manutenção	• Conserto após a falha		• Disponibilidade crescente • Maior vida útil do equipamento		• Maior confiabilidade • Maior disponibilidade • Melhor relação custo-benefício • Preservação do meio ambiente		• Maior confiabilidade • Maior disponibilidade • Preservação do meio ambiente • Segurança • Gerenciar ativos • Influir nos resultados do negócio		• Gerenciar os ativos • Otimizar os ciclos de vida dos ativos • Influir nos resultados do negócio			
Visão quanto à falha do ativo	• Todos os equipamentos se desgastam com a idade e por isso falham		• Todos os equipamentos se comportam de acordo com a curva da banheira		• Existência de 6 padrões de falhas (Nowlan & Heap e Moubray) Ver Capítulo 5		• Reduzir drasticamente falhas prematuras dos padrões A e F. (Nowlan & Heap e Moubray) Ver Capítulo 5		• Planejamento do ciclo de vida desde o projeto para reduzir falhas			
Mudança 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 disciplinares • Projetos voltados para a confiabilidade		• Aumento da manutenção preditiva e monitoramento da condição • Redução nas manutenções preventiva e corretiva não planejada • Análise de falhas • Técnicas de confiabilidade • Manutenibilidade • Projetos voltados para confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade • Contratação por resultados		• Aumento da manutenção preditiva e monitoramento da condição <i>on</i> e <i>off-line</i> • Participação efetiva no projeto, aquisição, instalação, comissionamento, operação e manutenção dos ativos • Garantir que os ativos operem dentro de sua máxima eficiência • Implementar melhorias objetivando redução de falhas • Excelência em engenharia de manutenção • Consolidação da contratação por resultados			

Fonte: Kardec; Nascif (2013, p. 06)

- A terceira geração abrange o período de 1970 a 1990, quando as falhas, cada vez mais frequentes nos serviços de manutenção, paralisavam as indústrias, aumentavam os custos e diminuía a capacidade e a qualidade produtiva dos equipamentos, além de causar sérias consequências na segurança e meio ambiente. Acontecera, então, uma grande aceleração no processo de mudança nas indústrias, na busca de meios que garantissem maior confiabilidade e disponibilidade em todos os setores. Dentre elas destacam-se: o crescimento da automação e da mecanização; o avanço da informática e o processo de MCC ou RCM em inglês.

- A quarta geração abrange o período de 1990 a 2005, onde o objetivo das empresas era intervir cada vez menos nos seus processos produtivos empregando

práticas de manutenção preditiva e monitorando a condição dos equipamentos por meio da análise de falhas. O foco era a redução da aplicação das manutenções preventiva e corretiva não planejadas, melhorando o desempenho dos equipamentos e da empresa. Além disso, buscavam maior interação entre as áreas de engenharia, manutenção e operação e o aprimoramento da terceirização como fatores de garantia da disponibilidade, da confiabilidade e da manutenibilidade.

- A quinta geração abrange o período a partir de 2005, quando as empresas intensificam esforços conjuntos de todas as áreas coordenadas pela sistemática da gestão dos ativos com enfoque de melhor retorno sobre os ativos ou retorno sobre os investimentos. Consolidam também a necessidade da boa prática gerencial e a contratação de empresas terceirizadas por resultados. Com isso, o setor de manutenção passa a ser crucial na participação e domínio de todo o ciclo de vida dos ativos, implementando constantes melhorias que visem a redução de falhas e garantam que os ativos operem dentro de sua máxima eficiência.

## **2.2 Conceitos da Manutenção**

Ferreira (2006, p. 536) define a manutenção como “As medidas necessárias para a conservação ou a permanência de alguma coisa ou de uma situação ou ainda como sendo os cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de motores e máquinas.” Ou seja, é um processo cuja a finalidade é garantir que sistemas, máquinas e equipamentos, desempenhem suas funções requeridas, assim como prolongar o tempo de vida útil provendo disponibilidade e qualidade.

Kardec; Nascif (2013, p. 26) afirmam que a missão da manutenção é “Garantir a Disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custo adequado.”

## **2.3 Tipos de Manutenção**

A função principal da manutenção é evitar a deterioração prematura dos equipamentos, instrumentos e/ou das instalações proporcionando o prolongamento

máximo da sua vida útil. Segundo Kardec; Nascif (2013, p. 51) “Existe uma grande variedade de denominações das formas de atuação da manutenção.”, onde essa variação está diretamente ligada à maneira que ocorre as intervenções.

Para Kardec; Nascif (2013, p. 52) “Os diversos tipos de manutenção podem ser considerados como políticas ou estratégias de manutenção, desde que a sua aplicação seja o resultado de uma definição gerencial ou política global da instalação, baseada em dados técnicos-econômicos.”, ou seja, a modalidade de manutenção a ser adotada nas indústrias será definida de acordo com a necessidade do processo produtivo existente ou a ser implantado de modo a permitir que os equipamentos sejam economicamente competitivos e maximizem a produção a baixo custo.

A alta competitividade, cada vez mais, exige que as empresas mantenham seus processos produtivos atrelados a um ou vários sistemas de manutenção, visando-os sempre como prioridade por estarem diretamente ligados ao seu produto final.

Segundo Xenos (2014, p. 24-29), as principais atividades de atuação de manutenção são a corretiva, preventiva, preditiva e produtiva. A NBR 5462:1994 e Slack; Chambers; Johnston (2014, p. 611) consideram apenas as três primeiras citadas. Já Kardec; Nascif (2013, p. 52), classificam-nas desde a restauração emergencial até a melhoria. São elas:

- Manutenção Corretiva Não planejada e Planejada;
- Manutenção Preventiva;
- Manutenção Preditiva;
- Manutenção Detectiva;
- Engenharia de Manutenção.

Além dos tipos de manutenção, existem combinações destas que permitem sua aplicação dando ênfase aos objetivos e metas específicas da manutenção.

Destacam-se:

- Manutenção Produtiva Total (TPM) ou Total Productive Maintenance;
- Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM) ou Reliability Centered Maintenance;
- Manutenção Baseada na Confiabilidade (RBM) ou Reliability Based Maintenance.

### **2.3.1 Manutenção corretiva**

A NBR 5462:1994 define a manutenção corretiva como a “Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane ou de uma falha destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.” Para Kardec; Nascif (2013, p. 55) é a realização de atividades de correção em condições específicas; quando os equipamentos ou sistemas falham ou apresentam desempenho deficiente. Numa visão bem simples, Xenos (2014, p. 24) afirma que a principal característica é a reparação de falhas após sua ocorrência.

Segundo Kardec; Nascif (2013, p. 55), sua atuação está ligada diretamente a falha de funcionamento dos equipamentos e instalações através da aplicação de soluções corretivas, em tempo hábil, com objetivo de restabelece-los ao pleno funcionamento e, conseqüentemente, minimizar a deterioração ao longo do tempo.

A manutenção corretiva pode ser dividida em duas classes:

- Manutenção Corretiva Não Planejada;
- Manutenção Corretiva Planejada.

#### **2.3.1.1 Manutenção corretiva não planejada**

Também conhecida como apaga incêndios, a manutenção corretiva não planejada é definida por Viana (2013, p. 10) como sendo uma intervenção necessária imediata de equipamentos e/ou sistemas de modo a evitar graves conseqüências a todos os recursos envolvidos no processo produtivo, tais como: os equipamentos, os materiais, os trabalhadores, o meio ambiente, dentre outros. Theiss (2004, p. 21) afirma que “[...] nesse caso, o departamento de manutenção é comandado pelos equipamentos [...]”, pois as quebras inesperadas não oferecem tempo de planejamento para a execução dos serviços.

De acordo com Kardec; Nascif (2013, p. 55), ainda que a manutenção corretiva não planejada seja bastante utilizada nas empresas, existem outros tipos de manutenções que podem ser utilizadas de maneira mais eficiente. Segundo Xenos (2014, p. 24), a utilização da manutenção corretiva, visando o custo da manutenção, a princípio é mais barata que a prevenção de falhas de equipamentos, porem pode

causar grandes perdas por interrupções de produção, ocasionando uma manutenção mais cara do que imaginávamos em princípio.

### **2.3.1.2 Manutenção corretiva planejada**

Souza (2010, p. 21) afirma que se realiza a manutenção corretiva planejada “[...] quando há a constatação de uma falha que já havia apresentado uma anomalia anterior, durante uma inspeção ou operação normal do equipamento.” Para Kardec; Nascif (2013, p. 58) a “[...] Corretiva planejada é a ação de correção do desempenho menor do que o esperado baseado no acompanhamento dos parâmetros de condição e diagnóstico levados a efeito pela preditiva, detectiva ou inspeção”, ou seja, as atividades de correção podem ser melhor planejadas e realizadas devido a aquisição de informações antecipadas mais confiáveis através do monitoramento da condição do equipamento.

Kardec; Nascif afirmam que “[...] a adoção de uma política de manutenção corretiva planejada pode advir de vários fatores:”

- Possibilidade de compatibilizar a necessidade da intervenção com os interesses da produção;
- Aspectos relacionados com a segurança – a falha não provoca qualquer situação de risco para o pessoal ou para a instalação;
- Melhor planejamento dos serviços;
- Garantia da existência de sobressalentes, equipamentos e ferramental;
- Existência de recursos humanos com a tecnologia necessária para a execução dos serviços e em quantidade suficiente, que podem, inclusive, ser buscados externamente à organização. (Kardec; Nascif 2013, p. 58).

Esse tipo de manutenção se torna mais lucrativa porque o acompanhamento das condições de funcionamento dos processos produtivos, através da combinação de tipos de manutenção, possibilita as organizações decisões gerenciais de planejar a parada de um equipamento de imediato ou deixar que o mesmo funcione até a quebra, minimizando os impactos dos ativos.

Kardec; Nascif (2013, p. 58) afirmam que “[...] quanto maiores forem as implicações da falha na segurança pessoal e operacional, nos seus custos intrínsecos, nos compromissos de entrega da produção da produção, maiores serão as condições de adoção da política de manutenção corretiva planejada.”

### 2.3.2 Manutenção preventiva

Também chamada de manutenção baseada em intervalos/tempo, Kardec; Nascif (2013, p. 59) conceituam a manutenção preventiva como a “[...] efetuada em intervalos predeterminados ou de acordo com os critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.” Já Viana (2013, p.10) afirma que além do conceito citado anteriormente a manutenção preventiva também visa proporcionar “[...] uma tranquilidade operacional necessária para o bom andamento das atividades produtivas.”

A sua essência, segundo Dosafeld (2014, f. 1), é a substituição de peças ou componentes antes que atinjam o período de risco de quebra, ou seja, a preventiva atua procurando prevenir a ocorrência de uma determinada falha; normalmente, o período de atuação é determinado através de medições de tempo de operação ou por controles estatísticos.

Segundo Kardec; Nascif (2013, p. 61), alguns fatores devem ser levados em consideração para a adoção de uma política de manutenção preventiva:

- Quando não é possível a manutenção preditiva;
- Quando existirem aspectos relacionados com a segurança pessoal ou da instalação que tornam mandatória a intervenção, normalmente para substituição de componentes;
- Por oportunidade, em equipamentos críticos de difícil liberação operacional;
- Quando houver riscos de agressão ao meio ambiente;
- Em sistemas complexos e/ou de operação contínua. Por exemplo: petroquímica, siderúrgica, indústria automobilística, nuclear, etc.

Com auxílio desses fatores, os autores afirmam que as sinalizações prévias adquiridas na preventiva permitem uma melhor condição de gerenciamento das atividades, nivelamento de recursos, previsibilidade de consumo de materiais e sobressalentes, dentre outros. Ou seja, a obtenção de um conjunto de dados, a partir da atuação repetitiva de um equipamento, auxilia na definição e controle dos tipos de manutenções necessárias, assim como na elaboração de planos de manutenção, que de forma sistemática, serão iniciados com intuito de controlar e minimizar a ocorrência de falhas.

O prolongamento da vida útil dos equipamentos está diretamente ligado à atuação contínua da manutenção preventiva em acompanhar minuciosamente o funcionamento e o desgaste de peças substituindo-as quando necessário, evitando

assim, uma quebra inesperada da mesma e de outros componentes intrínsecos, garantindo a integridade dos equipamentos e prorrogando a interrupção do processo produtivo. Segundo Viana (2013, p. 10-11), planos preventivos eficazes devem ser acordados e executados em comum acordo com as áreas de manutenção e produção de forma a gerar resultados que garantam disponibilidade constante dos ativos, produtos de alta qualidade, redução de custos e que promovam sempre a competitividade.

Para Branco Filho (2008, p. 130), medidas para aumentar a vida útil dos equipamentos, aumentar os lucros e reduzir os custos não se obtém somente utilizando a estratégia de manutenção preventiva sistemática. A gerência de manutenção deve estar sempre aplicando outros meios e métodos que monitorem as possíveis falhas dos equipamentos de forma a evitar paradas precoces.

### **2.3.3 Manutenção preditiva**

A NBR 5462:1994 define a manutenção preditiva como a “[...] manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem [...]”. Já Kardec; Nascif (2013, p. 62) a conceituam como “[...] a atuação realizada com base na modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática.”, ou seja, é uma manutenção realizada com base na condição ou estado do equipamento.

Segundo os autores citados, o objetivo é prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas através de acompanhamento de parâmetros diversos, de maneira a permitir a operação contínua do equipamento pelo maior tempo possível. Sendo mais específico, busca prever/otimizar o período de substituição das peças ou reforma dos componentes em função do limite do tempo de vida dos mesmos, e, conseqüentemente, estender o intervalo de manutenção.

Kardec; Nascif (2013, p. 63) afirmam que as condições básicas e fatores indicadores para a adoção de política de manutenção preditiva são as seguintes:

- O equipamento, o sistema ou a instalação devem permitir algum tipo de monitoramento/medição;
- O equipamento, o sistema ou a instalação devem merecer esse tipo de ação;
- As falhas devem ser oriundas de causas que possam ser



monitoradas e ter uma progressão acompanhada;

- Seja estabelecido um programa sistemático de acompanhamento, análise e diagnóstico;
- Aspectos relacionados com a segurança e operacional;
- Redução de custos pelo acompanhamento constante das condições dos equipamentos, evitando intervenções desnecessárias;
- Manter os equipamentos operando, de modo seguro, por mais tempo.

Segundo Xenos (2014, p. 26), ainda é comum, em muitas empresas, designar-se uma equipe independente de engenheiros ou técnicos altamente especializados, somente para cuidar da manutenção preditiva, ou seja, ainda não houve o entendimento claro da manutenção preditiva como um dos elementos que compõe a manutenção preventiva. A manutenção preditiva é mais uma maneira de inspecionar os equipamentos, então devem fazer parte do planejamento da manutenção preventiva.

Kardec; Nascif; Xenos afirmam que o principal objetivo é não promover a intervenção nos equipamentos ou sistemas, efetuando medições e verificações com o equipamento produzindo, no qual esse monitoramento sinalize a necessidade de uma intervenção, que será realizada através de uma manutenção corretiva planejada. Conseqüentemente, as técnicas preditivas, também visam reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva garantindo maior disponibilidade dos equipamentos.

#### **2.3.4 Manutenção detectiva**

Kardec; Nascif (2013, p. 65) conceituam a manutenção detectiva como “[...] a atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar FALHAS OCULTAS ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção.” A principal característica é a identificação de falhas ocultas que possibilitem garantir a confiabilidade de equipamentos e processos, como por exemplo: verificar se um sistema de emergência ou proteção está funcionando, acionar um botão de testes de lâmpadas de sinalização e alarme de painéis, dentre outros.

Atualmente, grande parte desta manutenção, segundo Kardec; Nascif (2013, p. 65), é efetuada com a utilização de computadores digitais, controladores lógicos programáveis, sistemas digitais de controle distribuído - SDCD, *multi-loops* com computador supervisor, dentre outros, no qual sistemas de *shut-down* ou sistemas

de trip garantem a segurança de um processo quando esse sai da faixa de operação segura.

Kardec; Nascif (2013, p. 65-67) afirmam que esses sistemas de segurança são independentes do sistema de controle utilizados para otimização da produção, quem realiza a produção são os equipamentos eletrônicos programáveis, enquanto a escolha deste ou daquele sistema ou determinados tipos de componentes é discutida pelos especialistas com um enfoque centrado basicamente na confiabilidade. Segundo Kardec e Nascif, as seguintes particularidades devem estar bem definidas:

- Os sistemas de trip ou *shut-down* são a última barreira entre a integridade e a falha. Graças a eles as máquinas, equipamentos, instalações e até mesmo plantas inteiras estão protegidos contra falhas e suas consequências menores, maiores ou catastróficas;
- Esses sistemas são projetados para atuar automaticamente na iminência de desvios que possam comprometer as máquinas, a produção, a segurança no seu aspecto global ou meio ambiente;
- Os componentes dos sistemas de trip e *shut-down*, como qualquer componente, também apresenta falhas;
- As falhas desses componentes, em última análise, do sistema de proteção, podem acarretar dois problemas: não atuação ou atuação indevida. A não atuação jamais passa despercebido, e a atuação indevida ocasiona a parada do equipamento e, conseqüentemente, a cessação da produção na maioria dos casos;
- Finalmente, no caso de plantas de processo contínuo, como indústrias químicas, petroquímicas, nucleares, dentre outras, a intervenção na planta ou unidade específica é feita em períodos previamente programados, que são as *paradas de manutenção*.

Nesse tipo de manutenção, Kardec; Nascif (2013, p. 67) afirmam que especialistas fazem verificações no sistema, detectando falhas ocultas, até mesmo corrigindo-as, quando possível, mantendo o sistema operando.

A manutenção detectiva pode ser enquadrada, da mesma forma que manutenção preditiva, também como um sistema de inspeção de manutenção, acompanhamento de parâmetros ou monitoramento da condição dos equipamentos e sistemas.

### **2.3.5 Engenharia de Manutenção**

Paulino (2015, p. 1) conceitua a engenharia de manutenção como um suporte técnico de toda sistemática da manutenção praticada em uma empresa. Segundo Paulino, começou na crise do petróleo, na década de setenta, com a necessidade da racionalização dos custos, e se desenvolveu com surgimento da globalização,

coagindo as empresas a elevar o grau de competitividade, a busca constante na melhoria da qualidade e o aumento na produtividade.

Kardec; Nascif (2013, p. 67-69) afirma que a engenharia de manutenção é uma quebra de paradigma na Manutenção, onde sua prática significa uma mudança cultural na aplicabilidade de técnicas modernas, dedicada a *consolidar a rotina e implantar melhorias* que persigam a excelência (*benchmarks*).

Segundo Kardec; Nascif (2013, p. 68) as principais atribuições da engenharia de manutenção estão:

- Aumentar a confiabilidade;
- Aumentar a disponibilidade;
- Melhorar a manutenibilidade;
- Aumentar a segurança;
- Eliminar problemas crônicos;
- Solucionar problemas tecnológicos;
- Melhorar a capacidade do pessoal;
- Gerir materiais e sobressalentes;
- Participar de novos projetos (interface com a engenharia);
- Dar suporte a execução;
- Fazer análise de falhas e estudos;
- Elaborar planos de manutenção e de inspeção e fazer sua análise crítica periódica; acompanhar os indicadores;
- Zelar pela documentação técnica.

A engenharia de manutenção almeja a implantação, o planejamento e a gestão do setor de manutenção potencializando a diminuição de falhas e interrupções de máquinas, equipamentos e instalações, minimizando os problemas decorrentes à estruturação da equipe, como ociosidade.

Para Kardec; Nascif (2013, p. 70-71), a base da engenharia de manutenção é a aplicabilidade contínua da manutenção preditiva, onde permite alcançar a máxima disponibilidade para o qual os equipamentos foram projetados, atrelando-os a ferramentas que possibilitem o devido acompanhamento e armazenamento de dados para análises, estudos e proposições de melhorias, proporcionando aumento de produção e de faturamento.

## **2.4 Sistemas de Planejamento e Controle de Manutenção**

Kardec; Nascif (2013, p. 97) afirmam que os serviços de manutenção realizados nas empresas necessitam, frequentemente, de melhores interações nos seus processos, de forma a permitirem maior agilidade de resultados. Para Branco Filho

(2008, p.118), o planejamento e controle da manutenção é um método bastante eficiente e pode ser aplicado de três modos:

- Manual – é aquele em que todas as atividades de manutenção são planejadas, controladas e analisadas através de formulários e mapas de controle, preenchidos manualmente, guardados em pastas e em gavetas de armários;
- Semi informatizado – é aquele em que as manutenções preventivas controladas com auxílio de computador, enquanto as manutenções corretivas são controladas e analisadas através de formulários e mapas preenchidos manualmente;
- Informatizado – é aquela em que as informações relativas às manutenções preventivas e corretivas são transferidas ao computador, de onde são emitidas todas as Ordens de Serviço (OS) e para onde convergem todos os dados coletados durante a execução das tarefas.

Segundo Kardec; Nascif (2013, p. 97), um sistema de planejamento e controle da manutenção é uma ferramenta fundamental para otimização dos recursos de uma empresa, pois ele permitirá identificar:

- que serviços serão feitos;
- quando os serviços serão feitos;
- que recursos serão necessários para a execução dos serviços;
- quanto tempo será gasto em cada serviço;
- que materiais serão aplicados;
- que máquinas, dispositivos e ferramentas serão necessários, dentre outros.

Viana (2008) apud Souza (2010, p. 37) afirma que cada vez mais as empresas empregam um sistema informatizado como auxílio ao gerenciamento da manutenção. O foco é utilizar ferramentas ágeis que facilitem a obtenção e processamento de informações confiáveis sobre a manutenção, possibilitem organizar e padronizar procedimentos relacionados à manutenção; gerencie a estratégia de manutenção através de planos preventivos; forneçam características de equipamentos e seu histórico de manutenção; e que, conseqüentemente, aumente a produtividade e prolongue a vida útil dos equipamentos.

Atualmente, no contrato vigente em Carmópolis, a Hope serviços utiliza três sistemas como auxílio no planejamento e controle da manutenção: o SISAL, o SMI e o SAP R/3.

#### **2.4.1 Sistema supervisorio para automação da elevação (SISAL)**

O SISAL é um sistema desenvolvido pela PETROBRAS em parceria com a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), cujo objetivo é “[...]”

proporcionar uma interface simples para supervisão de poços de petróleo equipados com sistemas de elevação artificial.” (SISAL, 2013, p. 16). Atualmente, no campo de Carmópolis, o SISAL supervisiona poços de petróleo automatizados com bombeio mecânico com hastes, bombeio por cavidades progressivas, bombeio centrífugo submerso, objetos monitores, poço injetor de água, dentre outros.

No ambiente de supervisão, a janela do SISAL exibi uma lista de poços cadastrados no servidor e algumas informações relacionadas aos mesmos, apresentadas na Figura 1.

**Figura 1 – Tela principal SISAL**

The screenshot shows the SISAL software interface. At the top, there is a menu bar with options like 'Arquivo', 'Editar', 'Configuração', etc. Below the menu is a toolbar with icons for 'AutoFiltro', 'Parâmetros de Controle', 'Histórico de Alarmes', etc. The main area is a table with columns: Método, Poço, Estação, Controlador, End., Status, Modo de Controle, Comunicação, Último Scan, Alarme, Óleo In/dia, API, BSW, and Observação. A pop-up window titled 'Poço Selecionado' is overlaid on the table, showing details for a selected well (AP0022U). Below the table, there is a legend for well types: Bombeio Mecânico (BM), Gás Lift (GL), Bombeio por Cavidades Progressivas (BCP), and Bombeio Centrífugo Submerso (BCS).

Método	Poço	Estação	Controlador	End.	Status	Modo de Controle	Comunicação	Último Scan	Alarme	Óleo In/dia	API	BSW	Observação
BM	CP0001U	MER	CAC 2000	590	Pump-off	Pump-off	100.0%	19/5/08 22:26:56	Sem Alarme	0,0	25,0	0,0	
BM	CP0006U	O11	CAC 8800	516	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:56					
BM	CP0008U	S8	CAC 8800	41	Pump-off	Pump-off	100.0%	19/5/08 22:26:56					
BM	CP0009U	ER	CAC 8800	181	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:56					
BM	CP0012U	ER	CAC 8800	182	Pump-off	Pump-off	100.0%	19/5/08 22:26:57					
BM	CP0013U	O12	CAC 8800	10	Pump-off	Pump-off	100.0%	19/5/08 22:26:57					
BM	CP0014U	O12	CAC 8800	42	Sem Produzir	Wait Reset	100.0%	19/5/08 22:26:57					
BM	CP0016U	S8	CAC 8800	581	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:57					
BM	CP0018U	O12	EXS-1000	43	???	???	0,0%	???					
BM	CP0020U	S8	CAC 8800	44	Sem Produzir	Wait Reset	100.0%	19/5/08 22:26:57					
BM	CP0021U	O11	EXS-1000	45	???	???	0,0%	???					
BM	CP0022U	O11	CAC 8800	12	Pump-off	Pump-off	100.0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0023U	ER	CAC 8800	1789	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0024U	O12	CAC 8800	46	???	???	100.0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0025U	O12	CAC 8800	47	Pump-off	Pump-off	100.0%	19/5/08 22:26:58	Sem Alarme	0,0	25,0	0,0	
BM	CP0026U	S8	CAC 8800	582	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58	Poço Fora de Serviço	0,0	25,0	0,0	
BM	CP0027U	O12	CAC 8800	48	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0028U	O12	CAC 8800	49	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0029U	O12	CAC 8800	50	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0030U	O12	CAC 8800	51	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0031U	O12	CAC 8800	52	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0032U	O12	CAC 8800	53	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0033U	O12	CAC 8800	54	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0034U	O12	CAC 8800	55	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0035U	O12	CAC 8800	56	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0036U	O12	CAC 8800	57	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0037U	O12	CAC 8800	58	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0038U	O12	CAC 8800	59	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0039U	O12	CAC 8800	60	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0040U	O12	CAC 8800	61	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0041U	O12	CAC 8800	62	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0042U	O12	CAC 8800	63	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0043U	O12	CAC 8800	64	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0044U	O12	CAC 8800	65	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0045U	O12	CAC 8800	66	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0046U	O12	CAC 8800	67	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0047U	O12	CAC 8800	68	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0048U	O12	CAC 8800	69	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0049U	O12	CAC 8800	70	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0050U	O12	CAC 8800	71	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0051U	O12	CAC 8800	72	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0052U	O12	CAC 8800	73	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0053U	O12	CAC 8800	74	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0054U	O12	CAC 8800	75	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0055U	O12	CAC 8800	76	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0056U	O12	CAC 8800	77	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0057U	O12	CAC 8800	78	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0058U	O12	CAC 8800	79	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0059U	O12	CAC 8800	80	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0060U	O12	CAC 8800	81	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0061U	O12	CAC 8800	82	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0062U	O12	CAC 8800	83	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0063U	O12	CAC 8800	84	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0064U	O12	CAC 8800	85	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0065U	O12	CAC 8800	86	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0066U	O12	CAC 8800	87	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0067U	O12	CAC 8800	88	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0068U	O12	CAC 8800	89	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0069U	O12	CAC 8800	90	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0070U	O12	CAC 8800	91	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0071U	O12	CAC 8800	92	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0072U	O12	CAC 8800	93	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0073U	O12	CAC 8800	94	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0074U	O12	CAC 8800	95	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0075U	O12	CAC 8800	96	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0076U	O12	CAC 8800	97	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0077U	O12	CAC 8800	98	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0078U	O12	CAC 8800	99	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0079U	O12	CAC 8800	100	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0080U	O12	CAC 8800	101	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0081U	O12	CAC 8800	102	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0082U	O12	CAC 8800	103	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0083U	O12	CAC 8800	104	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0084U	O12	CAC 8800	105	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0085U	O12	CAC 8800	106	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0086U	O12	CAC 8800	107	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0087U	O12	CAC 8800	108	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0088U	O12	CAC 8800	109	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0089U	O12	CAC 8800	110	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0090U	O12	CAC 8800	111	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0091U	O12	CAC 8800	112	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0092U	O12	CAC 8800	113	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0093U	O12	CAC 8800	114	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0094U	O12	CAC 8800	115	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0095U	O12	CAC 8800	116	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0096U	O12	CAC 8800	117	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0097U	O12	CAC 8800	118	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0098U	O12	CAC 8800	119	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0099U	O12	CAC 8800	120	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					
BM	CP0100U	O12	CAC 8800	121	???	???	0,0%	19/5/08 22:26:58					

**Poço Selecionado**

AP0015S	APB	CAC 2000 DUAL	247	Pump-off
AP0018I	APB	CAC 2000 DUAL	918	Pump-off
AP0018S	APB	CAC 2000 DUAL	918	Pump-off
AP0021U	APB	EXS-1000	121	Funcionando
AP0022U	APC	EXS-1000	130	???

- Bombeio Mecânico (BM)  
 - Gás Lift (GL)  
 - Bombeio por Cavidades Progressivas (BCP)  
 - Bombeio Centrífugo Submerso (BCS)

Fonte: SISAL (

- SGBD (Sistema Gerenciador de Banco de Dados) - “[...] é o responsável por armazenar todas as informações de configuração dos poços, do sistema e dos usuários.”

O objetivo do SISAL é permitir o monitoramento constante dos poços de produção de petróleo fornecendo informações necessárias aos usuários.

#### **2.4.2 Sistema de solicitações de manutenção e inspeção (SMI)**

Para a Petrobras (2010, p. 3), o SMI é um sistema de tecnologia da informação e telecomunicações, cuja finalidade é o cadastro de solicitações de serviços para manutenção e inspeção de máquinas, equipamentos e instrumentos relacionados à produção, transporte e armazenamento de petróleo.

Segundo o SMI (2010, p. 17 -24), após o cadastro da solicitação, todo andamento do serviço pode ser acompanhado até a sua conclusão. Através dele é possível ver o status da solicitação ou de uma tarefa específica, ver as tarefas que estão agendadas para o equipamento (datas, local, responsável, etc.), além de admitir a geração de diversos relatórios (operacionais e gerenciais) que permitem um controle efetivo das atividades do setor de manutenção e inspeção.

A tela inicial do sistema apresenta um menu lateral, dividido em cinco módulos, apresentado na Figura 2, que altera em função do perfil do usuário: administração, processo, relatórios, documentação e segurança.

Cada módulo se divide em:

- Administração – contém as funcionalidades de entrada de dados relacionadas aos cadastros básicos. São elas: especialidade, centro de trabalho, local, grupos de área, serviço padrão, LTR, ação tomada, ativo e gerência executante;
- Processo – contém as funcionalidades de entrada de dados relacionadas às solicitações. São elas: nova solicitação, solicitações, tarefas, movimentações-BP e locais;
- Relatórios – contém as funcionalidades de gerar de ajuste de curso e CPM, equipamentos críticos, apoio a intervenção de sonda, movimentação de UB, solicitações por local e solicitações por solicitante;
- Documentação – contém links de acesso ao manual do usuário e ao passo a passo do SMI;
- Segurança – contém as funcionalidades de criar e gerenciar o acesso de usuários ao sistema.

Figura 2 – Tela principal SMI

Usuário: TIAW  
Grupo: Administrador  
Ativo: UO-SEAL/ATP-ST

**Administração**

- Especialidade
- Centro de Trabalho
- Local
- Grupos de Área
- Serviço Padrão
- LTR
- Ação Tomada
- Ativo
- Gerência Executante

**Processo**

- Nova Solicitação
- Solicitações
- Tarefas
- Movimentações - BP
- Locais

**Relatórios**

- Ajuste de Curso e CPM
- Equipamentos Críticos
- Apoio Intervenção de Sonda
- Movimentação de UB
- Solicitações Por Local
- Solicitações Por Solicitante

**Documentação**

- Manual do Usuário
- Passo a Passo

**Segurança**

- Usuários do Sistema

Processo » Nova Solicitação

**Solicitação >>Nova**

Nº da Solicitação: Data Registro: 26/05/2015 15:11:19 Criada por: ALMIR AMANCIO DA SILVA (TIAW)

Gerência Exec.:  Local

Solicitante:

Local:

Celular:  Ramal:

Sistema:

Critica:  Sim  Não  Atendimento Imediato

Tag Amplo:

Status:  Tag Restrito:

Data p/ Exec.:   Local SAP:

LTR/GIM:

Especialidade:  Centro Trab.:

**Serviço**

Serviço Padrão:  Descrição:

Produção (m³):  Prioridade:

**Severidade**

Meio Ambiente:  Nota SAP/R3

Segurança:  Nº Nota:

Tipo de Nota:

Fonte: SMI (2015, p. 1)

Além de disponibilizar o cadastro, acompanhamento e geração de relatórios dos serviços solicitados, o SMI possibilita a inter-relação das áreas operacionais, planejamento, programação e controle, manutenção, apoio e até mesmo a gerência.

### 2.4.3 Sistema integrado de gestão empresarial (SAP ERP/R3)

Segundo a Petrobras (2015, p. 4), o SAP ERP (Systems, Applications and Products in Data Processing - Enterprise Resource Planning) é um software de gestão empresarial criado por uma empresa alemã, em Waldorf, no ano de 1972 com a finalidade de integrar informações, automatizar processos, interligar as áreas de negócio e otimizar o processo decisório.

O sistema SAP R/3 foi desenvolvido na linguagem de programação ABAP/4 que trabalha baseado na arquitetura cliente/servidor. Este tipo de arquitetura possibilita que o software aceite ser executado em várias plataformas de hardware e se adapte as diversas funcionalidades das empresas, através dos seus módulos que contém diversas aplicações voltadas às áreas de negócio (SAP R/3, 2015, f. 5). Esses módulos, apresentados na Figura 3, atendem as necessidades nas áreas de produção, finanças, vendas e distribuição de recursos humanos, dentre outros.

**Figura 3 – Módulos SAP R/3**



Fonte: SAP R/3 (2015, f. 9)

A principal característica do SAP R/3 é a unificação da base de dados, possibilitando que todas as informações armazenadas sejam processadas pelos usuários em tempo real ao longo da empresa. Segundo o SAP R/3 (2015, f. 5), essa maleabilidade do sistema também permite que as empresas o configure de acordo com suas necessidades como: alterações simultâneas por vários usuários; configurações de telas e relatórios; atualizações on-line de relatórios, transações em várias moedas; utilização de vários idiomas, dentre outros.

Todos os equipamentos/dispositivos utilizados na base de operação PETROBRAS são cadastrados no SAP R/3, com intuito de agilizar o processo diário das atividades de manutenção. As informações são referentes ao tipo do



equipamento, modelo, nome do fabricante, data de fabricação, localização do equipamento, data de início de operação, dentre outras.

O SAP R/3 (2015, p.57) explana que, no módulo PM ERP, são criadas as notas de serviço, representada na Figura 4, no qual é o elemento utilizado para a solicitação de serviços à manutenção e prossegue com a criação das OM's (Ordens de Manutenção), representado na Figura 5.

Com nota e OM criada no SAP R/3 “[...] a manutenção pode planejar e nivelar seus recursos, administrar as possíveis ocorrências de serviço (bloqueios, impedimentos, aprovações, etc.)” Além de poder “[...] executar o serviço, providenciar as confirmações necessárias (apontamentos), liquidar e encerrar as ordens e complementar as notas com os respectivos catálogos de histórico.” (SAP R/3, 2015, p.57).

**Figura 4 – Tela de criação de notas no SAP R/3**

The screenshot displays the SAP R/3 interface for creating a maintenance note. The title bar reads "Modificar nota PM: Falha ou Defeito". The main form contains the following data:

- Nota:** 8292560, ZF CP-0663:Verificar Falha de Carga
- Status da nota:** MSPR ORDA, INIT
- Ordem:** 2013725207
- Objeto de referência:**
  - Loc. instalação: 00007725.SUPSUB.P...
  - Equipamento: 383723
  - Conjunto: [empty]
- Responsabilidades:**
  - Grp.plnj.PM: 010 / 2610
  - CenTrab respon.: 010INC04 / 2610
  - Gerência Solici: 50013100
  - Pessoa responsá: [empty]
  - Autor da Nota: SAMIRA
  - Data da nota: 15.10.2015 07:41:12
- Datas-base:**
  - Início desejado: 15.10.2015 08:00:00
  - Concl.desejada: [empty] 00:00:00
  - Prioridade: 5 5-Médio
- Situação:**
  - Modo Falha: PMINSTRU NOO Sem Sinal de Saída
  - Descrição: CP-0663:Verificar Falha de Carga
  - Log: 20.10.2015 17:52:24 Renan Barbosa de Assis (TY2L) CP-0663:Verificar Falha de Carga, SOLICITADO POR: SAMIRA, , SOL EM: 15.10.2015 07:41:12
- Dds.avaria:**
  - InícioAvar: 13.10.2015 07:41:12
  - Fim avaria: [empty] 00:00:00
  - Parada: [checkbox]
  - Duraç.parada: [empty] H

Fonte: SAP R/3 (2015, p. 2)

**Figura 5 – Tela de criação de ordens de manutenção no SAP R/3**

Oper	SOp	CenTrab	Ce...	Ch...	ChvMo...	C.	Txt.breve operação	TD	Trabalho real	Trab.	Un	N...	Dur.	Un	
0010		010INC04	2610	ZM01			CP-0663:Verificar Falha de Carga		0,0		1,0	HH	1	1,0	H
0020		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0030		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0040		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0050		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0060		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0070		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0080		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0090		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0100		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0110		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0120		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0130		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0140		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0150		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0160		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0170		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0180		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0190		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0200		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0210		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0220		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0230		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0240		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0250		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0260		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0270		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0280		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0290		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0300		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0310		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0320		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0330		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H
0340		010INC04	2610	ZM01					0,0		HH				H

Fonte: SAP R/3 (2015, p. 2)

Todas estas informações geram subsídios para a geração de relatórios e indicadores de manutenção, que também auxiliam na melhoria da disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos.

## 2.5 Poços de Produção de Petróleo

Após a descoberta da rocha-reservatório de petróleo e confirmação da sua viabilidade comercial através dos processos de exploração e perfuração, ocorre o processo de completação. Segundo Silva; Calmeto (2015, p. 24), é neste processo que ocorre o desenvolvido do campo de petróleo, ou seja, é definido o sistema de produção mais adequado e ocorre construção propriamente dita do tipo de poço de

modo a levar os fluídos do reservatório até a superfície de maneira mais otimizada possível. O sistema de produção a ser utilizado determina dois métodos de elevação do petróleo: elevação natural e elevação artificial.

### 2.5.1 Método de elevação natural

O método de elevação natural, segundo Souza (2010, p. 109), é utilizado quando o reservatório dispõe de quantidade suficiente de energia para fazer com que os fluidos nele contidos alcancem livremente a superfície, ou seja, quando a pressão do reservatório é suficiente para elevar o petróleo do fundo do poço até a superfície. Este método de elevação, representado na Figura 6, também é chamado de surgência.

**Figura 6 – Método de elevação natural**



Fonte: UNICAMP (2015, p. 1)

### 2.5.2 Método de elevação artificial

O método de elevação artificial de petróleo, segundo Plácido (2015, p. 33), é utilizado quando a pressão do reservatório é relativamente baixa, ou seja, não é suficiente para elevar o petróleo até a superfície através do método de elevação natural. Souza (2010, p. 139) afirma que esses recursos são empregados quando a

produção por surgência, durante certo tempo, promover o declínio da pressão do reservatório, ou quando a vazão do poço estiver abaixo de seu potencial de produção, necessitando de um suplemento de energia.

Os métodos de elevação artificial de petróleo mais utilizados, segundo Souza (2010, p. 139) são:

- Gás-lift contínuo e intermitente (GLC e GLI);
- Bombeio hidráulico a jato (BHJ);
- Bombeio por cavidades progressivas (BCP);
- Bombeio centrífugo submerso (BCS);
- Bombeio mecânico com hastes (BM).

### **2.5.2.1 Gás-Lift contínuo e intermitente (GLC e GLI)**

Gás-lift é “[...] um método de elevação artificial que utiliza gás natural pressurizado para elevar os fluidos contidos na coluna de produção de um poço de petróleo até a superfície.” (SOUZA, 2010, p. 139). Para Plácido (2015, p. 34), este método exige baixo investimento e, a depender da pressão do gás de injeção, é bastante versátil em termos de vazão e de profundidade, podendo ser utilizado em poços que apresentem fluidos com alto teor de areia e alta razão gás-líquido (RGL).

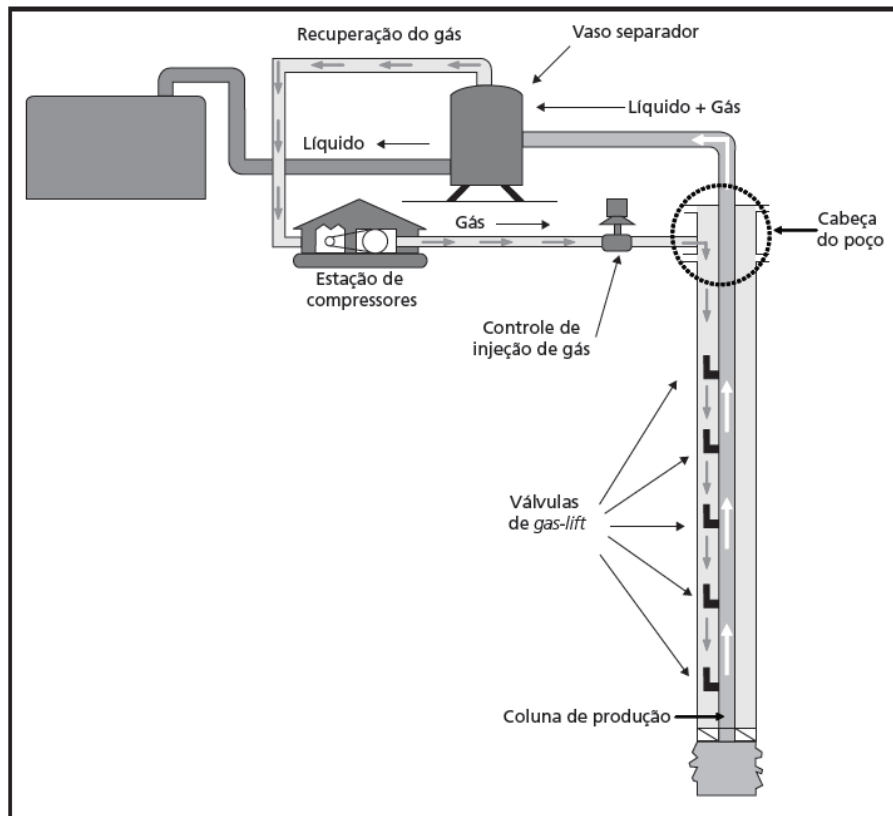
Segundo Souza (2010, p. 139-140), o método gás-lift pode ser utilizado de duas maneiras: gás-lift contínuo (GLC) e gás-lift intermitente (GLI).

- No gás-lift contínuo, efetua-se a injeção contínua de gás em alta pressão na coluna de produção, com o objetivo de gaseificar o fluido desde o ponto de injeção até a superfície, ilustrado na Figura 7.

- No gás-lift intermitente, efetua-se a injeção de gás em alta pressão na coluna de produção, em ciclos de tempo determinados, para o deslocamento de golfadas de fluido para a superfície, ilustrado na Figura 8.

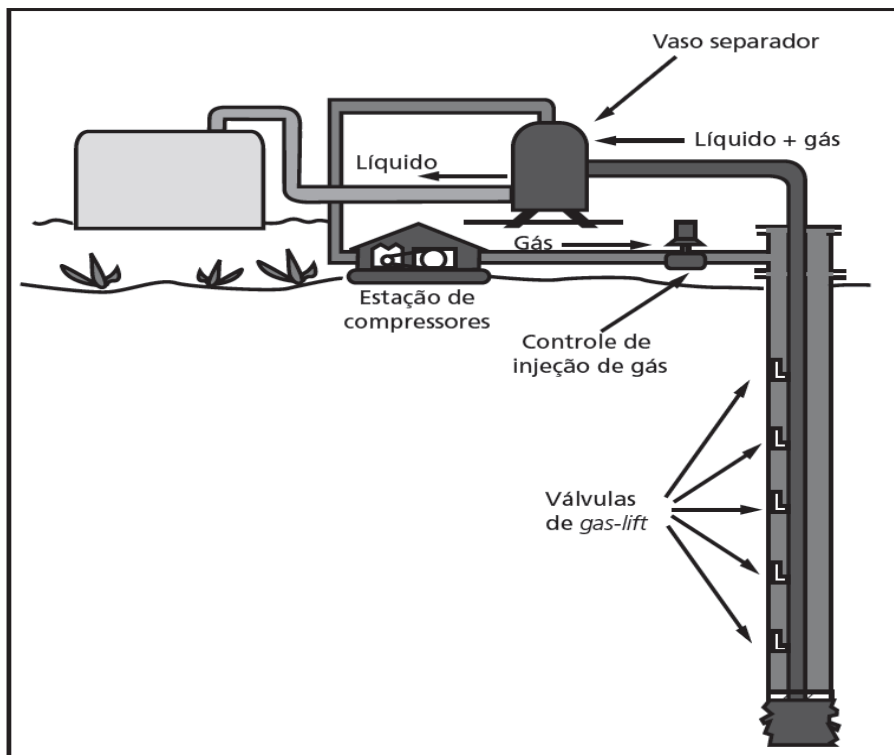
Segundo Diniz et al.,(2010, p. 24), o que determina a escolha entre o gás-lift contínuo e intermitente para um determinado poço é a relação do índice de produtividade (IP) e a pressão estática (Pe). Sempre que o índice de produtividade e/ou a pressão estática forem considerados baixos, deve-se optar pela utilização do gás-lift intermitente, e se os dois parâmetros forem altos pelo gás-lift contínuo. Caso os valores sejam intermediários, os dois podem ser aplicáveis.

**Figura 7 – Método gás-lift contínuo (GLC)**



Fonte: Oliveira (2015, p. 39)

**Figura 8 – Método gás-lift intermitente (GLI)**

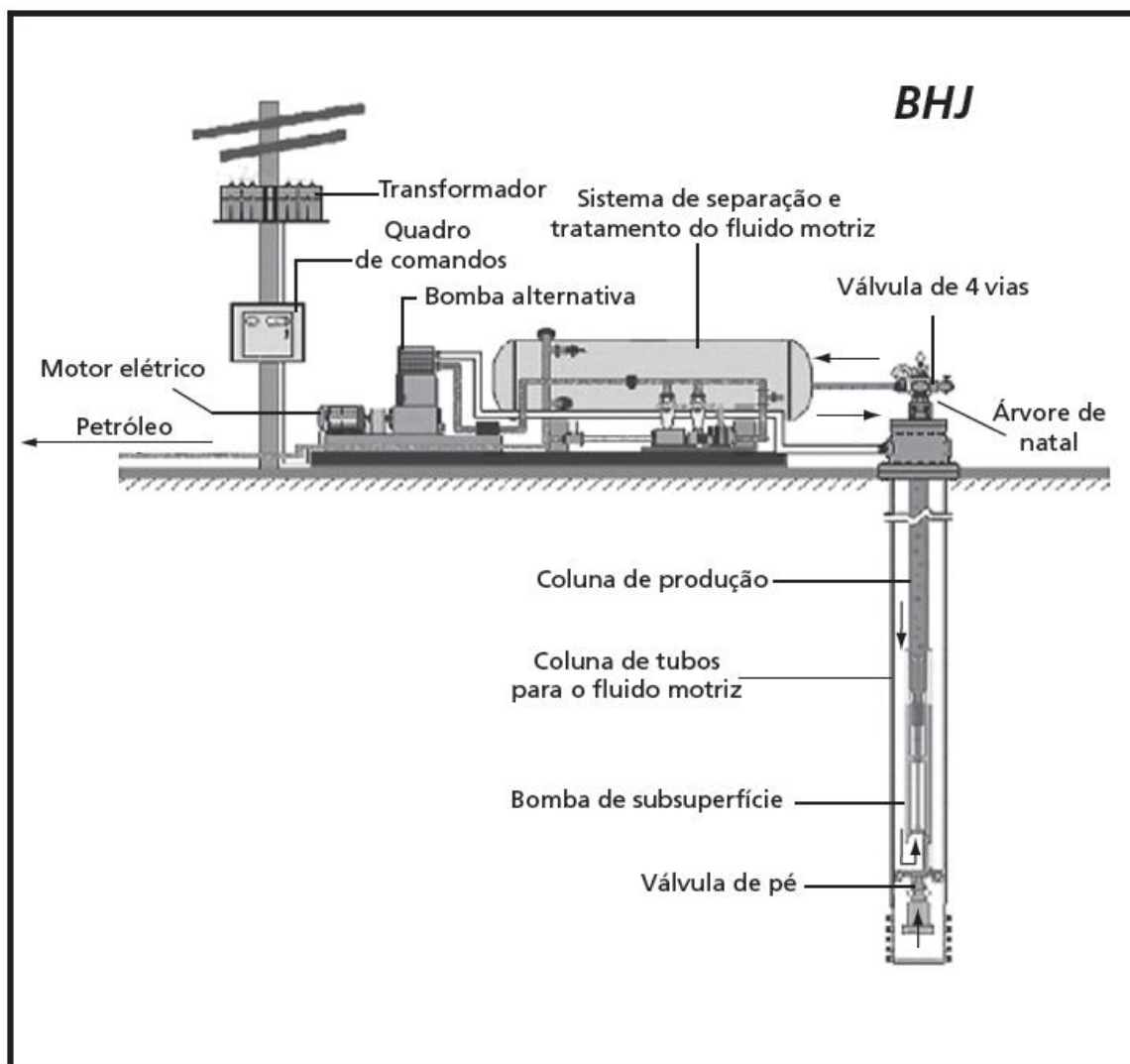


Fonte: Diniz et al., (2015, p. 25)

### 2.5.2.2 Bombeio hidráulico a jato (BHJ)

Bombeio hidráulico a jato (BHJ) “[...] é um método de elevação artificial que utiliza uma bomba hidráulica instalada no fundo do poço para elevar os fluidos produzidos pelo reservatório até a superfície.” (SOUZA, 2010, p. 162). A bomba hidráulica envia um fluido hidráulico, chamado fluido motriz da superfície ao equipamento de fundo, conforme representado na Figura 9.

**Figura 9 – Método bombeio hidráulico a jato (BHJ)**



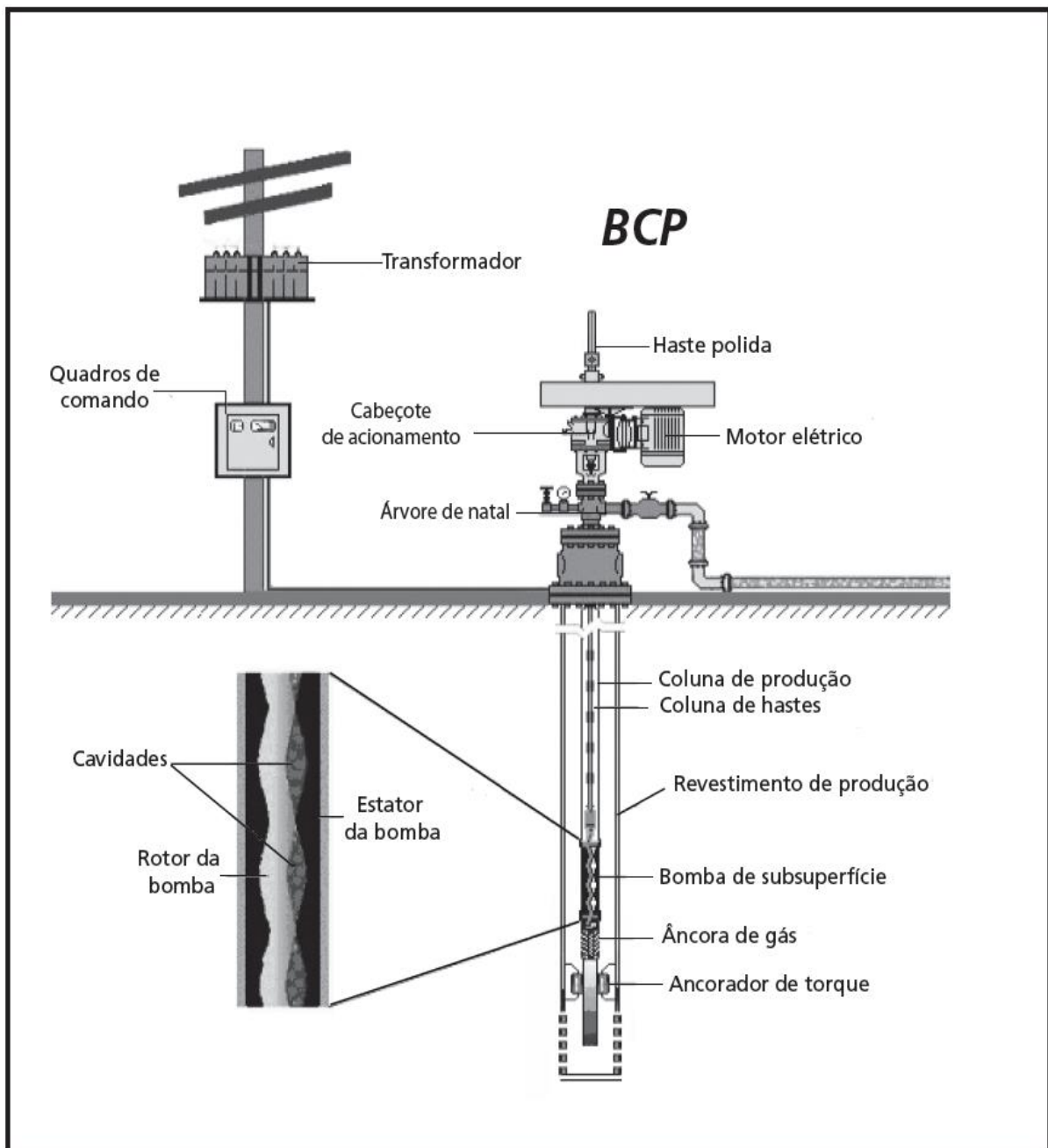
Fonte: Souza (2010, p. 162)

### 2.5.2.3 Bombeio por cavidades progressivas (BCP)

Bombeio por cavidades progressivas (BCP) “[...] é um método de elevação artificial que utiliza uma bomba de cavidades progressivas instalada no fundo do poço

para elevar os fluidos produzidos pelo reservatório até a superfície.” (SOUZA, 2010, p. 160), apresentado na Figura 10. A bomba pode ser acionada da superfície, através de um motor elétrico, um cabeçote de acionamento (com redutor de velocidade) e uma coluna de hastes, ou acionada no fundo do poço, por um acionador elétrico ou hidráulico acoplado à bomba. Plácido (2015, p. 56) afirma que este método de elevação pode ser aplicável a poços não muito profundos, proporcionando bastante eficiência em fluidos com alta e baixa viscosidades e óleos parafínicos.

**Figura 10 – Método bombeio por cavidades progressivas (BCP)**

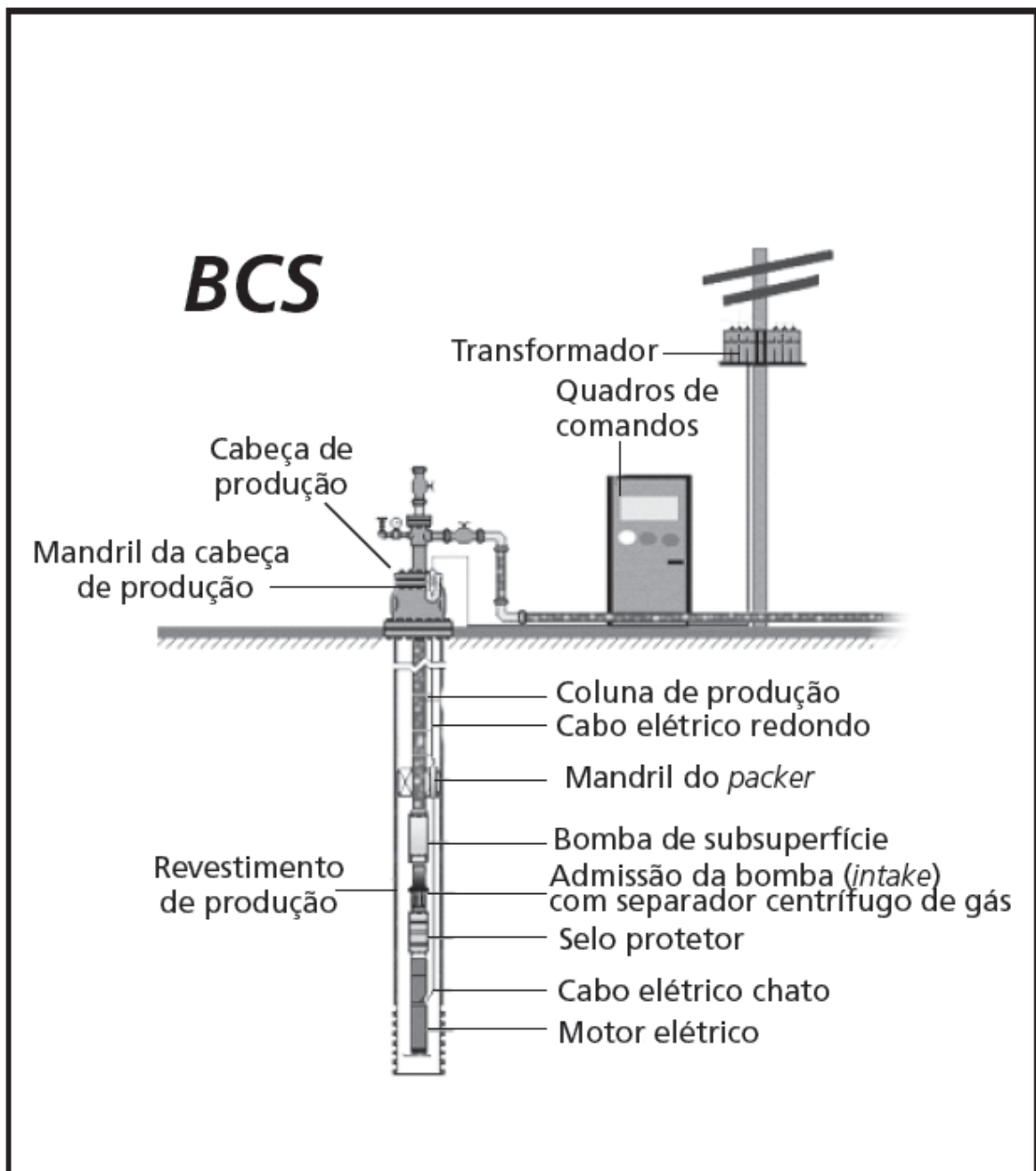


Fonte: Souza (2010, p. 160)

### 2.5.2.4 Bombeio centrífugo submerso (BCS)

Bombeio centrífugo submerso (BCS) “[...] é um método de elevação artificial que utiliza uma bomba centrífuga de subsuperfície para elevar os fluidos produzidos pelo reservatório até a superfície.” (SOUZA, 2010, p. 151), conforme Figura 11. Nesse método, a energia elétrica é transmitida ao motor da bomba por meio de um cabo elétrico.

**Figura 11– Método bombeio centrífugo submerso (BCS)**



Fonte: Souza (2010, p. 153)



Segundo Plácido (2015, p. 43 e p.45), este método de elevação está expandindo bastante o mercado de exploração de petróleo por oferecer grande flexibilidade dos equipamentos disponíveis. É bastante utilizado em poços que apresentem baixa razão gás-óleo (RGO), altas vazões, fluidos com alta viscosidade e altas temperaturas.

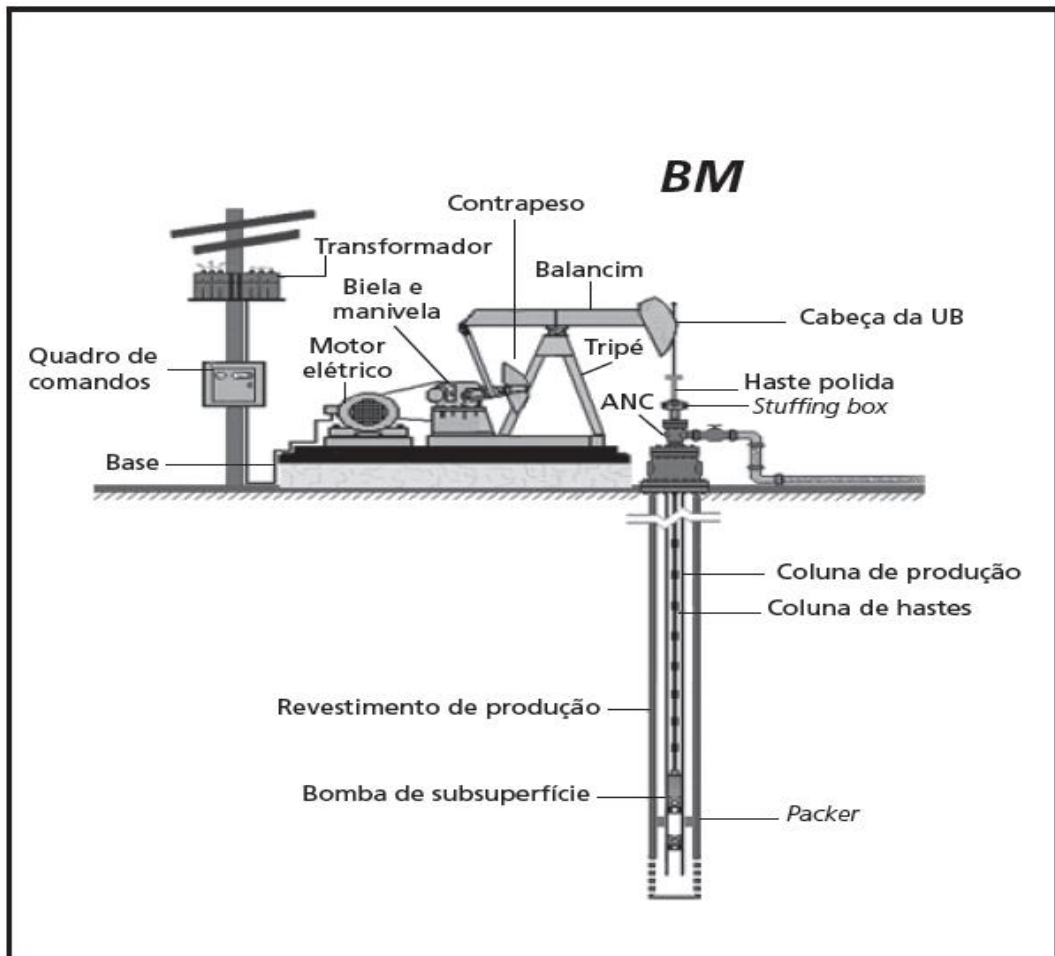
### **2.5.2.5 Bombeio mecânico com hastes (BM)**

Bombeio mecânico com hastes (BM), muito conhecido como *cavalo de pau*, “[...] é um método de elevação artificial que utiliza uma unidade de bombeio na superfície, que transforma o movimento circular de um motor em movimento alternativo na velocidade desejada e o transmite a uma coluna de hastes, que vai movimentar uma bomba alternativa de fundo para elevar os fluidos produzidos pelo reservatório até a superfície.” (SOUZA, 2010, p. 156). Segundo Noronha et al., (2010, p. 25 e p. 27), dentre os métodos de elevação artificiais citados, o que mais se destaca é o bombeio mecânico, aplicado predominantemente em poços terrestres, por oferecerem vários pontos fortes como:

- Alta flexibilidade de adaptação às variações de vazão;
- Aplicável numa grande faixa de vazão (0 a 300 m<sup>3</sup>/d);
- Os componentes facilitam a padronização;
- Custo operacional baixo;
- Fácil diagnóstico de problemas;
- Fácil manutenção;
- Pode ser instalado em locais sem eletrificação ou sem infraestrutura de compressão de gás;
- Proporciona ao poço reduzida pressão de fluxo;
- Robustez de uma tecnologia consolidada;
- Simplicidade de instalação e de operação;
- Suporta alta temperatura.

Os principais componentes do bombeio mecânico com hastes, segundo Souza (2010, p. 157) são: bomba de subsuperfície, coluna de hastes, unidade de bombeio na superfície e acessórios, ilustrado na Figura 12. Noronha et al., (2010, p. 26), além dos principais, cita outros componentes como de superfície: quadro de comando do motor, variador de frequência do motor, dispositivos de conexão com a unidade de bombeio (mesa e ca-bresto), sistema de vedação ou caixa de engaxe-tamento (stuffing box), sensor de vazamento; e de subsuperfície: âncora de tubulação, filtro, separador de areia, separador de gás, guias de haste.

**Figura 12 – Método bombeio mecânico com hastes (BM)**



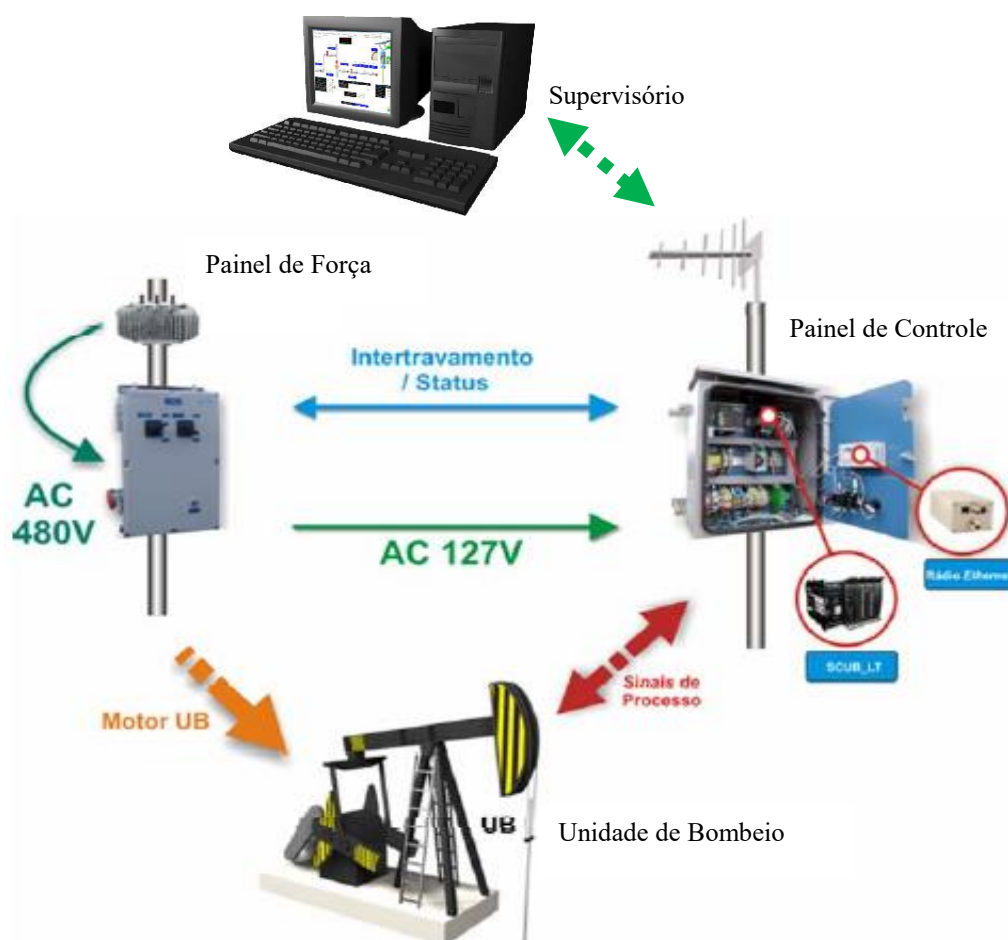
Fonte: Souza (2010, p. 157)

Dentre os principais componentes citados no método de bombeio mecânico com hastes, um acessório bastante utilizado que merece destaque é o *Sistema de Automação de Poços de Petróleo*.

### 2.5.3 Sistema de automação de poços de petróleo

Segundo a Petrobrás (2015, f. 3) o sistema de automação industrial é um “[...] conjunto de equipamentos, redes e programas destinados à supervisão, controle e operação protegida, automática ou semiautomática, de processos industriais, tais como:” estações de supervisão e controle (ESCs), controladores programáveis, programadores portáteis, microcomputadores de manutenção, redes de comunicação de automação, sistemas de gerenciamento de informações de processo, instrumentação eletrônica programável e programas associados, apresentado na Figura 13.

**Figura 13 – Arquitetura dos equipamentos no poço e supervisão**



Fonte: Fernandes (2010, p. 53)

O sistema de automação de poços é um acessório que visa o acompanhamento da operação dos poços, informando dados como nível, pressão, temperatura, corrente do motor, vazamentos, dentre outros. Além disso, Fernandes (2010, p.8-13) afirma que este sistema traz vários benefícios como:

- Redução de agressão ao meio ambiente;
- Aumento da eficiência energética;
- Redução da perda de produção;
- Redução dos custos de intervenção;
- Otimização da mão de obra;
- Melhora da qualidade da informação.

O acompanhamento operacional do poço, segundo Noronha et al.,(2010, p. 137), é feito através da análise da carta dinamométrica, testes de produção e de registros de nível dinâmico, além de alguns procedimentos como pressurização e checagem de fundo.

A Petrobras (2015, f. 1) define a carta dinamométrica como uma carta que registra as cargas atuantes na haste polida ao longo de um ciclo de bombeio

mecânico. É a principal ferramenta disponível para avaliação das condições em que está ocorrendo o bombeio. A carta é obtida instalando-se um dinamômetro para registrar as cartas na haste polida durante um ciclo completo. A Figura 14 representa uma carta dinamométrica típica, na qual podem ser observados os seguintes registros:

**Figura 14 – Carta dinamométrica**

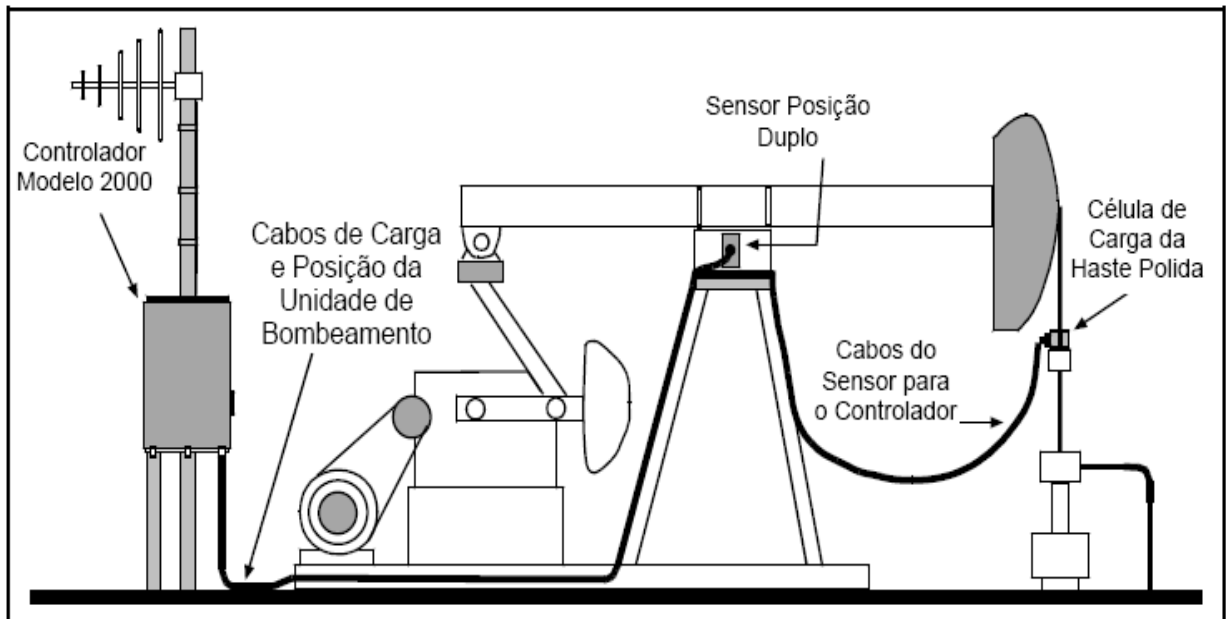


Fonte: Fernandes (2010, p. 47)

- Linha base ou linha de carga zero - traçado com o dinamômetro sem carga, antes e depois do registro da carta, desacoplado da haste polida. A partir desta linha são medidas todas as deflexões registradas.
- Carga na válvula de pé - obtida riscando-se a carta no final do curso descendente, com a unidade parada. Desta forma eliminando-se os componentes dinâmicos e a linha representa o peso da coluna de hastes mergulhada no fluido.
- Carga na válvula de passeio - obtida riscando-se a carta no final do curso ascendente, também com a unidade parada. A linha registrada representa o peso da coluna de hastes mergulhada no fluido mais o peso do fluido (peso do fluido no interior da coluna menos a força exercida pela pressão do fluido que está no anular).
- Carga máxima na haste polida - é o ponto mais distante da linha de carga zero. Ocorre no curso ascendente e corresponde à soma do peso das hastes mergulhadas no fluido, do peso do fluido e da força dinâmica máxima que atua no curso ascendente.
- Carga mínima na haste polida - é o ponto mais próximo da linha de carga zero. Ocorre no curso descendente e corresponde à soma do peso das hastes mergulhadas no fluido com a força dinâmica mínima que atua no curso descendente.

A implantação do sistema de automação possibilitou a instalação de sensores, atuadores e microcontroladores, conforme Figura 15, todos dedicados ao poço, que se comunica com centrais de operação, através do supervisor.

**Figura 15 – Sistema de automação (sensores, atuadores, UTR)**



Fonte: PETROBRAS (2010, p. 10)

A automação de poços tem papel fundamental na segurança de todos os colaboradores, dos equipamentos e na preservação do meio ambiente, além de otimizar a produção e melhorar a eficiência do ativo.

#### 2.5.4 Células de carga

Segundo a Petrobrás (2010, f. 8), a célula de carga é um dispositivo utilizado como transdutor de medição de força, podendo abranger uma vasta gama de aplicações que pode ser usado para medir desde estresse em estruturas, balanças de precisão até automatização e controle de processos industriais, conforme mostrado na Figura 16.

**Figura 16 – Célula de carga**



Fonte: PETROBRAS (2010, p. 08)

As células de carga utilizadas nos sistemas de automação de poços têm seu princípio de funcionamento baseado na variação da resistência ôhmica de um sensor denominado extensômetro ou strain gage, quando submetido a uma deformação, Figura 17.

**Figura 17 – Extensômetro ou Strain gage**



Fonte: PETROBRAS (2010, p. 08)

Comumente, utiliza-se em células de carga, quatro extensômetros ligados entre si acoplados em um circuito de ponte de Wheatstone, representado na Figura 18, e o desbalanceamento da mesma, em virtude da deformação dos extensômetros, é proporcional à força que a provoca. É através da medição deste desbalanceamento que se obtém o valor da força aplicada.

**Figura 18 – Ponte de Wheatstone**



Fonte: PETROBRAS (2010, p. 08)

Os extensômetros são colados a uma peça metálica (alumínio, aço ou liga cobre-berílio), denominada corpo da célula de carga e inteiramente solidários à sua deformação. A força atua, portanto sobre o corpo da célula de carga e a sua deformação é transmitida aos extensômetros, que por sua vez medirão sua intensidade. Obviamente que a forma e as características do corpo da célula de carga também visam assegurar que a sua relação de proporcionalidade entre a intensidade da força atuante e a consequente deformação dos extensômetros seja preservada.

## 2.6 Ferramentas da Qualidade

Atualmente, conceituar-se a palavra qualidade, segundo Deming (1993) apud Veras (2009, p. 5), é bastante dificultosa, devido a mesma estar associada a “[...] renovação das necessidades futuras do usuário em características mensuráveis, de forma que o produto possa ser projetado e modificado para dar satisfação por um preço que o usuário possa pagar.”

Segundo Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 40), a qualidade é a “[...] conformidade, coerente com as expectativas do consumidor; em outras palavras, significa ‘fazer certo as coisas’ [...]” com foco em reduzir custos e aumentar a confiabilidade atendendo às expectativas do cliente. Moreira (2008, p. 552) apud Sobrinho (2014, p. 28) refere-se a qualidade apenas como um “[...] atributo de produtos e serviços[...]”, devido a mesma manter relação e reflexo direto em todas as atividades desenvolvidas pelos recursos transformadores.

No geral, o termo qualidade é sempre associado a algo bom ou positivo que atinja a satisfação das necessidades de todas as pessoas.

Com o objetivo de auxiliar o processo de melhoria contínua, principalmente em atender às expectativas do consumidor, Carpinetti (2012, p. 74) afirma que a melhor maneira é a utilização de dispositivos chamados de ferramentas da qualidade. O uso dessas ferramentas proporciona, não só a solução de problemas, mas também, a identificação, análise, controle e melhoria da qualidade dos produtos, serviços e processos oferecidos. As ferramentas mais utilizadas são: fluxogramas; diagrama de Pareto; diagrama de causa e efeito; método 5W1H e método PDCA.

### 2.6.1 Fluxograma ou diagrama de processo
























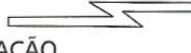





Segundo Peinado; Graeml (2007, p. 539), o fluxograma “[...] é um diagrama utilizado para representar, por meio de símbolos gráficos, a sequência de todos os passos seguidos em um processo.”

Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 101) apud Sobrinho (2014, p. 30) afirmam que os fluxogramas têm um papel importantíssimo nos processos, de modo geral, por auxiliarem na identificação de desvios e por facilitarem o acesso a informações, qualificá-los e promover a melhoria contínua dos mesmos.



Um fluxograma é desenhado, segundo Araújo (2011, p. 36), utilizando-se vários símbolos padronizados, conforme mostrado no Quadro 2.

**Quadro 2 – Exemplo de símbolos de fluxograma**

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO		
	<b>PROCESSAMENTO</b> Um grupo de instruções que executam uma função de processamento do programa	<b>PROCESSAMENTO</b>  Uma função principal de processamento.	<b>ENTRADA/SAÍDA</b>  Qualquer tipo de documento ou dados.
	<b>ENTRADA/SAÍDA</b> Qualquer função de um dispositivo de entrada/saída (fornecimento de informações para processamento, gravação, posicionamento de fita etc.)	<b>CARTÃO PERFURADO</b>  Todas as variedades de cartão perfurado.	<b>FITA PERFURADA</b>  Fita de papel ou plástico.
	<b>DECISÃO</b> Símbolo utilizado para indicar a possibilidade de desvios para diversos outros pontos do programa, de acordo com situações variáveis.	<b>DOCUMENTO</b>  Documentos e relatórios de todas as variedades.	<b>FITA DE TRANSMISSÃO</b>  Uma fita de máquina de somar ou de prova.
	<b>MODIFICAÇÃO DE PROGRAMA</b> Uma instrução ou grupo de instruções que modificam o programa.	<b>FITA MAGNÉTICA</b>  Memória fora de linha, em fichas, cartões, fitas magnéticas ou perfuradas.	<b>ACESSO ARBITRÁRIO DE DISCO OU DE TAMBOR</b> 
	<b>PROCESSAMENTO PREDEFINIDO</b> Um grupo de operações não incluídas no diagrama de blocos.	<b>MEMÓRIA FORA DE LINHA</b>  Memória fora de linha, em fichas, cartões, fitas magnéticas ou perfuradas.	<b>EXIBIÇÃO</b>  Informações exibidas por dispositivos visuais.
	<b>TERMINAL</b> O ponto de início, término ou interrupção de um programa.	<b>TECLADO EM LINHA</b>  Informação fornecida ou recebida de/ou por um computador, utilizando um dispositivo.	<b>CLASSIFICAÇÃO INTERCALAÇÃO</b>  Uma operação em um equipamento de classificação ou intercalação.
	<b>CONEXÃO</b> Uma entrada ou uma saída de/ou para uma outra parte do diagrama de blocos.	<b>OPERAÇÃO MANUAL</b>  Uma operação manual fora de linha, sem intervenção de dispositivos eletromecânicos.	<b>OPERAÇÃO AUXILIAR</b>  Uma operação de máquina que suplementa a função principal do processamento.
	<b>CONEXÃO DE PÁGINA</b> Uma conexão utilizada para indicar uma entrada ou saída de/ou para outra página do diagrama.	<b>OPERAÇÃO DE TECLADO</b>  Uma operação em que se utiliza um dispositivo com teclado.	<b>LINHA DE COMUNICAÇÃO</b>  Uma transmissão automática de informação, entre locais diferentes, através de linhas de comunicação.
 	<b>DIREÇÃO DO FLUXO</b> A direção do fluxo de dados ou de processamento.	<b>FLUXO</b>  	
	<b>ANOTAÇÃO</b> Inclusão de uma explicação adicional.		

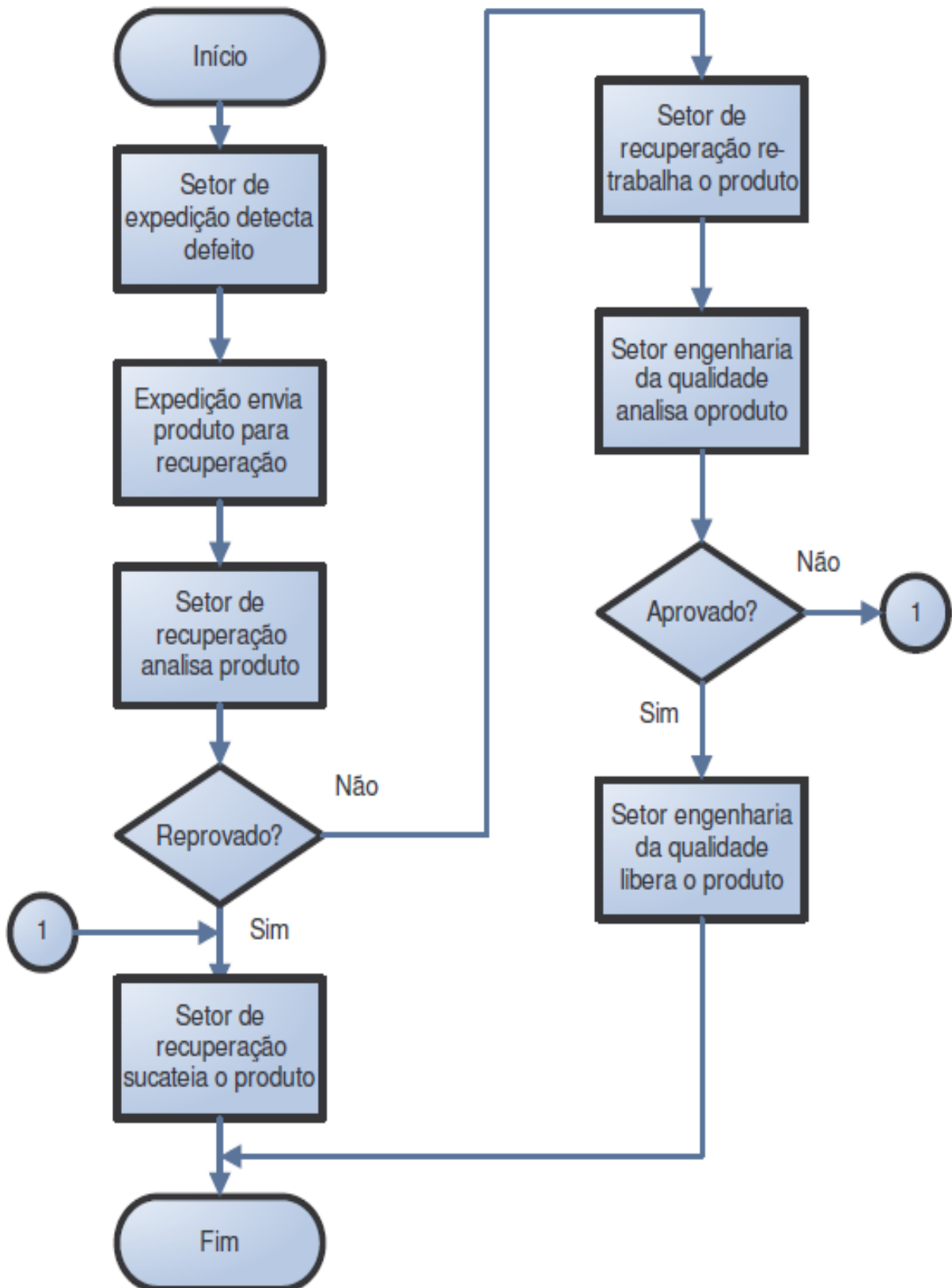
Fonte: Araújo (2011, p. 36)

Geralmente, os mais utilizados são os símbolos de terminal, processamento (operação), decisão, documento, material, arquivo e a seta (direção de fluxo).

A Figura 19 exemplifica um fluxograma de procedimento de controle de produtos não-uniformes de uma grande empresa fabricante de produtos eletrodomésticos brasileira.



Figura 19 – Exemplo de fluxograma



Fonte: Peinado; Graeml (2007, p. 540)

De acordo com Oliveira (2013, p. 269), existem três tipos básicos de fluxogramas, cada um deles representado por um conjunto e símbolos padronizados que facilitam a interpretação do processo. São eles:

- Fluxograma vertical - é destinado a representar rotinas simples de um processo de forma detalhada. É bastante utilizado nos chamados mapafluxos. Sua principal vantagem consiste na possibilidade de impressão como formulário padronizado. Segundo Campos (2004, p. 110), ao se iniciar o projeto de um sistema deve-se elaborar um macro-fluxograma e posteriormente os fluxogramas de processos referentes.
- Fluxograma parcial ou descritivo - é mais destinado na representação de rotinas que envolvem poucas unidades organizacionais. Sua elaboração apresenta maior dificuldade em relação ao fluxograma vertical, normalmente são mais utilizados para levantamentos, onde possibilita a descrição do curso de ação e os trâmites de documentos.
- Fluxograma global ou de coluna - é o mais utilizado pelas empresas, devido sua versatilidade e diversidade de símbolos. Pode ser utilizado na descrição de rotinas, procedimentos e levantamentos. Sua representação possibilita demonstrar qualquer fluxo de processo com maior clareza.

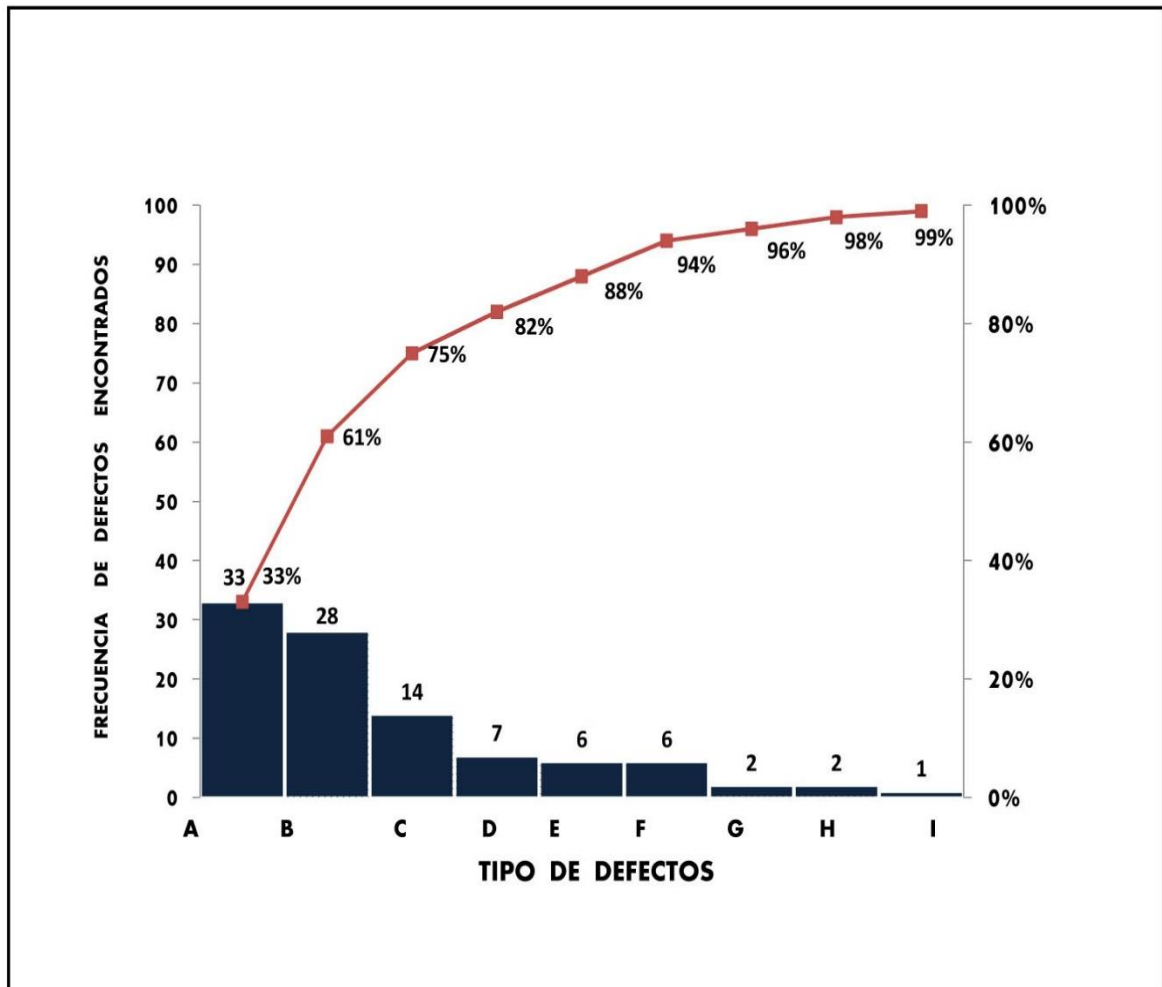
Para Campos (2004, p. 60), “[...] o estabelecimento de fluxogramas é fundamental para a padronização e, por conseguinte para o entendimento do processo [...]”

### **2.6.2 Diagrama de Pareto**

Segundo Pessoa (2015, f. 1), o diagrama de Pareto “[...] é um gráfico de barras verticais que dispõe a informação de forma a tornar evidente e visual a priorização de temas.”, ou seja, é utilizado para classificar e priorizar problemas, falhas, não conformidades ou anormalidades.

Também chamado de gráfico de Pareto, Peinado; Graeml (2007, p. 546) afirmam que o mesmo surgiu com a análise do economista italiano Vilfredo Pareto após a constatação que 80% da riqueza do país estava concentrada nas mãos de 20% das pessoas, na qual, associou e concluiu que na maioria dos casos, os defeitos e custo associados são ocasionados por um número pequeno de causas. Segundo Peinado; Graeml (2007, p. 546) apud Salgado (2008, p. 14), o objetivo é separar os poucos problemas vitais dos muitos problemas triviais, ou seja, identificar que um problema possui várias causas, mas apenas algumas representam um grande impacto ou perda, como mostra na Figura 20.

**Figura 20 – Exemplo de diagrama de Pareto**



Fonte: Ministério de proteção social (2015, p. 2)

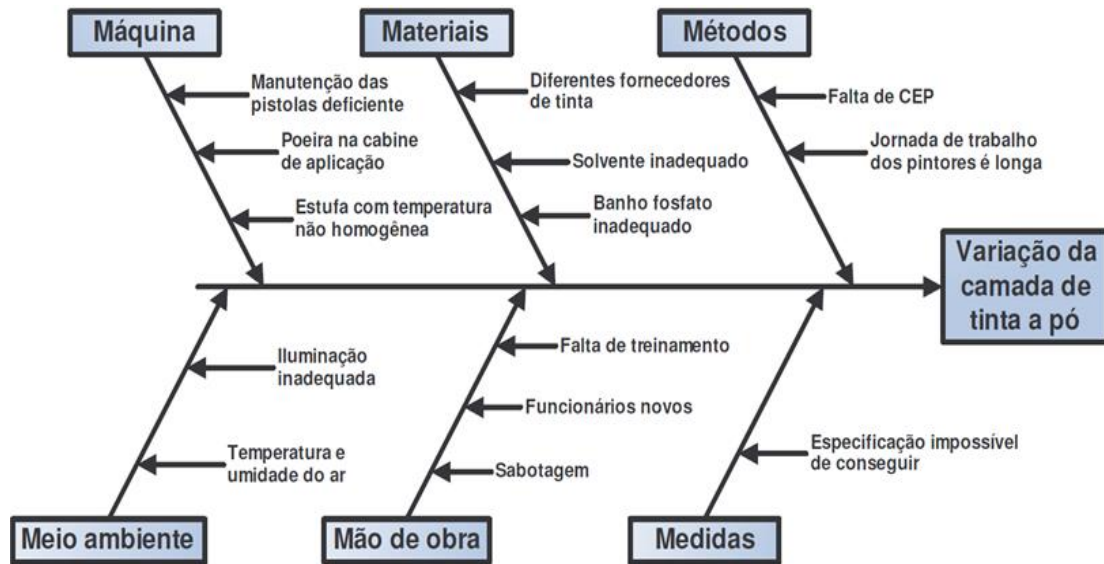
Carpinetti (2012, p. 82-83) afirma que após a coleta de dados das causas, as mesmas são dispostas em ordem decrescente de ocorrências e, posteriormente, são acrescentados os percentuais unitários de cada ocorrência. Deste modo, esta ferramenta evidencia, de forma mais detalhada, diversos elementos que ocasionam um problema indicando quais devem ser priorizados para solucionar o mesmo.

### 2.6.3 Diagrama de causa e efeito

Também chamado de diagrama espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa, segundo Pareto; Graeml (2007, p. 550), é uma representação gráfica “[...] que auxilia na identificação, exploração e apresentação das possíveis causas de uma situação ou problema específico.”. Os autores afirmam que o objetivo do diagrama é mostrar possíveis causas de uma determinada ocorrência, onde elas precisam ser analisadas

isoladamente, comprovando a veracidade e definindo o quanto as influenciam ou impactam na ocorrência, exemplo na Figura 21.

**Figura 21 – Exemplo de diagrama de causa e efeito**



Segundo Pareto; Graeml (2007, p. 550), essa ferramenta, geralmente, é utilizada de forma coordenada com outras ferramentas, como por exemplo o *brainstorming*.

#### 2.6.4 Brainstorming

O *brainstorming* é uma ferramenta bastante utilizada onde pessoas envolvidas com as causas, diretamente ou não, são estimuladas a participarem da análise de problemas. Segundo Carpinetti (2012, p. 84), o objetivo é auxiliar um grupo de pessoas a produzir o máximo possível de ideias em um curto período de tempo.

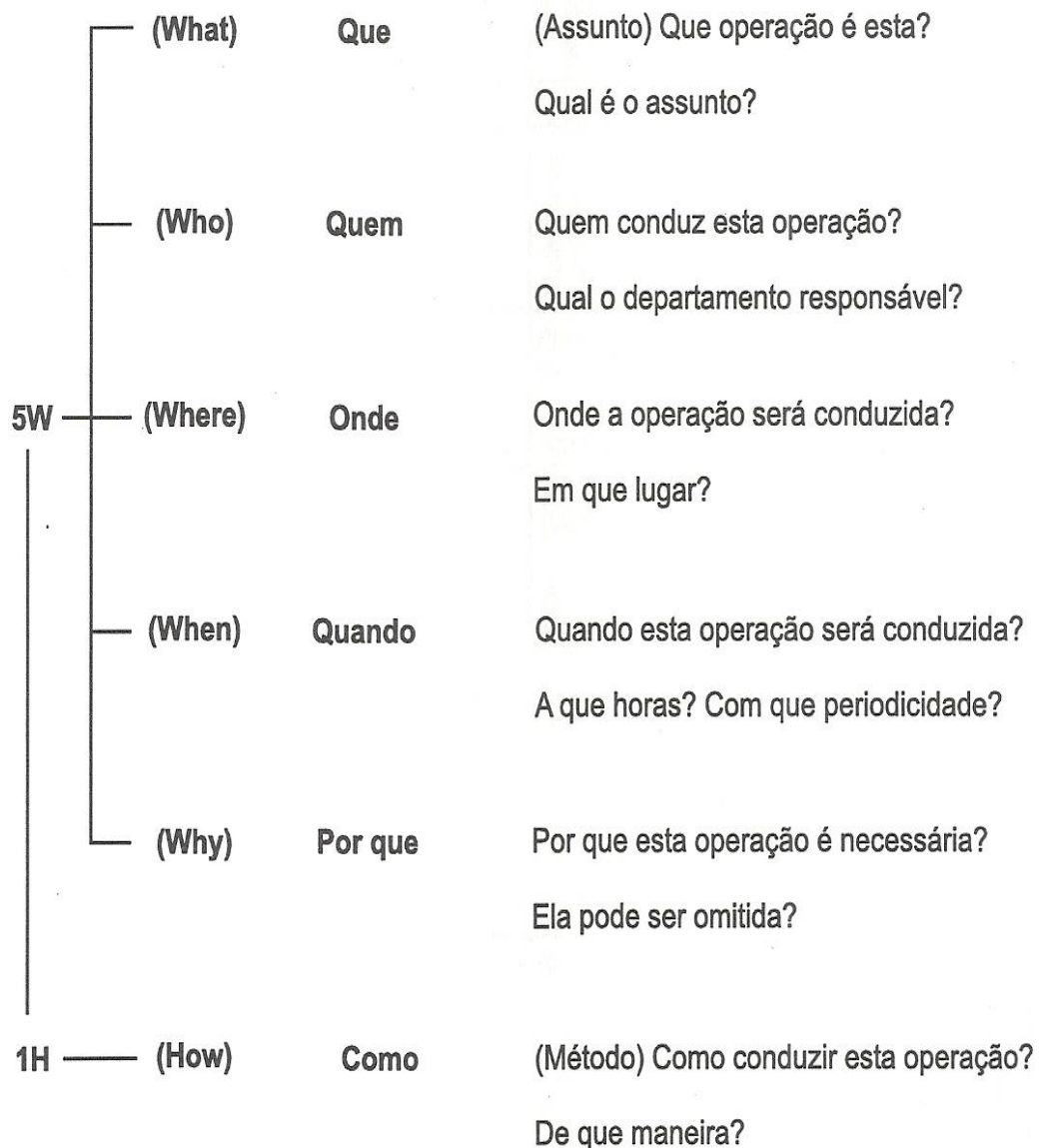
#### 2.6.5 Método 5W1H

Segundo Veras (2009, p. 19), o método 5W1H é “[...] um documento de forma organizada que identifica as ações e as responsabilidades de quem irá executar, através de um questionamento, capas de orientar as diversas ações que deverão ser implementadas.”

Também conhecida como a técnica dos 5 por quês, Silva (2015, p. 4) afirma que Sakichi Toyoda a desenvolveu com a finalidade de analisar um problema,

levando-o ao maior nível possível para que se possa descobrir a causa primária. Segundo Peinado; Graeml (2017, p. 559), “[...] recebeu esse nome em função das letras iniciais de algumas perguntas em inglês que ajudam a esclarecer situações, eliminando dúvidas que, de outra forma, podem ser extremamente prejudiciais a qualquer atividade empresarial.”, representado na Figura 22.

**Figura 22 – Método 5W1H**



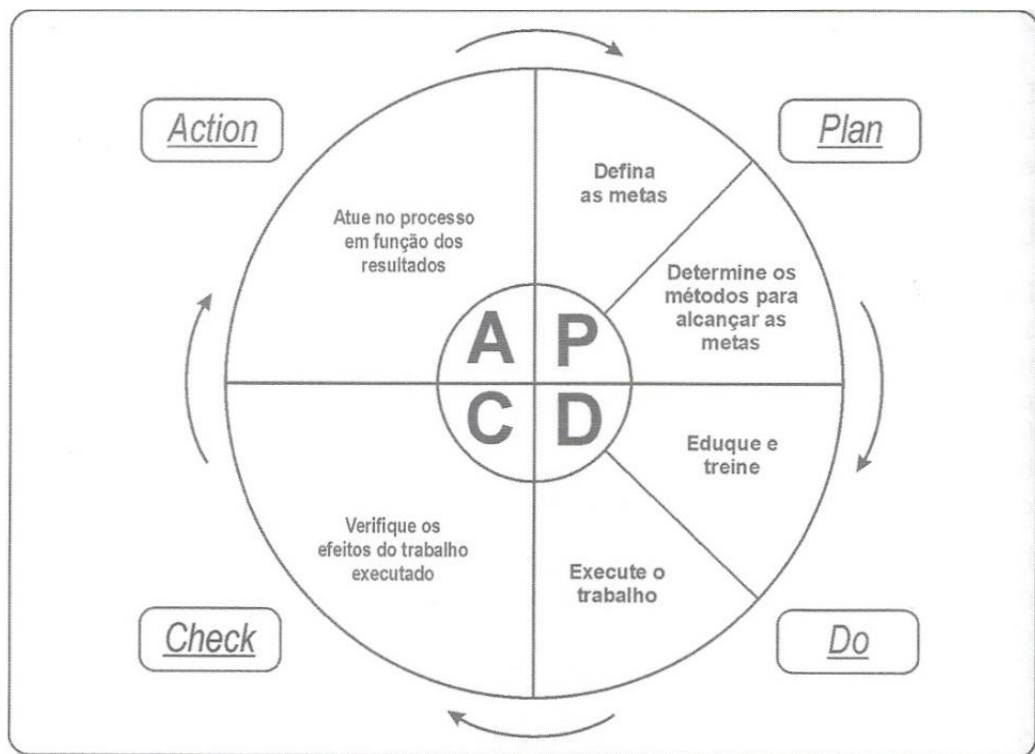
Fonte: Falconi (2004, p. 107)

Segundo Falconi (2004, p. 107), 5W1H é um check-list utilizado para garantir que a operação seja conduzida sem nenhuma dúvida por parte da chefia ou dos subordinados. Em alguns casos, utiliza-se uma variação desta ferramenta, chamada 5W2H (5W1H + 1H), onde além das perguntas anteriores, adiciona-se (How Much) Quanto – Quanto irá custar essa operação?

### 2.6.6 Método PDCA

O PDCA, segundo Campos (2004, p. 113), é um método que visa resolver problemas gerenciando-os. Para Xenos (2014, p. 53), é o método universal para atingir metas. Segundo Campos e Xenos, a Figura 23 representa o ciclo PDCA composto pelas seguintes etapas distintas: Planejamento (PLAN) - estabelece claramente suas metas e os métodos para alcançá-los; execução (DO) - educa e treina as pessoas envolvidas nos métodos a serem utilizados e coloca o plano em prática; verificação (CHECK) - observa a situação e verifica se os resultados do trabalho executado estão progredindo em direção à meta e atuação (ACTION) - atua no processo em função dos resultados obtidos se os resultados não estão progredindo em direção à meta.

**Figura 23 – Ciclo PDCA**



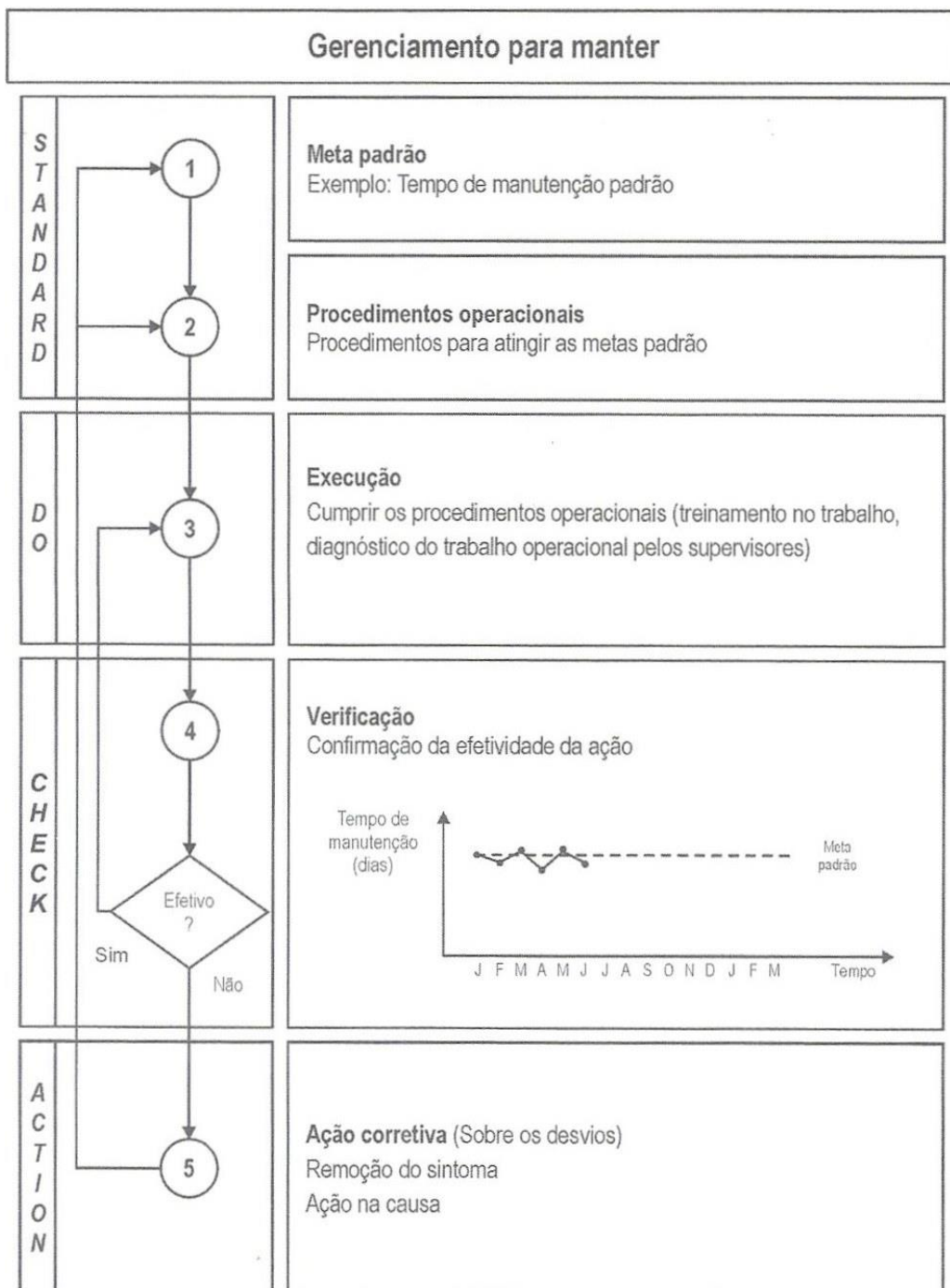
Fonte: Xenos (2014, p. 54)

Xenos (2014, p. 53) afirma que para atingir uma meta ou várias metas, por exemplo, reduzir o número de falhas de equipamentos, reduzir o custo de manutenção, aumentar a produtividade operacional, dentre outros, é preciso seguir metodicamente as quatro fases citadas anteriormente, ou seja, as metas são atingidas através do giro sistemático do PDCA. Durante esse giro, quaisquer desvios podem ser corrigidos para que as metas sejam atingidas.

As metas que são realizadas durante o ciclo do PDCA, segundo Xenos (2014, p. 54), podem ser de dois tipos: metas padrão e metas de melhoria.

Metas padrão são metas que se deseja manter. Normalmente, aplicável em tarefas repetitivas e de natureza semelhante como: solicitações de ordens de serviços ou rotinas de inspeção. O PDCA utilizado para esse tipo de meta é chamado de SDCA (Standard-Do-Check-Action), como pode-se observar na Figura 24.

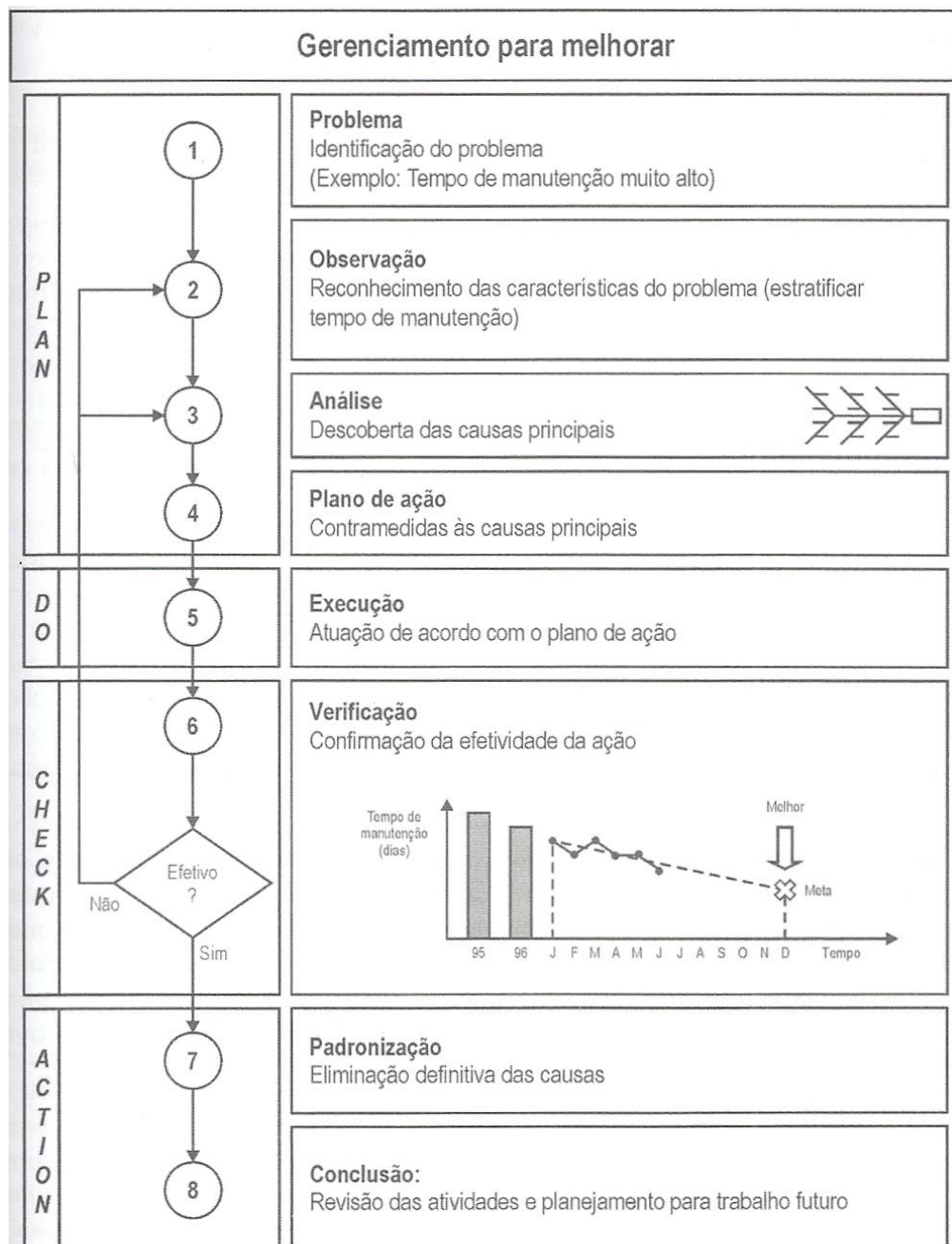
**Figura 24 – SDCA para atingir metas padrão**





Metas de melhoria são metas que se deseja melhorar. Geralmente, é aplicável como método de controle para todo o processo como: reduzir o tempo gasto no cumprimento de uma inspeção periódica ou reduzir o custo de manutenção de equipamentos, conforme Figura 25.

**Figura 25 – PDCA para atingir metas de melhoria**



Fonte: Xenos (2014, p. 57)



### **3 METODOLOGIA**

Nesta seção, será mostrada a metodologia do presente estudo, onde Santos (2006, p. 35-36) apud Ubirajara (2014, p. 125) definiu metodologia como:

[...] Descrição detalhada e rigorosa dos procedimentos [documentais] de campo ou laboratório utilizados, bem como dos recursos humanos e materiais envolvidos, do universo da pesquisa, dos critérios para a seleção da amostra, dos instrumentos de coleta, dos métodos de tratamento de dados etc.

Segundo Ubirajara (2014, p. 125), são utilizadas ferramentas como técnicas, instrumentos, métodos e procedimentos que ajudam na resolução de problemas que foram encontrados após observações feitas pelo observador ou através da coleta de dados dos entrevistados, e é fundamentada por citações de autores sobre conteúdo estudado.

#### **3.1 Abordagem Metodológica**

De acordo com Lakatos; Marconi (2009, p. 223) apud Ubirajara (2014, p.125), [...] o método se caracteriza por uma abordagem mais ampla, em nível de abstração mais elevado, dos fenômenos da natureza e da sociedade. É, portanto, denominado método de abordagem, que engloba o indutivo, o dedutivo, o hipotético e o dialético.

Por se tratar de um estudo realizado em um lugar específico, Ubirajara (2014, p. 125) afirma que este relatório é entendido como um estudo de caso. Segundo Ubirajara (2014, p. 125) é uma investigação aprofundada de uma unidade individual, tal como: uma pessoa, um grupo de pessoas, uma instituição, um evento cultural, dentre outros, que, utilizando-se de um ou mais métodos qualitativos, procura adquirir informações possibilitando posteriormente análises dos dados coletados.

O processo utilizado para a realização deste estudo fundamentou-se em um estudo de caso, que foi desenvolvido na empresa HOPE Serviços, terceirizada contratada pela PETROBRAS, na base de operação situada na cidade de Carmópolis-Sergipe, na qual foi observada a realização de atividades de planejamento, controle e manutenção em equipamentos dos sistemas de automação de poços petrolíferos, cuja finalidade é identificar inconformidades e posteriormente sugerir melhorias.

## 3.2 Caracterização da Pesquisa

Segundo Ruiz (2008, p.48) apud Ubirajara (2014, p. 126):

Pesquisa científica é a realização concreta de uma investigação planejada, desenvolvida e redigida de acordo com as normas da metodologia consagradas pela ciência. É o método de abordagem de um problema em estudo que caracteriza o aspecto científico de uma pesquisa.

Para Ubirajara (2014, p. 126):

Pesquisar cientificamente é utilizar métodos que oriente o pesquisador a planejar, coordenar e analisar as informações acolhidas dos entrevistados para que o resultado final da pesquisa seja relevante, nada se perca ou se deixe de coletar e analisar. E uma pesquisa pode ser caracterizada: a) quanto aos objetivos ou fins; b) quanto aos meios ou objeto (modelo conceitual); c) quanto à abordagem (tratamento) dos dados coletados.

### 3.2.1 Quanto aos objetivos ou fins

Segundo Lakatos; Marconi (2009, p.158) apud Ubirajara (2014, p.126): “Toda pesquisa deve ter um objetivo determinado para saber o que se vai procurar e o que se pretende alcançar.”

Santos (2006, p. 25) apud Ubirajara (2014, p.126), afirma que a pesquisa depende do grau de conhecimento em relação estudo de caso ou do problema específico.

As pesquisas, quanto aos objetivos ou fins, podem ser: exploratórias, descritivas e explicativas (ou explanatórias).

Pesquisas exploratórias, para Marconi; Lakatos (2009, p. 190) apud Ubirajara (2014, p.126),

[...] são investigações de pesquisa empírica cujo objetivo é a formulação de questões ou de um problema, com tripla finalidade: desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, fato ou fenômeno, para a realização de uma pesquisa futura mais precisa ou modificar e clarificar conceitos.

Pesquisas descritivas, segundo Vergara (2009, p. 47) apud Ubirajara (2014, p.127),

[...] objetivam a descrição de características de determinada população ou fenômeno, estabelecendo, quando necessário, uma relação entre variáveis. Caracterizam-se por possuir procedimentos formais, bem estruturados com objetivo direcionados a resolução de problemas. Assim, os perfis e as propriedades encontradas ou reveladas pelos pesquisados são descrições dos mesmos.

Já as pesquisas explicativas, segundo Ubirajara (2014, p. 127), têm como foco identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência do fenômeno. É o tipo de pesquisa que é aprofundado o conhecimento da realidade, pois busca os porquês, as explicações, os motivos ou as razões das coisas. Neste tipo de pesquisa, verificam-se as relações de causa-efeito, estímulo-reação, para, assim, testar hipóteses sobre as mesmas ou relatar os resultados analisados.

De acordo com os conceitos citados anteriormente, os modelos que compõem este estudo podem ser caracterizados como descritivo e explicativo. Descritivo por caracterizar os equipamentos utilizados na automação de poços petrolíferos, assim como o planejamento e controle da manutenção dos mesmos, e explicativo por esclarecer todas as etapas e ferramentas utilizadas no planejamento e controle da manutenção dos equipamentos do sistema de automação de poços de petróleo.

### **3.2.2 Quanto ao objeto ou meios**

De acordo com Ubirajara (2014, p.127), uma pesquisa, quanto aos meios, pode ser: documental, bibliográfica, de campo, de observação participante, pesquisa-ação, dialética, experimental (e suas variantes) ou laboratorial, entre outras categorias, conforme o assunto de interesse ou a instrumentalização viabilizada.

A pesquisa documental, segundo Ubirajara (2014, p. 127), assemelha-se à pesquisa bibliográfica, porém utiliza-se das fontes que não receberam tratamento analítico. São documentos utilizados para completar o estudo de caso, auxiliando o entendimento do pesquisador. É aquela desenvolvida exclusivamente a partir das fontes já elaboradas – livros, artigos científicos, publicações periódicas. Tem a vantagem de cobrir uma gama ampla de fenômenos que o pesquisador não poderia contemplar diretamente.

Na pesquisa de campo, Ubirajara (2014, p. 128), diz que os conceitos são concebidos a partir de observações: diretas – registrando-se o que se vê (aqui entra a observação do participante) - e indiretas, por meio de questionários, opinários ou opinionários, formulários etc.

Segundo Ruiz (2008, p.53) apud Ubirajara (2014, p. 128), a observação participante é uma técnica de investigação, onde o pesquisador observa as informações e as ideias do participante. Os problemas identificados são analisados

para mudanças necessárias. A observação pode ser natural e espontânea ou dirigida e intencional.

Na experimentação científica ou de laboratório, Ruiz (2008, p. 52) apud Ubirajara (2014, p. 128), informa que, o pesquisador manipula as variáveis e controla uma a uma, tanto quanto possível, as variáveis independentes, com o objetivo de determinar qual e quais delas são a causa necessária e suficiente determinante da variável dependente ou evento em estudo.

De acordo com o modelo conceitual (objeto ou meios), foi utilizada, no estudo, a pesquisa de campo, por se tratar no local onde as atividades foram acompanhadas e analisadas. É documental, devido à utilização de dados extraídos de documentos de propriedade da empresa onde foi realizado o estágio.

### **3.2.3 Quanto ao tratamento dos dados**

Ubirajara (2014, p. 128), relata que:

Uma pesquisa realizada com abordagem (ou tratamento) de dados pode ser qualitativa, quantitativa ou as duas coisas. De acordo com a quantidade de elementos a pesquisar, pode-se apelar para sintetizar os dados, quantitativamente, em números, por exemplo, enquanto que, diante de pequenos universos ou amostras, melhor fazer abordagens em forma de entrevistas ou de observações diretas, registrando-se as percepções descobertas.

Lakatos; Marconi (2009 p. 269) apud Ubirajara (2014, p. 128), refere-se à abordagem dos dados, como sendo, também, método de procedimento ou específico das Ciências Sociais – o que é discutível, assim como o é sobre a colocação, ou não, de variáveis para este tipo de abordagem.

Segundo Ubirajara (2014, p. 128-129), uma pesquisa é chamada de quantitativa quando os dados apresentados são mensuráveis, perfis estatísticos, com ou sem cruzamentos de variáveis. A pesquisa é qualitativa, quando apresentada uma análise de compreensão, de percepções, de interpretação do problema ou do fenômeno. Quantiquantitativa quando os dados apresentados passam por análises com foco em traçar um histórico de informações que possam explicar o problema, e qualiquantitativa quando as informações adquiridas através de percepções, de interpretações, dentre outras, que possam pressupor um problema, são quantificadas, buscando apresentar dados concretos.

Neste estudo, a abordagem ou tratamento da pesquisa foi concebido de forma quantitativa, por mensurar dados que representam paradas de equipamentos/dispositivos do sistema de automação dos poços de petróleo num determinado período; e qualitativa por acompanhar a aplicação das etapas de PCM, assim como das atividades de manutenção corretivas e, posteriormente, realizar uma análise dos dados referente a estas ocorrências.

### **3.3 Instrumentos de Pesquisa**

Segundo Ubirajara (2014, p. 129), existem vários meios ou instrumentos de coleta de dados que pode ser apresentado como: entrevistas, observação pessoal, formulários, questionários, dentre outros.

Marconi; Lakatos, (2009, p. 197) apud Ubirajara, (2014, p. 129) diz que entrevista “[...] é um encontro entre duas pessoas, a fim de que uma delas obtenha informações a respeito de determinado assunto, mediante uma conversação de natureza profissional.”

Gil (2010, p. 121) apud Oliveira (2014, p. 42), afirma que a observação pessoal como técnica de pesquisa pode assumir três modalidades: espontânea, sistemática e participante. Na observação espontânea, o pesquisador, permanece imune aos fatos, grupo ou situação que pretende estudar. Já na observação participante, o pesquisador participa da vida do grupo, comunidade em que realiza a pesquisa. E, finalmente, a observação sistemática, nesta é elaborado um plano de observação para orientar a coleta, análise e interpretação dos dados.

O formulário, segundo Lakatos; Marconi (2009, p. 214) apud Ubirajara (2014, p. 129), é um dos instrumentos essenciais para a investigação social, cujo sistema de coleta de dados consiste em obter informações diretamente com o entrevistado.

De acordo com Lakatos; Marconi (2004, p. 201) apud Ubirajara (2014, p. 129), informa que, “[...] questionário é um importante instrumento de coleta de dados, formado por uma série de perguntas ordenadas que devem ser respondidas por escrito e sem a presença do entrevistador.”

Durante toda a pesquisa, os instrumentos utilizados, para a coleta de informações necessárias ao estudo de caso, foram através de entrevistas (apêndice), formulários e observação pessoal nos setores de Operação, PCM, Manutenção e

Inspeção, em campo e nos sistemas SISAL, SMI e SAP R3 visando o acompanhamento da realização de todas as atividades referente ao fluxo do processo.

### **3.4 Unidade, Universo e Amostra da Pesquisa**

Segundo Ubirajara (2014, p. 130), unidade de pesquisa corresponde ao local preciso onde a investigação foi realizada. Portanto, para este estudo, as unidades de pesquisa foram os setores de Operação, PCM, Manutenção e Inspeção e em campo, por meio da empresa Hope Serviços, situada na base de operação PETROBRAS, que fica localizada na Avenida Gilberto Amaral Lopes (Av. 31 de Março), nº s/n, Carmópolis/SE.

De acordo com Vergara (2009, p. 50) apud Ubirajara (2014, p. 130) “[...] universo ou população é um conjunto de elementos (empresas, produtos, pessoas, por exemplo) que possuem as características que serão objeto de estudo.”

O universo da unidade do setor pesquisado é de, aproximadamente 2.238 poços produtores de petróleo, na qual, durante o período de janeiro de 2014 a setembro de 2015, houveram alternâncias entre 1886(84%) poços estavam produzindo e 352(16%) não produzindo.

A amostra da pesquisa, para Lakatos (2009, p. 165) apud Oliveira (2014, p. 43), é um subconjunto do universo, ou seja, é uma parcela convenientemente selecionada do universo a ser estudado.

Para a realização deste estudo, a técnica de seleção para os poços produtores de petróleo, durante o período citado anteriormente, foi da amostragem não-probabilística, as informações foram adquiridas através do programa SISAL, cujo resultado indicou que cerca de 569(31%) poços produtores de petróleo apresentavam sistema de automação.

Em relação às informações referentes à qualidade das atividades pertinentes a realização do planejamento, controle e manutenção de equipamentos/instrumentos do sistema de automação, a técnica de seleção foi a verificação nos sistemas SISAL, SMI, e SAP R3, durante o período citado, perguntas aos envolvidos no fluxo do processo e por observação pessoal procurando irregularidades que divergiam do padrão dos procedimentos.

### 3.5 Definição das Variáveis e Indicadores da Pesquisa

Entende-se por variável um valor ou uma propriedade (característica, por exemplo), que pode ser medida através de diferentes mecanismos operacionais que permitem verificar a relação/conexão entre estas características ou fatores, segundo Gil (2005, p. 107) apud Ubirajara (2014, p.130-131).

Baseado nos objetivos específicos, as variáveis e os indicadores abordados neste estudo de caso estão relacionadas no Quadro 3.

**Quadro 3 – Variáveis e indicadores da pesquisa**

Variável	Indicadores
Processo de planejamento e controle da manutenção	Fluxograma do processo
Falhas ocorridas no funcionamento dos equipamentos	Gráfico de Pareto
	5W1H
	Diagrama causa e efeito
Irregularidades de atividades no PCM	5W1H

Fonte: Dados do autor da pesquisa (2015)

### 3.6 Plano de Registro e Análise dos Dados

Todos os dados foram coletados junto aos programas SISAL, SMI e SAP R/3.

Os dados quantitativos foram coletados buscando-se mensurá-los através de planilhas do Excel para elaboração e análise através do diagrama de Pareto, 5W1H e diagrama de causa e efeito, enquanto que em percentuais estão sendo indicados os resultados.

Para os dados qualitativos, foi feita uma análise das atividades operacionais (fluxograma) que compõe as etapas do processo do PCM, para o atendimento dos serviços, referente ao sistema de automação de poços produtores de petróleo. Em seguida, procedeu-se à análise interpretativa dos resultados, apoiando-se no PDCA e Fundamentação Teórica, de forma descritiva.

## **4 ANALISE DOS RESULTADOS**

Nesta seção, serão apresentados os resultados adquiridos através de análise e coleta de dados das falhas dos equipamentos/instrumentos relacionados ao sistema de automação de poços produtores de petróleo, assim como das atividades referentes ao planejamento e controle da manutenção desses equipamentos, com o intuito de alcançar os objetivos propostos por este trabalho.

### **4.1 Processo de planejamento e controle da manutenção**

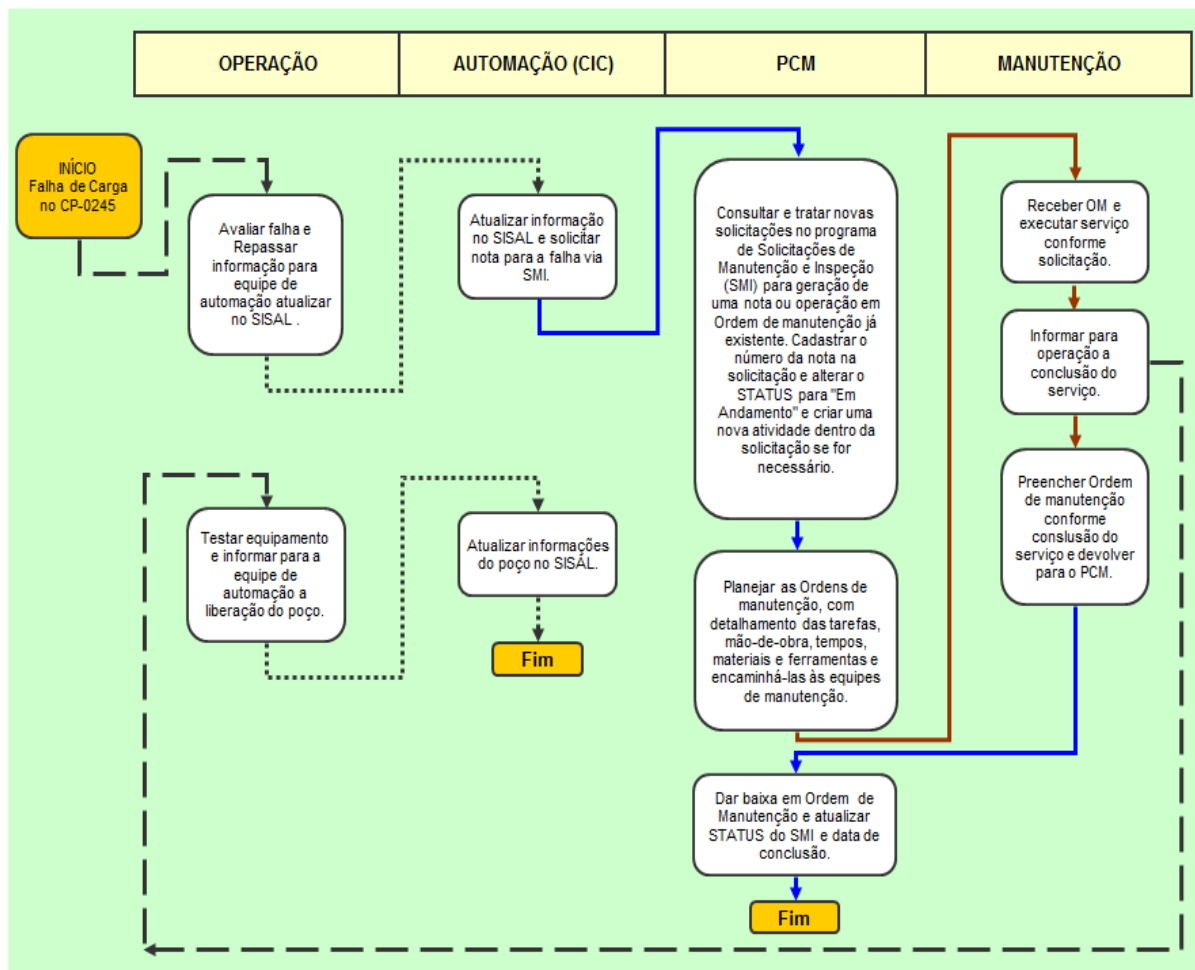
A programação de manutenção do sistema de automação dos poços produtores de petróleo tem como objetivo estabelecer a regularidade dos atendimentos corretivos nos poços de produção terrestre garantindo a disponibilidade dos mesmos para operação. As atividades de planejamento e controle de manutenção têm como base o detalhamento, a entrega, a devolução e a baixa de ordens de manutenção no sistema de manutenção SAP R/3. Para que esta ponte de entrega e retorno de OM's funcione é necessário toda uma logística, conforme apresentada na Figura 26, que demonstra uma visão geral do fluxograma do processo.

A logística do fluxograma de PCM do sistema de automação inicia-se no momento em que há uma falha ou defeito no poço de petróleo. Essa falha ou defeito é identificada e avaliada pelos operadores em campo ou apresentada diretamente no supervisor, localizado no CIC. Os operadores atualizam o status da falha no sistema SISAL e efetuam uma ligação para o PCM, em ramal exclusivo (4747), ou abrem uma nota no sistema SMI cadastrando todas as informações referente a falha como: descrição, local, especialidade do serviço, centro de trabalho responsável, horário da avaria, dentre outros.

Em posse desses dados cadastrados no SMI, o PCM analisa todas as informações necessárias para o saneamento da falha e gera uma nota no SAP R/3. Posteriormente, no próprio SAP R/3, a ordem de manutenção é gerada e planejada com detalhamento das tarefas, mão-de-obra, tempos, materiais e ferramentas, impressa e encaminhada ao setor de manutenção.



**Figura 26 – Fluxograma básico de PCM do sistema de automação**



Fonte: Petrobras (2015, p.1)

O setor responsável pelo saneamento da falha recebe a ordem de manutenção. O supervisor determina a equipe, e executa o serviço conforme o programado. Após conclusão do serviço, a equipe executante informa e testa o equipamento em conjunto com a operação, que por sua vez, libera o poço e atualiza o status no SISAL novamente.

Em sequência, o setor responsável pela execução do serviço preenche os dados na ordem de manutenção informando dados como: data e horário de início e término do serviço, análise de falha do equipamento, dentre outros e devolve a mesma ao PCM.

O PCM, em posse dessa ordem de manutenção, atualiza as informações no SAP R/3 e encerra a mesma no sistema - dar baixa - e atualiza as informações no SMI dando o serviço como concluído.

O fluxograma citado representa o correto processo de atendimento dos serviços referentes ao sistema de automação, porém, o mesmo não condiz com as

atividades realizadas na prática. Durante as intervenções dos equipamentos do sistema de automação estão sendo utilizados dois sistemas para a solicitação de serviços, o SISAL e o SMI. Esta duplicidade de solicitações acarreta na geração de redundância de serviços que se agrava com o aumento da frequência de quebra de equipamentos.

#### **4.1.1 Sugestões apresentadas**

Conforme citado na subseção **4.1**, de análise de resultados, entende-se que o fluxograma de processo ao atendimento dos serviços referente ao sistema de automação, na prática não satisfaz completamente a necessidade dos envolvidos no processo. Nota-se que o acréscimo de novos equipamentos e a necessidade de atender um maior volume de manutenções corretivas ocasionam duplicidade nas solicitações de serviços nos sistemas SISAL e SMI e, conseqüentemente, perda de tempo para solucioná-los. Por fim, sugere-se:

1. Revisar/atualizar o fluxograma de processo pelas gestões de operação, PCM e manutenção, de forma a atender a legítima necessidade do processo;
2. Elaborar maneiras de padronizar o processo;
3. Efetuar treinamentos periódicos nos sistemas SMI e SISAL com todos os colaboradores consolidando a finalidade de cada sistema – PDCA;
4. Efetuar reuniões periódicas com as gestões envolvidas;

#### **4.1.2 Sugestões acatadas**

Conforme citado na subseção **4.1.1**, de sugestões apresentadas, identificou-se que houve uma melhora significativa na totalidade do fluxograma de processo ao atendimento dos serviços referente ao sistema de automação.

Do item 1, realizou-se reuniões entre as gestões da operação, PCM e manutenção, na qual procurou-se a revisão/atualização do fluxograma de processo, de forma a atender a legítima necessidade dos envolvidos.

Do item 2, realizou-se reuniões com os setores de operação, PCM e manutenção enfoque na padronização do processo de forma a facilitar a reorganização das etapas e atividades possibilitando identificar pendências, pontos

de estrangulamentos e atividades desnecessárias, desburocratizando e otimizando o processo.

Do item 3, ministrou-se treinamentos dos sistemas SMI e SISAL nos setores da operação e PCM com intuito de capacitar os envolvidos na solicitação e acompanhamento de serviços minimizando erros, e conseqüentemente, otimizando o tempo de atendimento.

#### **4.1.3 Sugestões não acatadas**

Conforme citado na subseção **4.1.1**, de sugestões apresentadas, identificou-se que alguns itens não foram atendidos em sua totalidade.

Do item 3, os treinamentos dos sistemas SMI e SISAL não foram realizados com as equipes de manutenção. A gestão pretende realiza-los após a elaboração de um cronograma que não inviabilize o atendimento dos serviços de manutenção.

Do item 4, os setores de operação, PCM e manutenção não continuaram realizando reuniões periódicas, elas acontecem esporadicamente à medida que surge algum problema. Nessas reuniões só são discutidos os problemas superficiais, deveria ser utilizadas ferramentas de planejamento, como lista de verificações, indicadores de desempenho e de qualidade, diagrama de Ishikawa, dentre outros que solucionem as causas dos problemas e incorporem uma nova cultura para que a padronização se efetive.

#### **4.2 Falhas ocorridas no funcionamento dos equipamentos**

Na unidade operacional UO-SEAL em Carmópolis-SE, o método de elevação mais utilizado para a produção do petróleo é o método artificial. O mesmo é utilizado quando um reservatório apresenta uma pressão relativamente baixa, ou seja, o poço não tem pressão suficiente para elevar o petróleo até a superfície. Nessas condições o poço possui baixo potencial de produção havendo a necessidade de utilizar alguns métodos artificiais como suplemento de energia chamados de unidade de bombeio (UB). Normalmente os utilizados são:

- Bombeio por cavidades progressivas (BCP);
- Bombeio centrífugo submerso (BCS);

- Bombeio mecânico com hastes (BM), conhecido como *Cavalo de Pau* ou *Cavalo Mecânico*.

A aplicação das unidades de bombeio variam em função de vários fatores como: alta flexibilidade para se adaptar as variações de vazão, custo operacional baixo, fácil manutenção, fácil diagnóstico de problemas, dentre outros.

As unidades de bombeio, normalmente, são compostas por um sistema mecânico (bomba de subsuperfície, coluna de hastes, unidade de bombeio na superfície, etc.), um sistema elétrico (transformador, motor elétrico, quadro de comando, etc.) e um sistema de automação (unidade de transmissão remota (UTR), sensor de carga, sensor de posição e supervisor); seu princípio de funcionamento consiste, basicamente, em transmitir energia ao fluido para elevá-lo a superfície.

Durante todo o processo de elevação do petróleo, o poço é analisado e controlado. Dados como nível, pressão, temperatura, corrente do motor, vazamentos, dentre outros são informados através do sistema de automação. Todas essas informações são transmitidas a um supervisor por meio de sensores mecânicos, elétricos, magnéticos, analógicos e digitais, que são conectados a unidade de transmissão remota (UTR) constituído de micro-controlador (CLP), atuadores e rádio de transmissão.

Cada poço opera de maneira autônoma e independente, e todas as informações são centralizadas no centro integrado de controle (CIC). O supervisor é a interface entre os operadores responsáveis pelos poços e o sistema de automação de poços como alarmes e avisos. As informações do *status* dos poços são exibidas no supervisor através do sistema SISAL, conforme Figura 27.

O sistema SISAL possibilita a prévia identificação de falhas ou defeitos para futuras correções, destacando-se algumas informações como:

- Método: ícone identificador do método de elevação do poço;
- Poço: nome do poço supervisionado;
- Estação: estação de produção onde se localiza o poço;
- Controlador: modelo de controlador utilizado no poço;
- Status: identificar as condições de produção do poço;
- Modo de Controle: identifica o modo de controle atual do controlador do poço;
- Comunicação: mostra o percentual histórico de comunicação com o poço;

- Último scan: informa data e hora da última informação coletada;
- Alarme: último e mais significante estado de alarme do poço;
- Óleo (m³/dia): último valor de vazão de óleo líquido;
- Observação: última observação inserida por usuário no poço.

**Figura 27 – Tela status dos poços no supervisório (SISAL)**

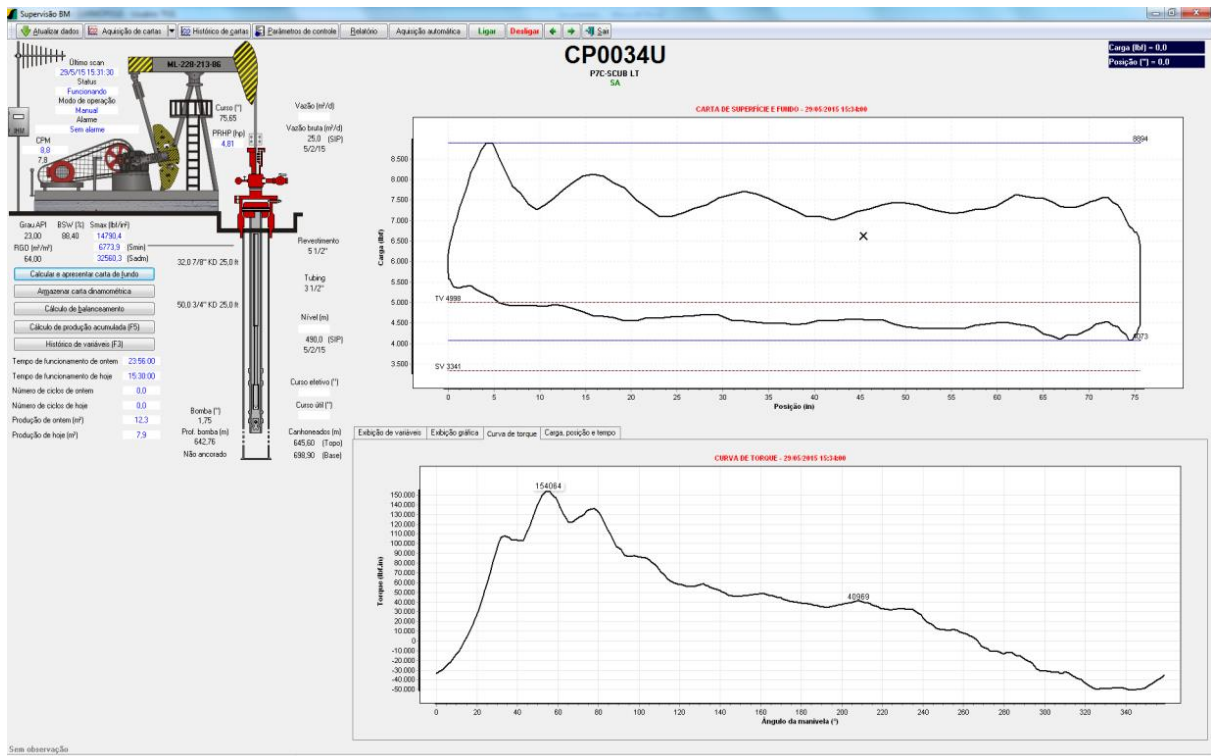
Método	Poço	Estação	Controlador	Satélite	Área	Status	Modo de Controle	Comunicação	Último Scan	Alarme	Óleo (m³/dia)
🔍	CP0001U	MER	CAC 2000	CP1133	Área 1	Funcionando	Pump-off	100%	3/5/16 13:54:13	Sem alarme	0,10
🔍	CP0006U	OI1	CAC 2000	CP0707	Área 1	Funcionando	Pump-off	100%	3/5/16 13:54:15	Sem alarme	1,00
🔍	CP0008U	SB	CAC 2000	CP1382	Área 2	Funcionando	Pump-off	100%	3/5/16 13:54:16	Sem alarme	3,60
🔍	CP0009U	NM	CAC 8800	CP0164	Área 3	Funcionando	Pump-off	99%	3/5/16 14:01:33	Sem alarme	2,60
🔍	CP0013U	OI2	SAM	CP0871	Área 2	-	???	0%	3/5/16 13:59:01	Poço fora de serviço	0,90
🔍	CP0016U	SB	CAC 8800	CP0234	Área 2	???	???	0%	3/5/16 14:01:08	Falha de comunicação persistente	2,10
🔍	CP0018U	OI2	SAM	CP1188	Área 2	-	???	0%	3/5/16 13:59:01	Poço fora de serviço	1,80
🔍	CP0020U	SB	CAC 8800	CP-SB	Área 2	Funcionando	Soft. timer	100%	3/5/16 13:54:17	Falha no sensor de carga	0,80
🔍	CP0021U	OI1	P7C-SCUB LT	CP0707	Área 1	Funcionando	Pump-off	100%	3/5/16 14:07:03	Sem alarme	5,20
🔍	CP0022U	OI1	EXS-1000	CP0707	Área 1	Funcionando	Manual	100%	3/5/16 13:54:07	Sem alarme	2,90
🔍	CP0025U	OI2	CAC 8800	CP0779	Área 2	Funcionando	Pump-off	99%	3/5/16 13:54:09	Sem alarme	0,80
🔍	CP0028U	OI2	EXS-1000	CP-OI2	Área 2	Funcionando	Manual	88%	3/5/16 14:01:10	Sem alarme	10,70
🔍	CP0031U	OI2	CAC 8800	CP0515	Área 2	Funcionando	Soft. timer	98%	3/5/16 14:01:12	Falha no sensor de carga	1,50
🔍	CP0032U	SA	CAC 2000	CP0159	Área 2	Funcionando	Soft. timer	97%	3/5/16 13:54:11	Falha no sensor de carga	0,10
🔍	CP0034U	SA	P7C-SCUB LT	CP0159	Área 2	Funcionando	Pump-off	100%	3/5/16 14:07:04	Sem alarme	1,50
🔍	CP0035U	SB	P7C-SCUB LT	CP0036	Área 2	Funcionando	Pump-off	100%	3/5/16 14:07:53	Sem alarme	0,70
🔍	CP0037U	SB	CAC 8800	CP-SB	Área 2	Funcionando	Pump-off	99%	3/5/16 14:01:14	Sem alarme	1,20
🔍	CP0038U	OI2	SAM	CP0779	Área 2	Funcionando	Pump-off	100%	3/5/16 13:54:19	Sem alarme	3,30
🔍	CP0041U	SB	P7C-SCUB LT	CP-SB	Área 2	Funcionando	Pump-off	100%	3/5/16 14:07:54	Sem alarme	1,60
🔍	CP0042U	OI2	CAC 8800	POC	Área 2	Funcionando	Pump-off	100%	3/5/16 14:01:16	Sem alarme	1,10
🔍	CP0044U	SB	CAC 8800	CP0036	Área 2	???	???	0%	3/5/16 14:01:19	Falha de comunicação persistente	2,20
🔍	CP0047U	PAN	P7C-SCUB LT	CP0047	Área 1	Pump-off	Pump-off	100%	3/5/16 14:07:55	Carga alta	1,00
🔍	CP0050U	PAN	CAC 2000	CP-PAN	Área 1	Funcionando	Pump-off	100%	3/5/16 13:54:20	Sem alarme	0,60
🔍	CP0051U	PAN	CAC 8800	CP0111	Área 1	Funcionando	Pump-off	68%	3/5/16 13:54:12	Sem alarme	0,60
🔍	CP0055U	MER	P7C-SCUB LT	CPMER2	Área 1	Funcionando	Pump-off	99%	3/5/16 14:08:16	Sem alarme	2,10
🔍	CP0056U	PAN	CAC 2000	CP-PAN	Área 1	Funcionando	Pump-off	100%	3/5/16 13:54:22	Sem alarme	3,60
🔍	CP0057U	MER	EXS-1000	CPMER2	Área 1	Funcionando	Manual	98%	3/5/16 14:01:21	Sem alarme	0,60
🔍	CP0060U	MER	EXS-1000	CP-MER	Área 1	Funcionando	Manual	92%	3/5/16 14:01:23	Sem alarme	1,40
🔍	CP0061U	PAN	EXS-1000	CP-PAN	Área 1	Funcionando	Manual	100%	3/5/16 13:54:14	Sem alarme	4,10
🔍	CP0062U	SB	CAC 8800	CP1232	Área 2	Funcionando	Pump-off	98%	3/5/16 14:01:25	Sem alarme	0,50

Fonte: Autor da pesquisa (2015)

Através destas informações, é possível se obter vários indicadores e gerenciar todos os poços observando indicador de vazão de óleo líquido, indicador do estado de funcionamento do poço, verificar os alarmes atuais de um poço (além do alarme prioritário), acompanhar observações escritas por usuários a respeito de cada poço e filtrar a lista de poços utilizando os mais variados critérios. Além disso, é possível realizar operações como a retirada ou a inclusão de um poço de serviço, a retirada ou a inclusão de um poço em scan, a parada ou inicialização de um poço, dentre outros.

As informações do poço e sua produção também podem ser apresentadas de forma detalhada, como na Figura 28.

**Figura 28 – Tela detalhada do poço de petróleo (SISAL)**



Fonte: Autor da pesquisa (2015)

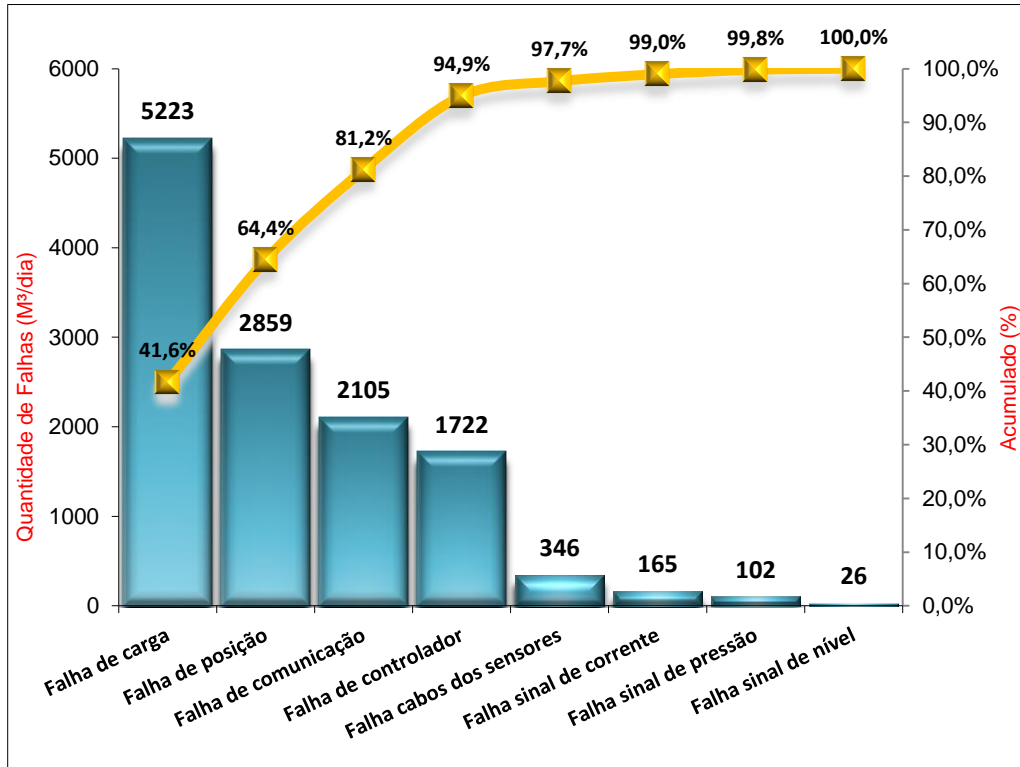
Durante o período de janeiro de 2014 a setembro de 2015 foram registradas inúmeras falhas ou defeitos normalmente apresentados referente aos equipamentos e instrumentos que compõem o sistema de automação de poços de petróleo, com intuito de identificar as causas dessas ocorrências e propor um plano de melhoria. São elas: falhas de comunicação, falhas de posição, falhas de carga, falhas de controlador, falta dos cabos dos sensores, falhas de nível, falha de pressão, falha de corrente, dentre outros, conforme apresentado no diagrama de Pareto, Gráfico 1.

Pode-se observar no diagrama de Pareto que quatro tipos de falhas de equipamentos do sistema de automação são responsáveis por 94,9% de todas as falhas. A saber: falha de carga (41,6%), falha de posição (22,8%), falha de comunicação (16,8%) e falha de controlador (13,7%).

Conforme mostra o Gráfico 2, ao se comparar a quantidade de falhas de cada item nos semestres de 2014 e 2015, observa-se que todos os valores sofreram decréscimos, porém, ao se analisar a média dos itens em cada ano é possível identificar que o número de falhas não acompanha este decréscimo. Pelo contrário, os valores médios de quantidade de falhas dos equipamentos em 2015 estão

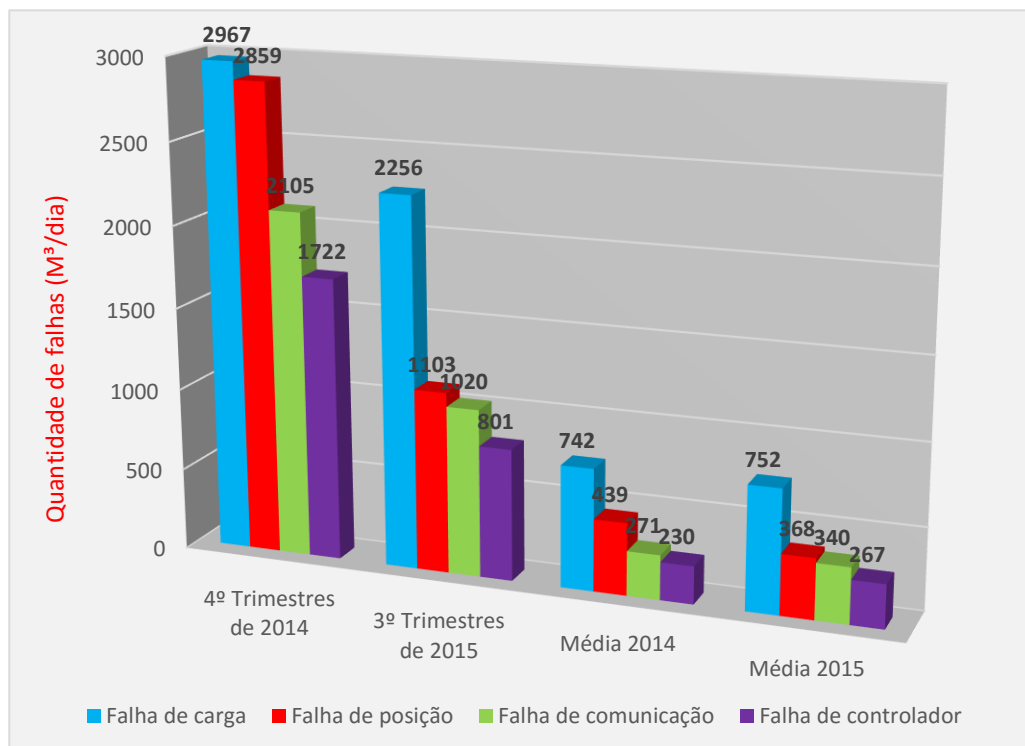
umentando. Vale salientar que os valores das falhas ocorridas no 4º semestre de 2015 não estão inclusos nestes dados.

**Gráfico 1 – Diagrama de Pareto de falhas do sistema de automação**



Fonte: Autor da pesquisa (2015)

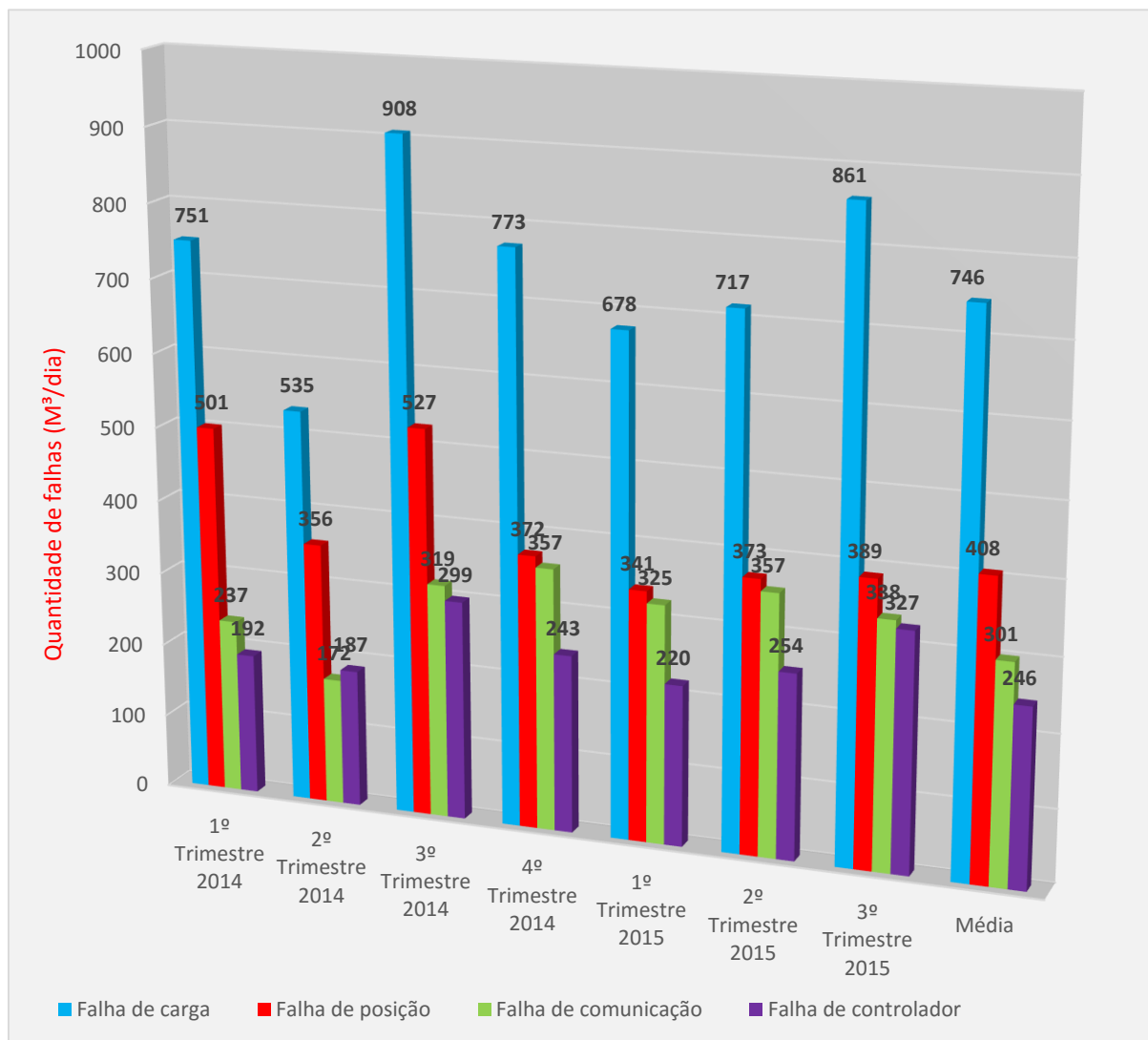
**Gráfico 2 – Falhas de equipamentos de automação em 2014 e 2015**



Fonte: Autor da pesquisa (2015)

Ao se analisar de forma mais detalhada o Gráfico 3, verificando-se trimestralmente todas as falhas de cada item, pode-se identificar que os valores das falhas variam bastante em relação à média e que, na maioria das vezes, apresentam valores acima da média dos anos de 2014 e 2015. Destacam-se os itens de falha de comunicação por apresentar acréscimos nos valores em relação à média, e falha de carga por apresentar os valores que mais impactam no bom funcionamento do sistema de automação.

**Gráfico 3 – Falhas detalhadas de equipamentos de automação**

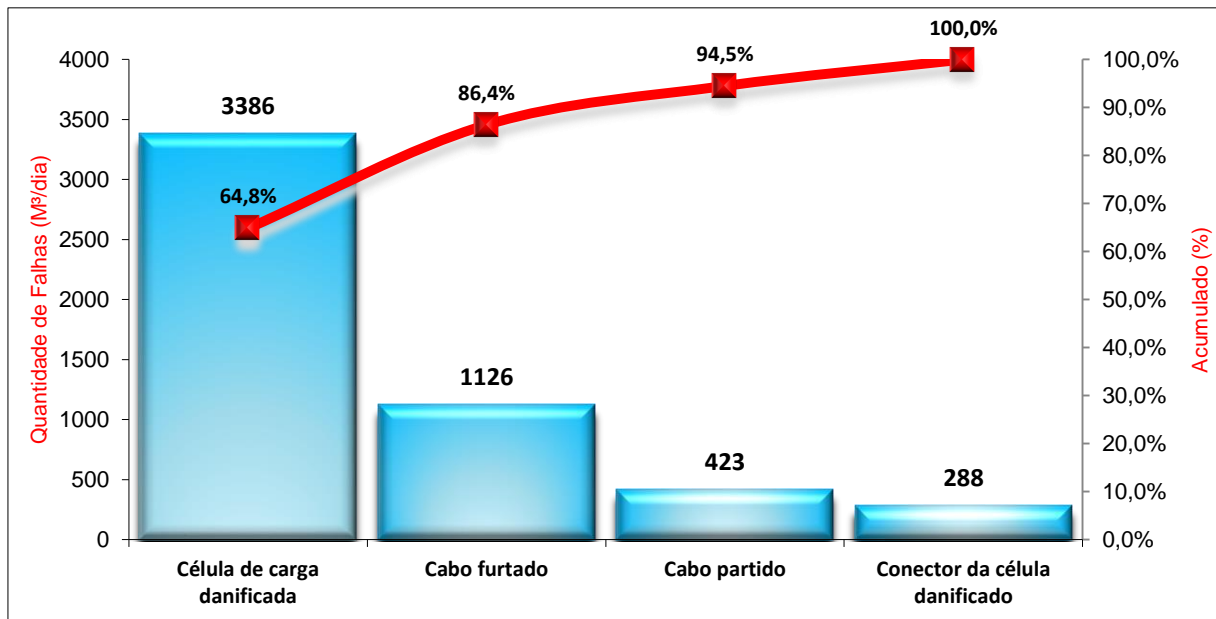


Fonte: Autor da pesquisa (2015)

Em posse dos dados referente à falha de carga e falha de comunicação, norteou-se em uma nova análise com intuito de estabelecer quais as possíveis causas destas falhas, porém, os dados apresentados posteriormente não apresentam total confiabilidade de informações, com isso foram estimados levando em consideração dados qualitativos, em entrevista com responsável pelo setor de manutenção.



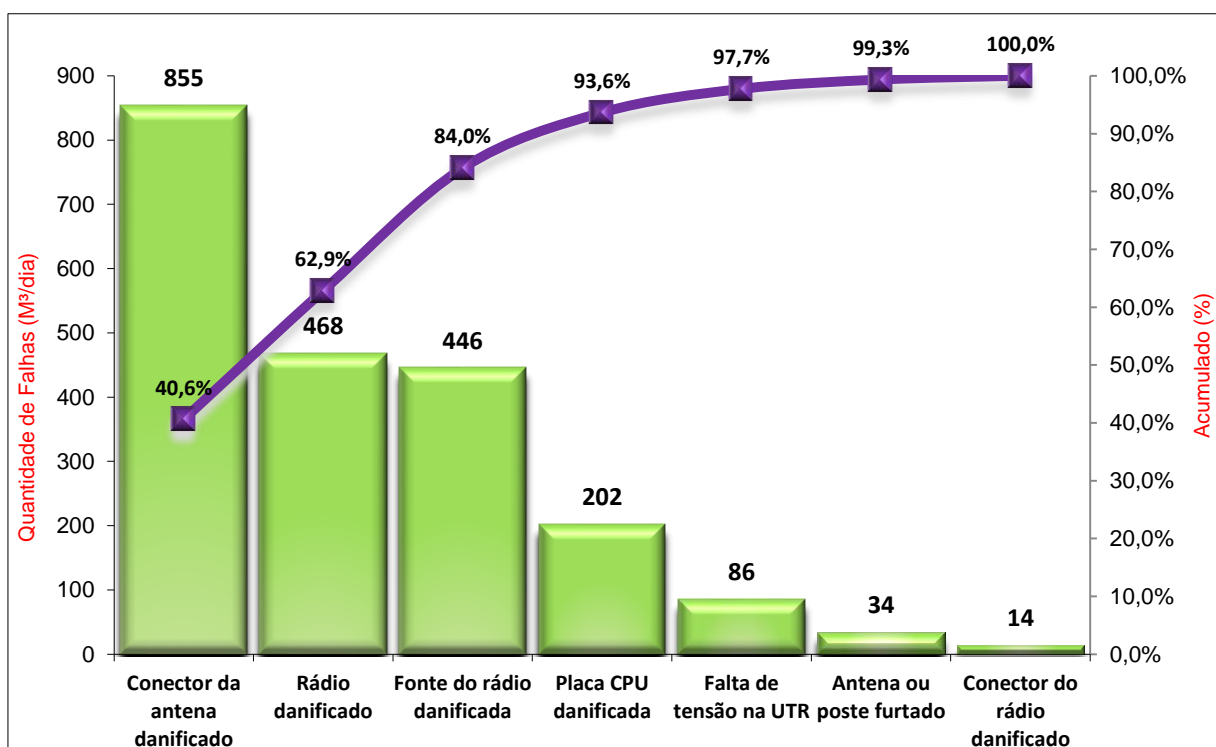
Gráfico 4 – Diagrama de Pareto da falha de carga



Fonte: Autor da pesquisa (2015)

Analisando-se o diagrama de Pareto de falha de carga, Gráfico 4, pode-se observar que foram citados quatro tipos de causas que mais promovem a falha de carga. São elas: célula de carga danificada (64,8%), cabo furtado (21,6%), cabo partido (8,1%) e conector da célula de carga danificada (5,5%). Destacando-se a causa da célula de carga danificada por apresentar maior índice de impacto.

Gráfico 5 – Diagrama de Pareto da falha de comunicação



Fonte: Autor da pesquisa (2015)

Analisando-se o diagrama de Pareto de falha de comunicação, Gráfico 5, pode-se observar que foram citados sete tipos de causas que mais promovem a falha de comunicação. São elas: conector do cabo da antena danificado (40,6%), rádio danificado (22,3%), fonte do rádio danificada (21,1%), placa CPU danificada (9,6%), falta de tensão na UTR (4,1%), antena ou poste furtado (1,6%) e conector do rádio danificado (0,7%). Destacam-se a causa do conector do cabo da antena danificado, por apresentar maior índice de impacto.

#### **4.2.1 Sugestões apresentadas**

Conforme citado na subseção **4.2** de análise de resultados, entende-se que entre as falhas analisadas durante os anos de 2014 e 2015, as falhas de carga e falhas de comunicação foram as que apresentaram maiores acréscimos nos valores impactando no bom funcionamento do sistema de automação.

Em posse destas informações, investigou-se quais causas poderiam estar promovendo as falhas citadas. Entretanto, deparou-se com dificuldades de confiabilidade nos dados coletados. Nota-se que as informações adquiridas são suficientes para o saneamento das falhas dos equipamentos, referentes ao sistema de automação, porém, é necessário identificar, quantificar e analisar todas as causas responsáveis pelas falhas citadas.

Com a análise de dados confiáveis haverá probabilidades de propor ações que minimizem, ou até mesmo, eliminem essas falhas, e a possibilidade de implementar ações de melhoria contínua no processo. Por fim, sugere-se:

- 1.Elaborar plano de ação com intuito de investigar as causas impactantes das falhas do sistema de automação, ou seja, fazer um estudo de análise de falhas;
- 2.Elaborar um formulário que auxilie ao plano de ação, no qual todas as informações referentes as causas das falhas devem ser relatadas pelo colaborador (executante) responsável pelo saneamento da falha;
- 3.Gerar novo gráfico de Pareto constatando indicadores mais confiáveis;
- 4.Elaborar diagnóstico utilizando o diagrama de causa e efeito;
- 5.Realizar um estudo de viabilidade para implantação da manutenção preventiva, devido a mesma não ser adotada nos equipamentos referentes ao sistema de automação.

## 4.2.2 Sugestões acatadas

Conforme citado na subseção 4.2.1, de sugestões apresentadas, identificou-se que houve uma melhora significativa em todo o processo investigativo para se obter informações que contribuíssem ao saneamento das falhas e suas causas referente ao sistema de automação.

Do item 1, realizou-se várias reuniões apresentando indicadores relacionados às falhas ou defeitos ocorridos no sistema de automação, no período de janeiro de 2014 a setembro de 2015, na qual se resultou na elaboração de um plano de ação que avaliasse detalhadamente essas falhas, assim como, as suas causas, representado no Quadro 4.

**Quadro 4 – Plano de ação análise de falhas do sistema de automação**

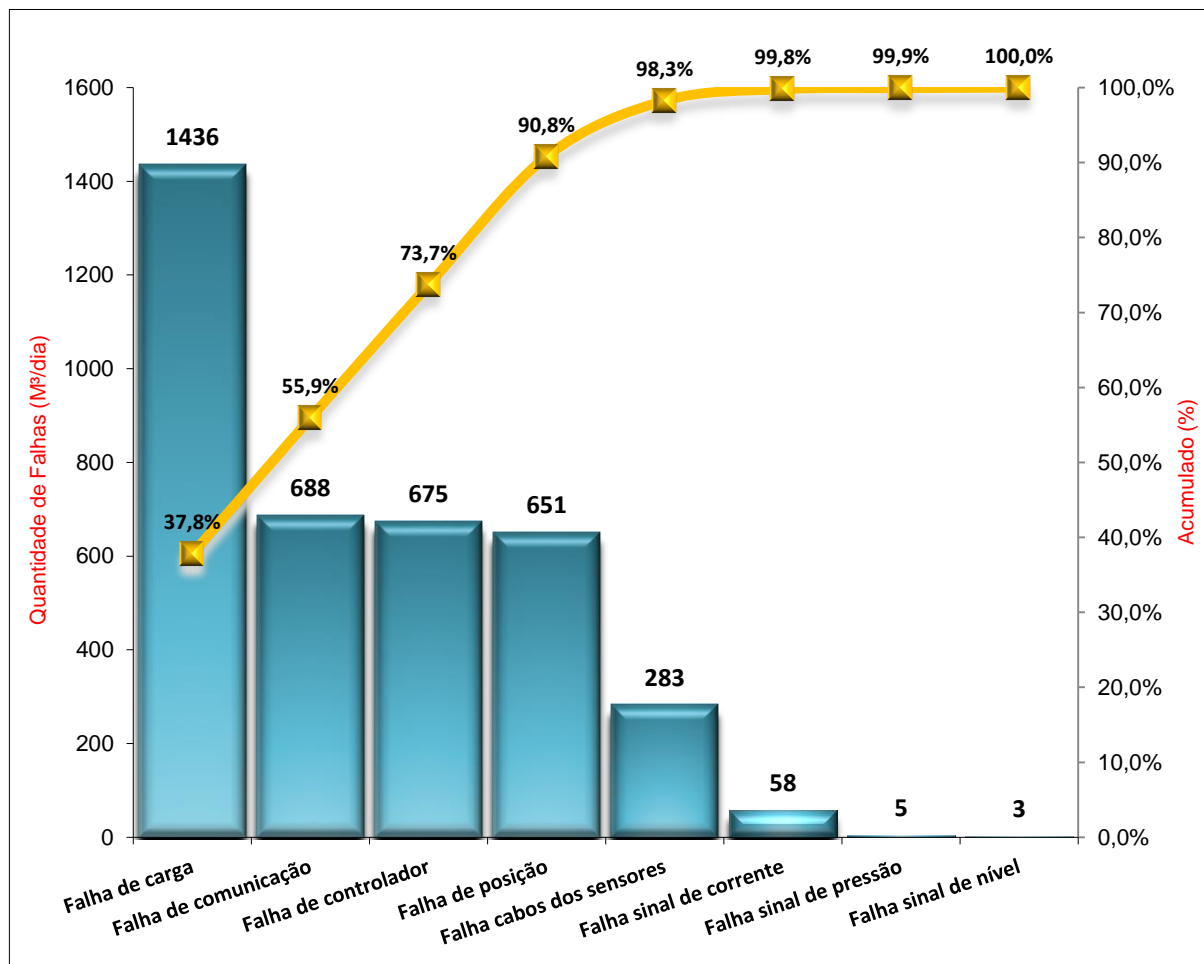
Item	O que?	Por que?	Quem?	Como?	Onde?	Quando?
01	Realizar brainstorming	Investigar as falhas impactantes ocorridas nos equipamentos do sistema de automação	Supervisores de Operação, PCM, Manutenção e executante do serviço	Estabelecendo reuniões com os colaboradores	Setor de PCM	Até - 31/05/2016
02	Realizar brainstorming	Investigar as causas das falhas impactantes ocorridas nos equipamentos do sistema de automação	Supervisores de Operação, PCM, Manutenção e executante do serviço	Estabelecendo reuniões com os colaboradores	Setor de PCM	Até - 31/05/2016
03	Elaborar formulário	Registrar falhas ou defeitos e suas causas ocorridas nos equipamentos do sistema de automação	Supervisores de PCM e Manutenção	Utilizando ferramentas do Microsoft Office	Setor de PCM	Até - 31/05/2016
04	Gerar indicadores	Apresentar novos indicadores das causas e suas falhas ocorridas nos equipamentos do sistema de automação	Supervisor de PCM	Utilizando informações adquiridas nos formulários, sistemas SMI, SISAL e SAP R3 e ferramentas do Microsoft Office	Setor de PCM	Até - 31/05/2016

Fonte: Autor da pesquisa (2016)

Do item 2, elaborou-se um formulário de análise de falhas em que todo o colaborador (executante), durante a manutenção, passou a relatar todas as informações relacionadas a falha ou defeito do sistema de automação, apresentado no apêndice.

Do item 3, elaborou-se um novo gráfico de Pareto utilizando dados adquiridos através dos formulários de análise de falhas, no período de outubro de 2015 a março de 2016, com intuito analisar a evolução das falhas ou defeitos referentes aos equipamentos do sistema de automação, conforme apresentado no Gráfico 6.

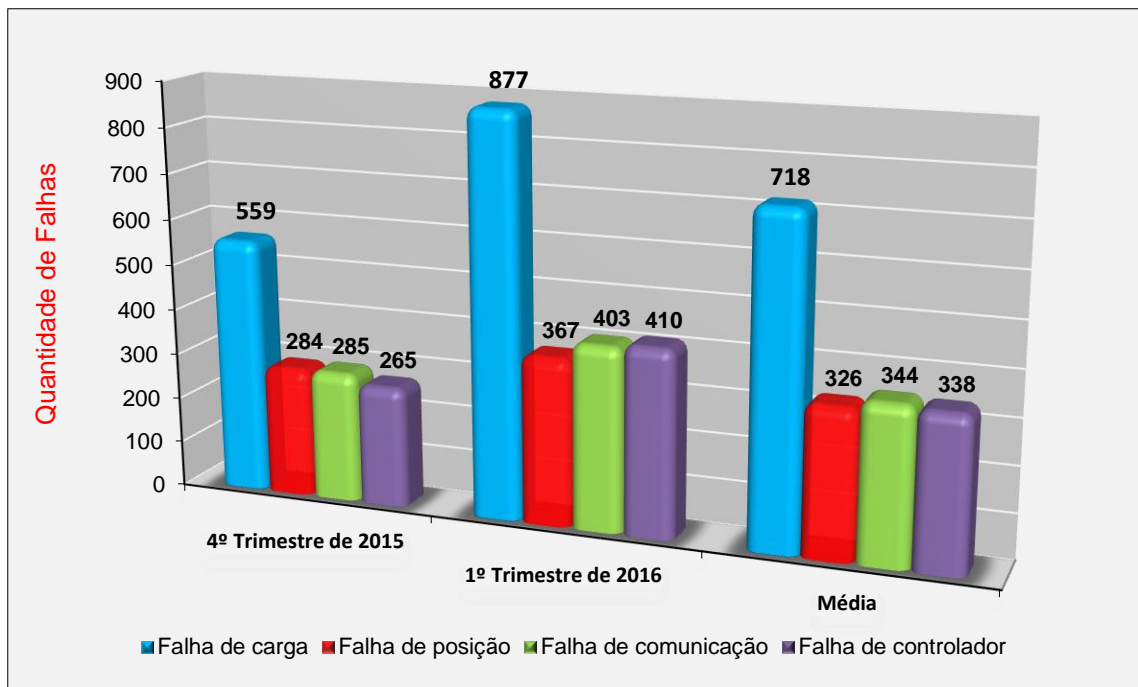
**Gráfico 6 – Diagrama de Pareto de falhas do sistema de automação**



Fonte: Autor da pesquisa (2016)

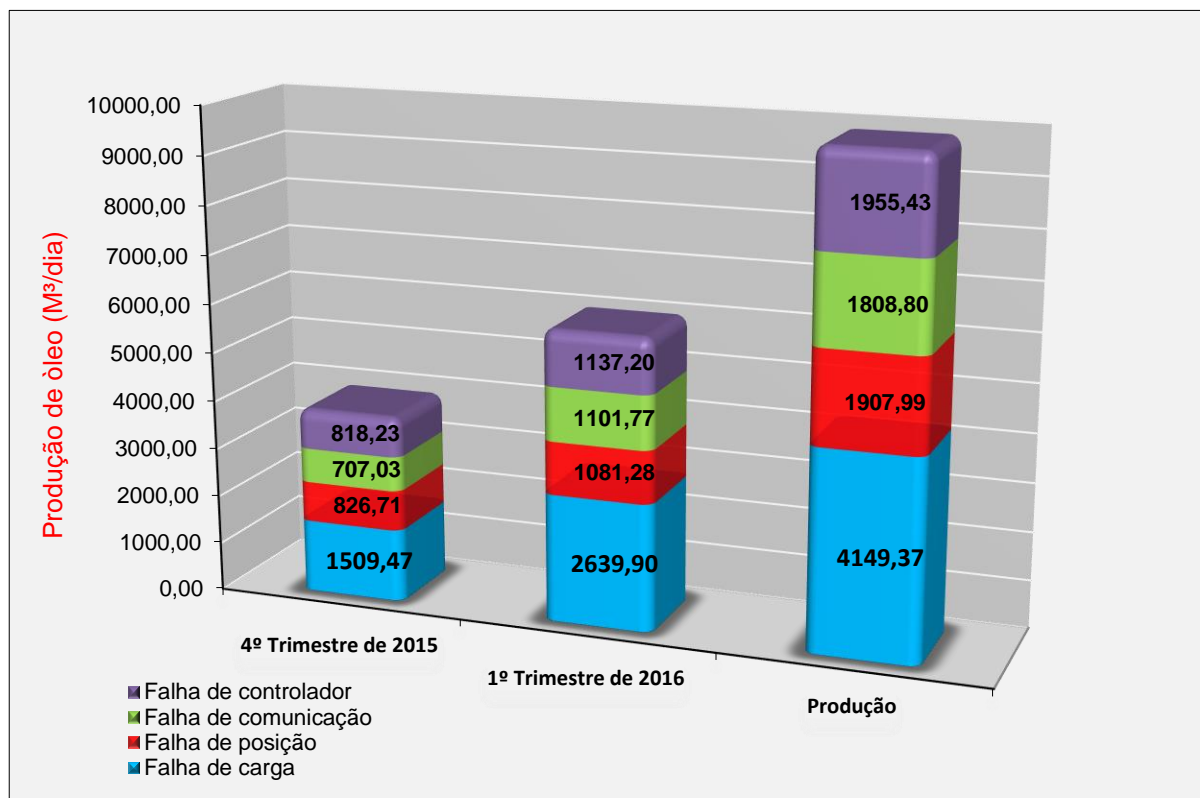
Observou-se no Gráfico 6 que os quatro tipos de falhas de equipamentos do sistema de automação são os mais recorrentes, impactantes e responsáveis por mais de 90% de todas as falhas. São elas: falha de carga (37,8%), falha de comunicação (18,1%), falha de controlador (17,8%) e falha de posição (17,1%). Da mesma forma que no Gráfico 1, identificou-se que a quantidade de falha de carga apresenta as maiores ocorrências desde 2014.

Analisando os dados de maneira mais detalhada, no Gráfico 7 e Gráfico 3, de dados trimestrais de 2014 a 2016, se pode notar que além dos valores de falha de carga, os valores médios de quantidade de falha de comunicação e falha de controlador também vem aumentando ao longo dos anos.

**Gráfico 7 – Falhas detalhadas de equipamentos do sistema de automação**

Fonte: Autor da pesquisa (2016)

Além dos indicadores relatados das falhas ocorridas no sistema de automação, vale salientar que as mesmas estão relacionadas à produtividade dos poços de petróleo, apresentado no Gráfico 8.

**Gráfico 8 – Produtividade X Falhas detalhadas do sistema de automação**

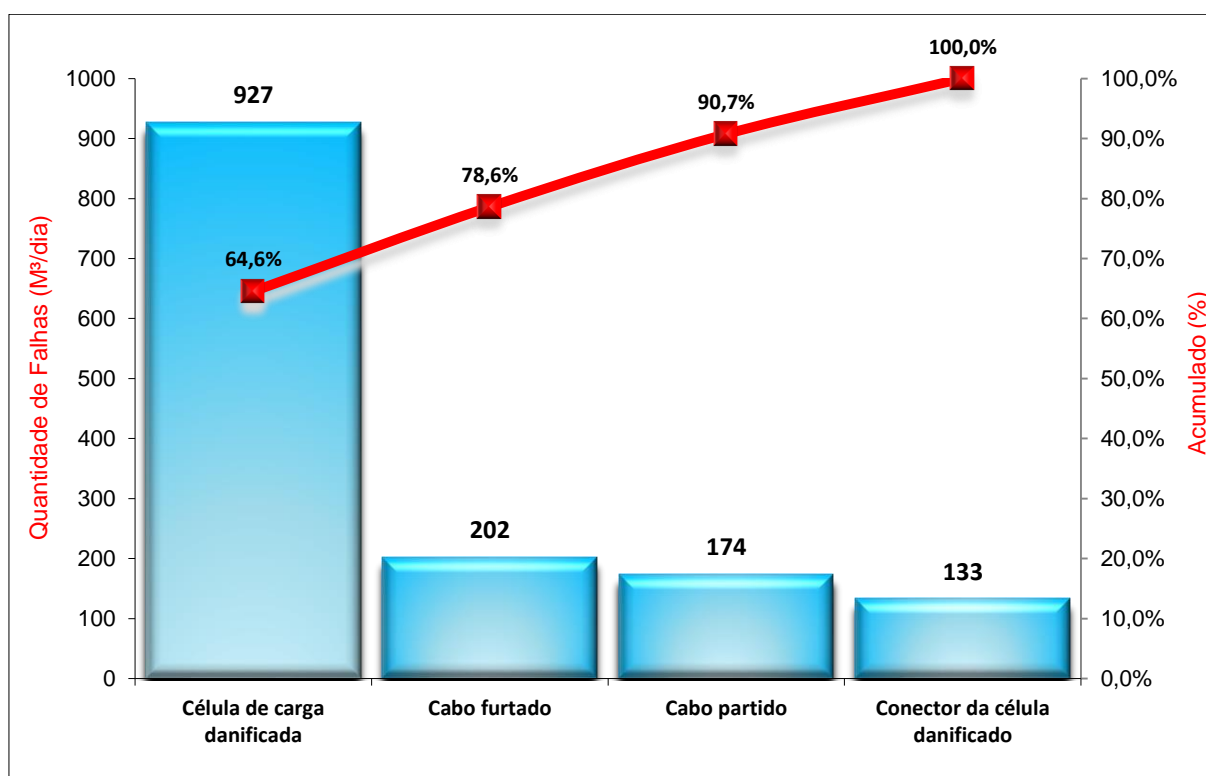
Fonte: Autor da pesquisa (2016)

Na ocorrência das falhas citadas, os poços deixam de ser monitorados em sua totalidade ocasionando a parada dos poços ou deixando de transmitir informações que permitam antecipações às paradas não programadas dos poços.

Durante os trimestres citados, as falhas ocorridas nos sistemas de automação equivaleram a uma produção de óleo de 9821,59M<sup>3</sup>/dia, aproximadamente 62 barris de petróleo/dia.

Sabendo que os valores de falha de carga são os que mais impactam no índice de disponibilidade do sistema de automação, norteou-se em análises mais detalhadas, com intuito de investigar quais as possíveis causas destas falhas, apresentados no Gráfico 9.

**Gráfico 9 – Diagrama de Pareto da falha de carga**

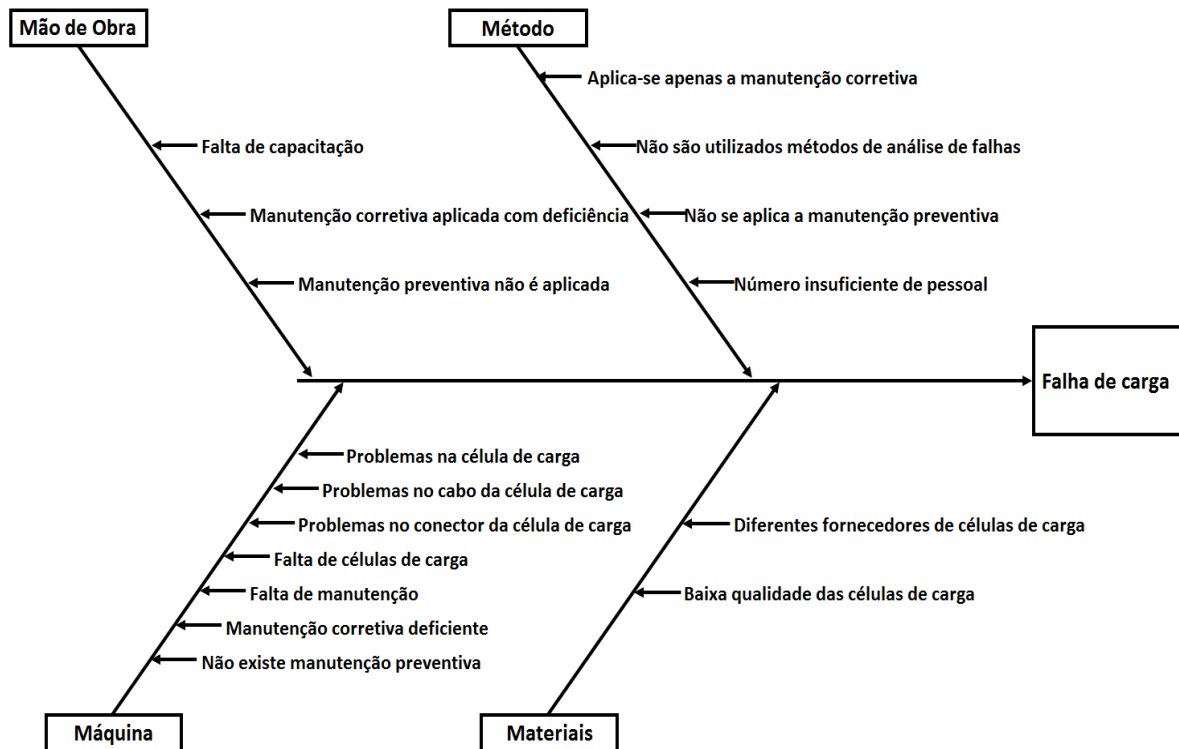


Fonte: Autor da pesquisa (2016)

Observa-se que são quatro tipos de causas que mais promovem a falha de carga. São elas: célula de carga danificada (64,6%), cabo furtado (14,1%), cabo partido (12,1%) e conector da célula de carga danificada (9,3%). Destacando-se a causa da célula de carga danificada por apresentar maior índice de impacto.

Do item 4, elaborou-se um diagnóstico utilizando o diagrama de causa e efeito, representado na Figura 29 e Quadro 5, com intuito de apresentar as possíveis causas das falhas ocorridas nos problemas relacionados a falha de carga do sistema de automação para que possam ser analisadas e elaboradas propostas de melhorias.

**Figura 29 – Diagrama de causa e efeito da falha de carga**



Fonte: Autor da pesquisa (2016)

**Quadro 5 – Causas dos problemas relacionados as falhas de carga**

ITEM	CAUSAS	LEGENDA
01	Falta de capacitação	Mão de Obra
02	Manutenção corretiva aplicada com deficiência	Mão de Obra
03	Manutenção preventiva não é aplicada	Mão de Obra
04	Aplica-se apenas a manutenção corretiva	Método
05	Não são utilizados métodos de análise de falhas	Método
06	Não se aplica a manutenção preventiva	Método
07	Número insuficiente de pessoal	Método
08	Problemas na célula de carga	Máquina
09	Problemas no cabo da célula de carga	Máquina
10	Problemas no conector da célula de carga	Máquina
11	Falta de células de carga	Máquina
12	Falta de manutenção	Máquina
13	Manutenção corretiva deficiente	Máquina
14	Não existe manutenção preventiva	Máquina
15	Diferentes fornecedores de células de carga	Materiais
16	Baixa qualidade das células de carga	Materiais

Fonte: Autor da pesquisa (2016)

Em posse dos dados citados no Quadro 5, os setores de PCM, manutenção e operação optaram, em reunião, em investigar causas relacionadas a falta de células de carga (item 11) e a baixa qualidade das células de carga (item 16) com intuito de acompanhar o tempo de durabilidade das células de carga instaladas nos poços de petróleo, porém não se obteve o resultado esperado devido a não adesão integral dos

colaboradores do setor de operação. Os dados ficaram incompletos impossibilitando confiabilidade.

Com os dados adquiridos identificou-se algumas causas referente a falta de células de carga (item 11) e a baixa qualidade das células de carga (item 16).

Causas da falta de células de carga (item 11):

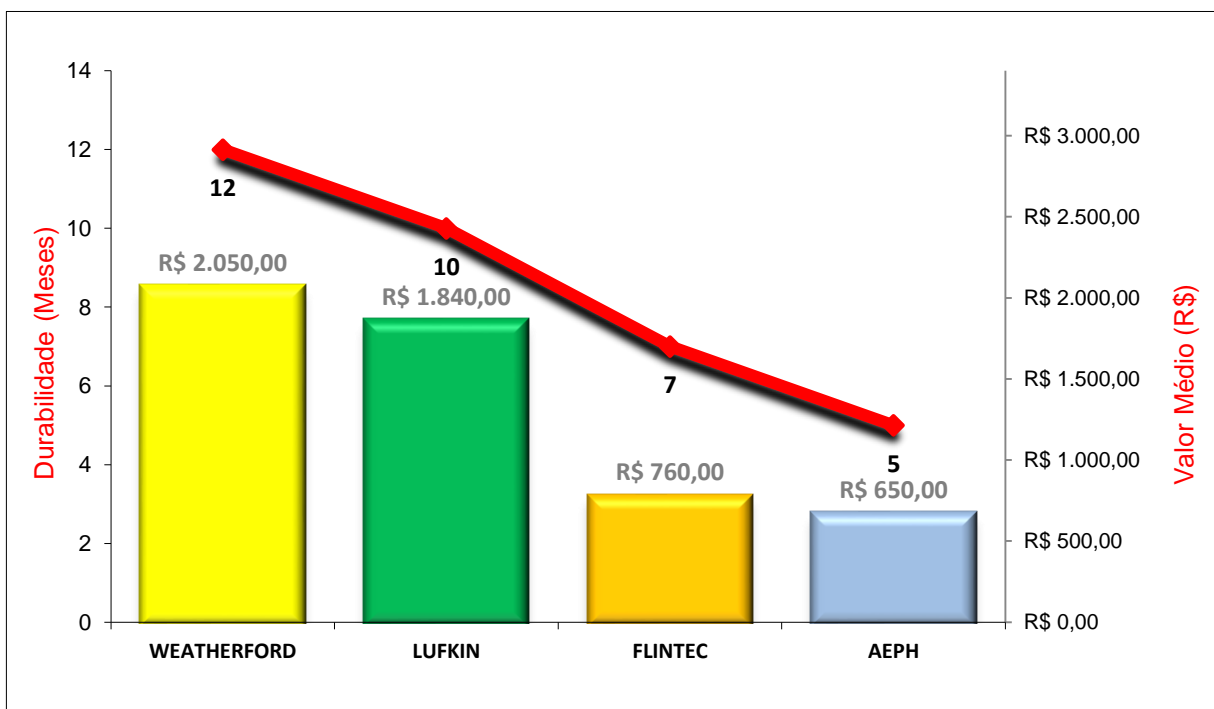
- Problemas logísticos na aquisição das células de carga, seja para reposição ou para instalação em poços novos;
- Problemas no controle de estoque das células de carga;

Causas da baixa qualidade das células de carga (item 16):

- Células mantidas apresentando reduções drásticas no tempo de vida útil estabelecido pelo fabricante;
- A manutenção das células é executada pela mesma empresa que atua nas manutenções do sistema de automação. São enviados pequenos lotes limitados, o que eleva o tempo de reparo;
- A baixa qualidade das células compradas;

Utilizando-se de alguns dados quantitativos, adquiridos no plano de ação para se estabelecer um tempo de durabilidade das células de carga, e dados qualitativos adquiridos no setor de manutenção, se conseguiu relacionar e estabelecer alguns parâmetros, apresentados no Gráfico 10.

**Gráfico 10 – Durabilidade X Valor Médio**



Fonte: Autor da pesquisa (2016)



Identificou-se que as células de fabricação mais robustas, como as da WEATHERFORD e LUFKIN, seguidas pela FLINTEC, apresentam uma durabilidade maior que a da AEPH. No entanto, as três primeiras são de fabricantes estrangeiros, o que as tornam mais caras, pois são cotadas em dólar, podendo o seu valor chegar a 3 vezes o valor da nacional.

Do item 5, fez-se um estudo de viabilidade para implantação da manutenção preventiva nos equipamentos referentes ao sistema de automação, porém, não foi adotada devido ao plano de negócios da Petrobras cujo o foco é a redução de custos.

A medida encontrada foi reforçar o contrato de manutenção corretiva, onde a mesma deveria ter um rigor maior, de modo que não era para sanar apenas as falhas encontradas naquele momento, mas deveria ser feita a limpeza, aperto de parafusos e conectores, verificação de aterramento, ou seja, todos os procedimentos de uma manutenção preventiva.

Observou-se que nas visitas em campo as equipes não atendiam todas as exigências solicitadas em contrato, foi constatado que equipamentos do sistema de automação estavam deteriorados. Como solução, foi incluso no último contrato um indicador de qualidade que afeta o pagamento do serviço à contratada, com inspeções periódicas do fiscal do contrato de uma porcentagem dos poços mantidos naquele período de medição do contrato.

#### **4.2.3 Sugestões não acatadas**

Conforme citado na subseção **4.2.1**, de sugestões apresentadas, identificou-se que um item não foi atendido em sua totalidade.

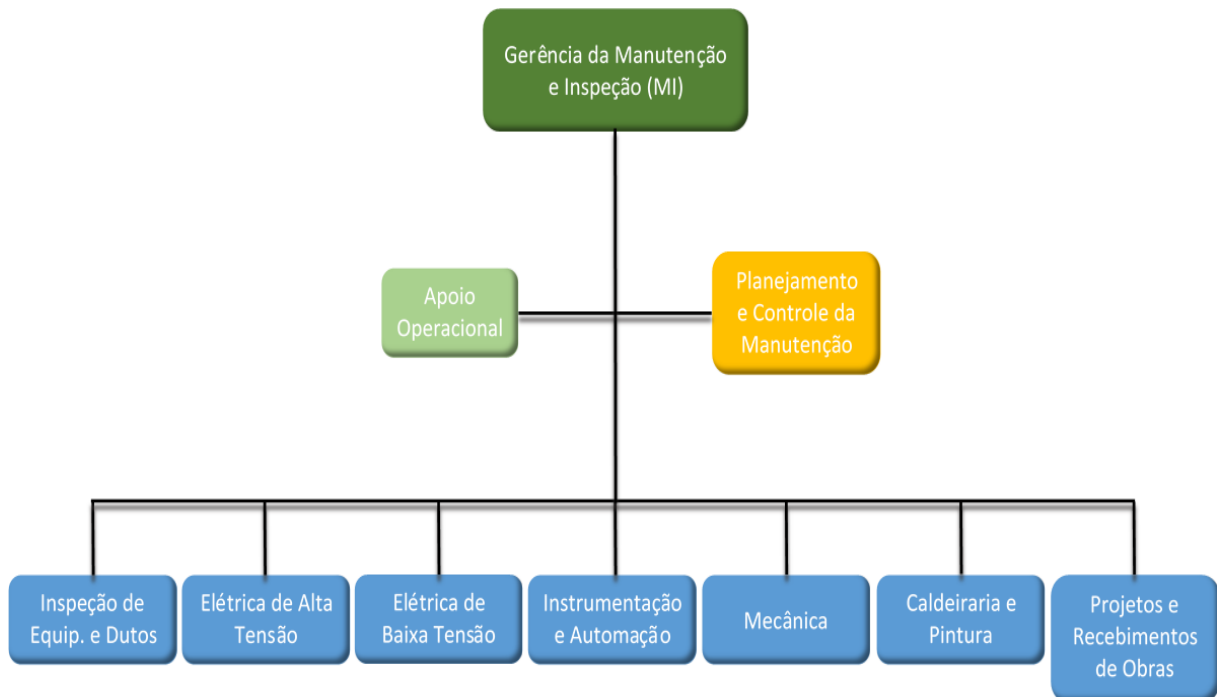
Do item 5, não foi adotada a implantação da manutenção preventiva nos equipamentos referentes ao sistema de automação, devido ao plano de negócios da Petrobras, cujo o foco é a redução de custos.

### **4.3 Irregularidades na realização de atividades diárias de planejamento e controle da manutenção**

O setor de PCM encontra-se como um *setor de staff*, estabelecido na gerência da manutenção e inspeção (MI), apresentado no organograma da Figura 30, cuja

finalidade é centralizar, equalizar e controlar todas as informações entre os setores de operação, manutenção, inspeção e outros que realizem atividades ligados diretamente ou não as atividades praticadas.

**Figura 30 – Organograma gerência manutenção e inspeção**



Fonte: Autor da pesquisa (2015)

Dentro do setor de PCM existe um novo organograma que apresenta uma estrutura composta por: supervisão, central de atendimento, planejamento, planejamento de equipamentos críticos, posto avançado e gestão de índices de manutenção, representado na Figura 31.

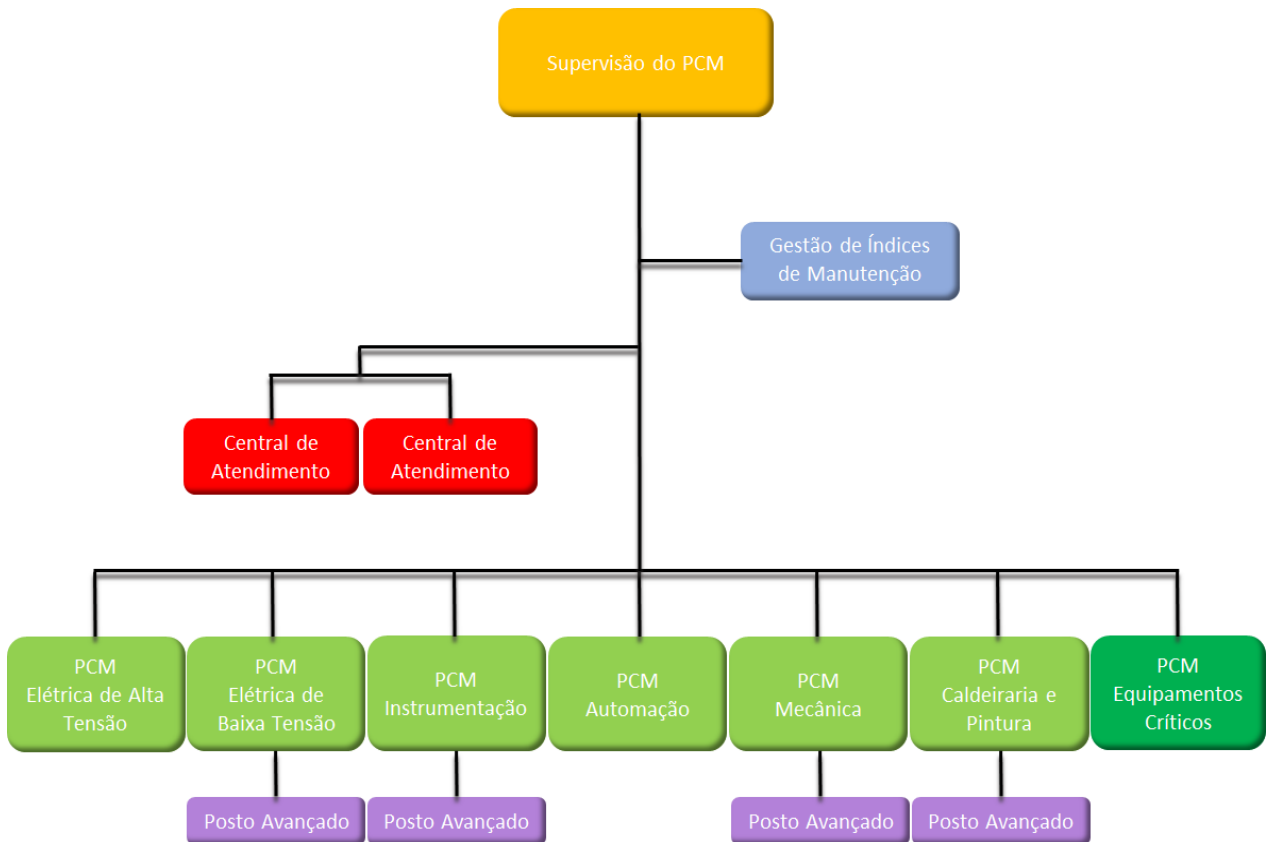
A supervisão é responsável por todo o gerenciamento e coordenação das atividades desenvolvidas no PCM.

A central de atendimento é responsável pelo recebimento, tratamento e envio das solicitações de serviços originadas do campo, através de executantes, supervisores e operadores, e originadas através do CIC.

Os setores de planejamento são responsáveis pelo planejamento e programação dos serviços solicitados referente a intervenções corretivas, sendo os equipamentos críticos ou não, assim como de garantir o cumprimento da realização de planos de manutenção preventivos e preditivos.

Os postos avançados são setores de planejamento auxiliares responsáveis por suprir os setores de manutenção auxiliando todos os colaboradores participantes das atividades de execução dos serviços.

**Figura 31 – Organograma planejamento e controle da manutenção**



Fonte: Autor da pesquisa (2015)

A gestão dos índices de manutenção é responsável por gerar relatórios dos índices de desempenho das manutenções e dos custos de serviços executados.

Conforme caracterização do processo no fluxograma apresentado na Figura 26 da subseção 4.1, o setor de planejamento e controle da manutenção (PCM) é de grande importância para o gerenciamento de todos os equipamentos e instrumentos relacionados ao sistema de automação. Por meio deste há uma inter-relação das áreas, nas quais todos os serviços são solicitados, registrados, planejados, executados, confirmados, dentre outros, com intuito a atender as necessidades do setor de operação e manutenção.

Entretanto, todos os setores citados no fluxograma estão apresentando irregularidades na realização de suas atividades, conforme representado nos Quadros 4, 5 e 6.

#### **Quadro 6 – Irregularidades no setor de operação**

01	Falhas no SISAL na atualização de informações de status dos poços
02	Falhas na solicitação de serviços ao PCM
03	Falhas no SMI na abertura de registro
04	Falhas no SMI na confirmação de execução do serviço

Fonte: Dados do autor da pesquisa (2015)

### Quadro 7 – Irregularidades no setor de PCM

01	Falhas no SMI no preenchimento de informações na abertura de registro
02	Falhas no SMI no envio da solicitação de serviço ao responsável pela execução do serviço
03	Falhas no SMI no envio da solicitação do serviço ao centro de trabalho responsável pela a execução do serviço
04	Falhas no SMI no envio de data e hora de execução programada para a execução do serviço
05	Falhas no SMI na confirmação do serviço (preenchimento de data e hora de execução)
06	Falhas no SAP R/3 na geração de notas de serviços
07	Falhas no SAP R/3 no preenchimento de informações na nota de serviço
08	Falhas no SAP R/3 no planejamento de ordem de manutenção
09	Falhas no SAP R/3 na impressão de ordem de manutenção
10	Falhas no SAP R/3 no envio de ordem de manutenção para o responsável pela a execução do serviço
11	Falhas no SAP R/3 na confirmação de execução do serviço (preenchimento incorreto de informações como data, hora, HH e análise de falha)
12	Falhas no SAP R/3 no encerramento da nota de serviço e/ou ordem de manutenção do serviço executado

Fonte: Dados do autor da pesquisa (2015)

### Quadro 8 – Irregularidades no setor de manutenção

01	Falhas na manipulação de ordem de manutenção entregue pelo planejamento
02	Falhas no tempo de atendimento da solicitação do serviço
03	Falhas de comunicação com a operação e PCM durante a execução do serviço
04	Falhas no preenchimento de data, hora, HH e análise de falha
05	Falhas no envio de ordem de manutenção dos serviços executados para o PCM

Fonte: Dados do autor da pesquisa (2015)

O saneamento das falhas citadas implicará numa maior agilidade e confiabilidade das atividades relacionadas ao atendimento dos equipamentos e instrumentos do sistema de automação.

#### 4.3.1 Sugestões apresentadas

Conforme citado na subseção 4.3 de análise de resultados, entende-se que a sistemática de realização de todas as atividades do processo de atendimento aos equipamentos e instrumentos referentes ao sistema de automação não apresentam consonância satisfatória entre os setores, ou seja, o processo ainda não consolidou

uma padronização o que interfere no gerenciamento da rotina do trabalho diário de todos envolvidos no processo. Com isso sugere-se:

1.Revisar/atualizar o sistema SMI visando atender aos padrões da PETROBRAS e, conseqüentemente, à padronização do sistema;

2.Implementar medidas de intertravamento no sistema SMI, como utilizar campos obrigatórios que impeçam a continuidade da solicitação sem o devido preenchimento;

3.Efetuar treinamentos periódicos no sistema SMI com todos os colaboradores analisando e melhorando o processo – PDCA;

4.Efetuar treinamentos periódicos no sistema SAP R/3 com todos os colaboradores analisando e melhorando o processo – PDCA;

5.Implementar planos de ação descritos nos Quadros 9;

6.Implementar planos de ação descritos nos Quadros 10;

7.Implementar planos de ação descritos nos Quadros 11;

#### Quadro 9 – Irregularidades no setor de operação

Item	O que?	Por que?	Quem?	Como?	Onde?	Quando?
01	Identificar colaborador responsável pelo preenchimento e atualização de status dos poços no SISAL	Reduzir incidência de falhas no preenchimento de status dos poços	Gestor de Operações	Indicar colaborador responsável pela atualização de status dos poços	Setor de Operação	Até - 31/05/2016
02	Identificar colaborador responsável por solicitação de serviço, entrando em contato com o PCM ou através de abertura de registro no SMI	Reduzir incidência de falhas de comunicação e de preenchimento de solicitações de serviços através do SMI	Gestor de Operações	Indicar colaborador responsável por solicitação de serviço, ficando estabelecido que somente ele deve entrar em contato	Setor de Operação	Até - 31/05/2016
03	Identificar colaborador responsável por abertura de registro/preenchimento de solicitação de serviço no SMI, como: local do equipamento, descrição do serviço, data/hora da avaria, centro de trabalho responsável, dentre outros	Reduzir incidência de falhas de abertura de registro /preenchimento irregulares de solicitações de serviços no SMI	Gestor de Operações	Indicar colaborador responsável pela abertura /preenchimento do registro	Setor de Operação	Até - 31/05/2016
04	Identificar colaborador responsável por confirmação de execução do serviço solicitado no SMI	Reduzir incidência de falhas de confirmação de serviços executados no SMI	Gestor de Operações	Indicar colaborador responsável pela confirmação do serviço executado	Setor de Operação	Até - 31/05/2016

Fonte: Autor da pesquisa (2015)

**Quadro 10 – Irregularidades no setor de PCM**

Item	O que?	Por que?	Quem?	Como?	Onde?	Quando?
01	Identificar colaborador responsável por abertura de registro/preenchimento de informações no SMI, como: local do equipamento, descrição do serviço, data/hora da avaria, dentre outros	Reduzir incidência de falhas de abertura de registro /preenchimento de solicitações de serviços no SMI	Gestor de PCM	Indicar colaborador responsável pela abertura /preenchimento do registro, ficando estabelecido que somente ele deve preenche-lo	Setor de PCM	Até - 31/05/2016
02	Identificar colaborador responsável por envio de solicitação no SMI ao responsável pela execução do serviço	Reduzir incidência de falhas de envio, no SMI, de solicitações ao responsável pela execução do serviço	Gestor de PCM	Indicar colaborador responsável pelo envio de solicitação, ficando estabelecido que somente ele deve enviá-lo	Setor de PCM	Até - 31/05/2016
03	Identificar colaborador responsável por envio de solicitação no SMI ao centro de trabalho responsável pela execução do serviço	Reduzir incidência de falhas de envio, no SMI, de solicitações ao centro de trabalho responsável pela execução do serviço	Gestor de PCM	Indicar colaborador responsável pelo envio de solicitação, ficando estabelecido que somente ele deve enviá-lo	Setor de PCM	Até - 31/05/2016
04	Identificar colaborador responsável por envio de data e hora programada no SMI ao responsável pela execução do serviço	Reduzir incidência de falhas de envio, no SMI, de data e hora programada ao responsável pela execução do serviço	Gestor de PCM	Indicar colaborador responsável pelo envio de solicitação que somente ele deve enviá-lo	Setor de PCM	Até - 31/05/2016
05	Identificar colaborador responsável por confirmação de execução de serviço no SMI	Reduzir incidência de falhas de confirmação de execução de serviço no SMI	Gestor de PCM	Indicar colaborador responsável pela confirmação, ficando estabelecido que somente ele deve confirma-lo	Setor de PCM	Até - 31/05/2016
06	Identificar colaborador responsável por abertura de Nota de serviço no SAP R/3	Reduzir incidência de falhas de abertura de Notas no SAP R/3	Gestor de PCM	Indicar colaborador responsável pela abertura de Nota, ficando estabelecido que somente ele deve executar	Setor de PCM	Até - 31/05/2016
07	Identificar colaborador responsável por preenchimento de informações de Nota de serviço no SAP R/3, como: localização do equipamento, descrição do serviço, data/hora da avaria, centro de trabalho responsável, dentre outros	Reduzir incidência de falhas no preenchimento de informações de Notas de serviço no SAP R/3	Gestor de PCM	Indicar colaborador responsável por preenchimento de informações, ficando estabelecido que somente ele deve preenche-lo	Setor de PCM	Até - 31/05/2016

Fonte: Autor da pesquisa (2015)

**Quadro 10.1 – Irregularidades no setor de PCM (continuação)**

Item	O que?	Por que?	Quem?	Como?	Onde?	Quando?
08	Identificar colaborador responsável por geração e planejamento da Ordem de Manutenção no SAP R/3, como: data/hora programada para a execução do serviço, centro de trabalho responsável, dentre outros	Reduzir incidência de falhas na geração e planejamento de OM no SAP R/3	Gestor de PCM	Indicar colaborador responsável pela geração e planejamento de OM, ficando estabelecido que somente ele deve gera-la e planeja-la	Setor de PCM	Até - 31/05/2016
09	Identificar colaborador responsável pela a impressão da Ordem de Manutenção no SAP R/3	Reduzir incidência de falhas de impressão de OM no SAP R/3	Gestor de PCM	Indicar colaborador responsável pela impressão de OM, ficando estabelecido que somente ele deve imprimir-la	Setor de PCM	Até - 31/05/2016
10	Identificar colaborador responsável pelo envio de Ordem de Manutenção impressa ao responsável pela execução do serviço	Reduzir incidência de falhas de envio de OM impressa	Gestor de PCM	Indicar colaborador responsável por envio de OM impressão, ficando estabelecido que somente ele deve envia-la	Setor de PCM	Até - 31/05/2016
11	Identificar colaborador responsável por confirmação do serviço (OM) no SAP R/3 e preenchimento de informações como: data, hora, HH e análise de falha	Reduzir incidência de falhas de confirmação de OM e preenchimento de informações	Gestor de PCM	Indicar colaborador responsável por confirmação e preenchimento de informações de OM, ficando estabelecido que somente ele deve confirma-la	Setor de PCM	Até - 31/05/2016
12	Identificar colaborador responsável por encerramento de Nota e Ordem de Manutenção no SAP R/3 de serviço executado	Reduzir incidência de falhas de encerramento de Nota e OM	Gestor de PCM	Indicar colaborador responsável por encerramento de Nota e OM, ficando estabelecido que somente ele deve encerra-la	Setor de PCM	Até - 31/05/2016

Fonte: Autor da pesquisa (2015)

**Quadro 11 – Irregularidades no setor de manutenção**

Item	O que?	Por que?	Quem?	Como?	Onde?	Quando?
01	Identificar colaborador responsável por receber e manipular OM impressa enviada pelo PCM	Reduzir incidência de falhas extravio de Ordem de Manutenção	Gestor de Manutenção	Indicar colaborador responsável pelo recebimento de OM impressa, ficando estabelecido que somente ele deve recebe-la	Setor de Manutenção	Até - 31/05/2016

Fonte: Autor da pesquisa (2015)

**Quadro 11.1 – Irregularidades no setor de manutenção (continuação)**

Item	O que?	Por que?	Quem?	Como?	Onde?	Quando?
02	Identificar colaborador responsável por gerenciar os serviços solicitados pelo PCM	Reduzir incidência de falhas no tempo de atendimento dos serviços solicitados	Gestor de Manutenção	Indicar colaborador responsável pelo gerenciamento dos serviços, ficando estabelecido que somente ele deve gerenciá-los	Setor de Manutenção	Até - 31/05/2016
03	Identificar colaborador responsável por informar aos setores de Operação e PCM o status dos serviços solicitados	Reduzir incidência de falhas na comunicação de status dos serviços solicitados	Gestor de Manutenção	Indicar colaborador responsável pela comunicação de status dos serviços solicitados, ficando estabelecido que somente ele deve comunica-lo	Setor de Manutenção	Até - 31/05/2016
04	Identificar colaborador responsável pelo preenchimento de informações na Ordem de Manutenção como: data/hora de execução, HH, análise de falha, dentre outros	Reduzir incidência de falhas no preenchimento de informações na OM	Gestor de Manutenção	Indicar colaborador responsável pelo preenchimento de informações na OM, ficando estabelecido que somente ele deve preenche-la	Setor de Manutenção	Até - 31/05/2016
05	Identificar colaborador responsável pelo envio da Ordem de Manutenção ao posto avançado ou PCM após a conclusão do serviço	Reduzir incidência de falhas de extravio de OM concluída enviada ao posto avançado ou PCM	Gestor de Manutenção	Indicar colaborador responsável pelo envio de OM concluída, ficando estabelecido que somente ele deve envia-la	Setor de Manutenção	Até - 31/05/2016

Fonte: Autor da pesquisa (2015)

#### 4.3.2 Sugestões acatadas

Conforme citado na subseção **4.3.1**, de sugestões apresentadas, identificou-se que houve uma melhora na sistemática de realização das atividades diárias de planejamento e controle da manutenção referente ao sistema de automação, cujo o resultado otimizou o gerenciamento da rotina do trabalho diário de todos os envolvidos no processo:



Do item 1, realizou-se reuniões no setor de PCM, cujo objetivo foi a revisão/atualização do sistema SMI visando atender aos padrões da PETROBRAS e à padronização do sistema otimizando as solicitações de manutenções e inspeções.

Do item 2, implementou-se medidas de intertravamento no sistema SMI alterando alguns campos que passaram a apresentar listas preestabelecidas.

Do item 3, passou-se a ministrar treinamentos periódicos no sistema SMI com todos os colaboradores com intuito de capacita-los para melhorar o processo.

Do item 4, passou-se a ministrar treinamentos periódicos no sistema SAP R/3 com todos os colaboradores com intuito de capacita-los para melhorar o processo.

Do item 5, todos os planos de ação do quadro 9, referentes a irregularidades no setor de operação foram atendidos.

Do item 6, todos os planos de ação dos quadros 10 e 10.1, referentes a irregularidades no setor de PCM foram atendidos.

Do item 7, todos os planos de ação dos quadros 11 e 11.1, referentes a irregularidades no setor de manutenção foram atendidos.

#### **4.3.3 Sugestões não acatadas**

Conforme citado na subseção **4.3.1**, de sugestões apresentadas, identificou-se que um item não foi atendido em sua totalidade.

Do item 2, as medidas de se utilizar campos obrigatórios que impeçam a continuidade da solicitação sem o devido preenchimento, não foram implementadas devido o sistema ser corporativo; com isso a gerência de PCM em conjunto com a Tecnologia da Informação e Telecomunicações (TIC) necessitavam de maiores prazos para análises determinassem a necessidade e viabilidade de se estender a todas os setores.

## 5 CONCLUSÃO

Os processos produtivos realizados pelos poços de produção de petróleo no estado de Sergipe, especificamente na cidade de Carmópolis, apresentam um cenário de utilização de equipamentos envelhecidos com alto volume de quebras que exigem manutenções constantes.

Os equipamentos e instrumentos referentes ao sistema de automação, mesmo sendo modernos, apresentam um grande número de falhas ou defeitos que culminam em paradas de equipamentos e na falta de fornecimento de informações necessárias ao status dos equipamentos, que promoveriam um diagnóstico mais ágil, interferindo diretamente na disponibilidade, confiabilidade e qualidade de produção dos poços de petróleo.

Este panorama ocasiona inúmeros descontroles em vários setores como: operação, planejamento e controle da manutenção (PCM), manutenção, administrativo e, conseqüentemente, em todo o plano de negócio da empresa.

Com intuito de minimizar os impactos causados por todo este cenário, o estudo de caso teve como objetivo propor a implantação de ferramentas compatíveis para a promoção de maior disponibilidade do sistema de automação.

Durante o estudo foram realizadas inúmeras tarefas como: identificação, acompanhamento e análise do fluxograma do processo de atendimentos aos serviços solicitados pela operação; do processo de sinalização/status dos poços produtores no sistema SISAL; do processo de solicitação de serviços no SMI; do processo de abertura de notas de serviço; da geração e planejamento de ordens de manutenção no sistema SAP R/3; da realização do serviço em campo, e, por fim, da realização de todas atividades desenvolvidas nos setores pertinentes ao fluxograma de atendimento ao sistema de automação.

Em posse das informações necessárias fez-se o uso de ferramentas da qualidade que possibilitaram a geração de indicadores que pudessem retratar qualitativamente e quantitativamente o cenário atual de todo o processo das falhas ou defeitos, como também, das causas dessas falhas ampliando o leque de possibilidades de sugestões de melhoria para o processo.

Outros aspectos cruciais para o desenvolvimento de quaisquer atividades

observados em todos setores foram a política, a carência de comunicação interna ou comunicação indevida e a inter-relação insatisfatória. Percebeu-se a necessidade de quebra de paradigmas e de implemento de uma nova cultura ao atendimento do processo. Os setores ainda executam suas atividades isoladamente esquecendo-se da função principal.

No desenvolvimento deste estudo, os objetivos específicos foram atendidos, visto que todas as etapas que compõem o processo produtivo foram caracterizadas, evidenciadas, analisadas e apresentada propostas de aplicação de ferramentas de melhorias.

A cultura a ser implantada é que a operação, o planejamento e controle da manutenção e a manutenção são setores de mesmo nível em relação à produção, e devem trabalhar em conjunto em prol da mesma.

O pesquisador entende que, em todo o contexto, a implantação ou otimização de ferramentas de planejamento e controle atrelando-as a operações e manutenções mais sofisticadas, que condigam com o objetivo das organizações, possibilitem melhor eficiência na disponibilidade dos equipamentos, processos produtivos mais enxutos, produtos de melhor qualidade, aumento da competitividade, otimização dos custos, levando a sustentabilidade e longevidade dos negócios no mercado.

## REFERÊNCIAS

ARAUJO, Luis César G. de. **Organização, sistemas e métodos e as tecnologias de gestão organizacional**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

BRANCO FILHO, Gil. **A organização, o planejamento e o controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2008.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Controle da qualidade total: TQC**, no estilo japonês. 8. ed. Minas Gerais: INDG, 2014.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. 8. ed. Minas Gerais: INDG, 2004.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Qualidade total: padronização de empresas**. 8. ed. Minas Gerais: INDG, 2004.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

DINIZ, Cristovam Alves; MOÍSES, Gustavo Vinicius Lourenço; ROCHA, José Roberto Gomes; ROSSI, Nereu Carlos Milani de; FARIA, Rogério Costa de. **Métodos pneumáticos intermitentes**: Petrobras. Rio de Janeiro. 2010.

FERNANDES, Francisco Erandi. **Treinamento de manutenção: automação de poços**. PETROBRAS. Aracaju. 2010.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Mini Aurélio: o dicionário da língua portuguesa**. 6. ed. Curitiba: Positivo, 2006.

HOPE SERVIÇOS. **Manual do colaborador**. Rio de Janeiro. 2012.

HOPE SERVIÇOS. **Portal grupo WRR**. Disponível em <<http://grupowrr.com.br/>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

KARDEC, Allan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 4. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.

MINISTÉRIO DE PROTEÇÃO SOCIAL. **Observatório de calidad de la atención em salud**. Disponível em <<http://mps1.minproteccionsocial.gov.co/evtmedica/linea%204/2.3diagrama.html>>. Colômbia. Acesso em: 07 out. 2015.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

NBR 5462:1994. **Confiabilidade e manutenibilidade**. Disponível em <<http://pt.scribd.com/doc/144104431/ABNT-NBR-5462-Sobre-Mantenabilidade#scribd>>. Acesso em: 06 abr. 2015.

NORONHA, Francisco de Assis Ferreira; MOÍSES, Gustavo Vinicius Lourenço; COSTA, Rutácio de Oliveira; ANDRADE, Selma Fontes de Araújo. **Bombeio mecânico**: Petrobras. Rio de Janeiro. 2010.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. **Sistemas, organização & métodos: O&M, uma abordagem gerencial**. 21. ed. São Paulo: Atlas, 2013.

OLIVEIRA, Pedro da Silva. **Bombeio centrífugo submerso**: Petrobras. Rio de Janeiro. 2010

PAULINO, Jorge. **A importância da engenharia de manutenção no planejamento estratégico das empresas**. Disponível em <<http://engenharianodiaadia.blogspot.com.br/2011/09/importancia-da-engenharia-de-manutencao.html>>. Acesso em: 04 dez. 2015.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: Unicenp, 2007

PESSOA, Gerisval. **Ferramentas de gestão da qualidade: diagrama de Pareto**. Disponível em <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABfSAAF/ferramentas-gestao-qualidade-diagrama-pareto>>. Acesso em: 05 out. 2015.

PETROBRAS. **Automação de poços**: controladores CAC-2000, CAC-8800 e EXS-1000. 2010.

----- PE-5E4-00721-E. **Diretrizes de automação de poços - SINPEP 5.4 E&P-ENGP Corporativo**. 2015.

----- PE-5E4-00974-A. **Manutenção nos sistemas de automação do ATP-AL-SINPEP 5.4 E&P-ENGP Corporativo**. 2015.

----- **Manual sistema integrado de gestão empresarial (SAP R/3)**. 2015. Disponível em <<http://sap.petrobras.com.br/SAP/Manual>>. Acesso em: 28 abr. 2015.

----- **Sistema integrado de gestão empresarial (SAP R/3)**. 2015. Disponível em <<http://sap.petrobras.com.br>>. Acesso em: 28 abr. 2015.

----- **Manual sistema supervisorio para automação da elevação (SISAL)**. 2013. Disponível em <<http://sisal.petrobras.com.br/SISAL/Manual>>. Acesso em: 22 abr. 2015.

----- **Sistema supervisorio para automação da elevação (SISAL)**. 2013. Disponível em <<http://sisal.petrobras.com.br>>. Acesso em: 22 abr. 2015.

----- **Manual sistema de solicitações de manutenção e inspeção (SMI)**. 2010. Disponível em <<http://smi.petrobras.com.br/SMI/Manual>>. Acesso em: 25 maio 2015.

----- **Manual sistema de solicitações de manutenção e inspeção (SMI)**. Petrobras. 2010.

----- **Sistema de solicitações de manutenção e inspeção (SMI)**. 2010. Disponível em <<http://smi.petrobras.com.br>>. Acesso em: 25 maio 2015.

PLÁCIDO, João Carlos Ribeiro. **Introdução à engenharia de poço**. Petrobras. São Paulo. 2015.

SILVA, Sandro Cantidio da. **Solução de problemas com o uso do ciclo PDCA e das ferramentas de qualidade**. Disponível em <<https://sandrocan.wordpress.com/tag/diagrama-de-causa-e-efeito/>>. Acesso em: 05 out. 2015.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOBRINHO, Manoel Joaquim Santos. **Utilização de ferramentas da qualidade: estudo de caso de uma empresa que atua no setor petrolífero** (Monografia para obtenção do título de Engenheiro de Produção). FANESE, Aracaju, 2014.1.

SOUZA, Débora Cristina dos Santos. **Implantação de sistema informatizado no planejamento e controle da manutenção em sondas de produção de petróleo terrestre de Sergipe**. FANESE, Aracaju, 2010.

SOUZA, Leôncio de Almeida. **Noções de elevação e petróleo**: Petrobras. Rio de Janeiro. 2010

UBIRAJARA, Eduardo R. **Guia de orientação de TCC's**. FANESE, Aracaju, 2014.

UNICAMP. **O que é petróleo?** Disponível em <<http://www.dep.fem.unicamp.br/drupal/?q=node/27>>. Acesso em: 31 maio 2015.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE. **Manual sistema supervisório para automação da elevação**. Natal: Editora UFRN, 2013.

VERAS, Carlos Magno dos Anjos. **Gestão da qualidade**. IFES, Maranhão, 2009.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **Planejamento e controle da manutenção: PCM**. 5. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.

WEBER, Abílio José; AMARAL FILHO, Dario do; ALEXANDRIA JR, João Pedro; CUNHA, José Antônio Peixoto; ARAUJO, Pedro; **Telecurso 2000**. Gol, IBEP e Positivo, 2015.

XENOS, Harilaus Georgius D'Philippus. **Gerenciando a manutenção produtiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade**. 2. ed. Minas Gerais: Falconi, 2014.

## APÊNDICES

## ENTREVISTA

1. Quem elabora a planilha de atividades de serviços referentes ao sistema de automação?

R. A planilha de atividades é elaborada pelo técnico de planejamento.

2. Como o responsável pela a planilha de atividades planeja os serviços?

R. Normalmente as atividades são planejadas sem haver necessidade de ir ao campo por existir padrões de realizações. Nas atividades de maior complexibilidade, que requerem maiores detalhes e acompanhamento, as atividades, também, são planejadas com inspeções no local.

3. O responsável pela a planilha de atividades utiliza algum programa ou sistema para planejar os serviços?

R. Sim, as atividades são solicitadas, acompanhadas e concluídas com auxílio de dois sistemas: SMI e SAP, que integra todas as informações, facilitando a execução dos serviços. Também é utilizado o Excel.

4. Durante a realização das atividades de planejamento acontece muitos erros? Quais são?

R. Sim, solicitações de serviços errados no SMI, duplicidade de solicitações de serviços no SMI, duplicidade na geração de ordens de manutenção no SAP, ordens de manutenção geradas no SAP sem planejamento, falha no envio da ordens de manutenção para o setor responsável, falha no controle dos serviços que estão sendo executados, dentre outros.

5. Os falhas que ocorrem durante o planejamento das atividades são monitoradas e solucionadas? Como?

R. Poucas são monitoradas e solucionadas. Normalmente tenta-se solucionar no momento que é identificada, não há um processo de identificação e solução das falhas, ainda não existe um padrão consolidado no setor de planejamento.

6. São efetuados treinamentos periódicos no setor de planejamento?

R. Não, antigamente todos os treinamentos eram ministrados pela Petrobras, com o tempo, moldou-se para a contratação de profissionais que possuíam os treinamentos.



7. Quais as falhas encontradas nos equipamentos referentes ao sistema de automação?

R. Falhas de posição, falhas de comunicação, falhas de carga, falhas de falta de tensão, falhas de controlador, etc.

8. o que provoca as falhas nos equipamentos referentes ao sistema de automação?

R. Problemas de célula de carga danificada, problemas no conector da célula de carga, problemas no sensor de posição, problemas no conector da antena, problemas no rádio de transmissão, problemas na placa CPU, problemas de cabos partidos, problemas de cabos furtados, antena ou poste furtado, etc.

## ATP-ST/MI

### PCM-PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO FICHA PARA REGISTRO DE SOLICITAÇÃO DE SERVIÇO

#### DADOS DA SOLICITAÇÃO

EQUIPAMENTO:	LOCAL: <u>Cp- 1199</u>	ESPECIALIDADE:
SOLICITANTE:	RAMAL: <u>1</u>	DATA: <u>  </u> / <u>  </u> / <u>  </u>
HORA:		
DESCRIÇÃO DO SERVIÇO		
<u>Corrigir falha de carga</u>		
TIPO DE INTERVENÇÃO: <input type="checkbox"/> Condicionamento (1) <input type="checkbox"/> Apoio (2) <input type="checkbox"/> Defeito(4) <input type="checkbox"/> Falha (5)		
MODO DE FALHA:		
<input type="checkbox"/> Deficiência estrutural	<input type="checkbox"/> Operação sem demanda	<input type="checkbox"/> Ruído
<input type="checkbox"/> Desvio de parâmetro	<input type="checkbox"/> Outros modos de falha	<input type="checkbox"/> Saída alta
<input type="checkbox"/> Falha em parar sob demanda	<input type="checkbox"/> Parada inesperada	<input type="checkbox"/> Saída baixa
<input type="checkbox"/> Falha em partir sob demanda	<input type="checkbox"/> Prob..menores serviço	<input type="checkbox"/> Saída errática
<input type="checkbox"/> Leitura de inst. anormal	<input type="checkbox"/> Quebra	<input type="checkbox"/> Superaquecimento
<input type="checkbox"/> Vazamento externo combustível	<input type="checkbox"/> Vazamento externo fluido proc.	<input type="checkbox"/> Vazamento externo utilidade
<input type="checkbox"/> Vazamento interno	<input type="checkbox"/> vibração	
EQUIPAMENTO PARADO: <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	DATA: <u>  </u> / <u>  </u> / <u>  </u>	HORA:

#### MATERIAIS UTILIZADOS

Tipo de Placa: * _____ N° de Série: Retirada: _____ Instalada: _____ Imã: (    ) Unid.	Sensor de Posição: (    ) Unid. Cabos de Célula: (    ) M Cabos de Posição: (    ) M
---	--

#### ANÁLISE DE FALHA

PARTE AFETADA: <u>CRBO</u>
MECANISMO DA FALHA: <u>IF</u>
AÇÃO TOMADA: <u>LLB-2</u> ( ) TCOM; ( ) ELÉTRICA; ( ) OPERAÇÃO.
CAUSA BÁSICA: <u>NIDT</u>

#### DADOS DO ATENDIMENTO

CENTRO: 010INC04	N° DE PESSOAS: 01	DURAÇÃO H/H
DATA INIC: <u>  </u> / <u>  </u> / <u>  </u>	HORA INIC: <u>  </u> : <u>  </u> : <u>  </u>	DATA FIN: <u>  </u> / <u>  </u> / <u>  </u>
HORA FIN: <u>  </u> : <u>  </u> : <u>  </u>		

#### SERVIÇO EXECUTADO

<u>Realizada limpeza no conector do Cabo de carga</u>
---

EXECUTANTE	SUPERVISOR	SOLICITANTE
<u>  </u> / <u>  </u> / <u>  </u>	<u>  </u> / <u>  </u> / <u>  </u>	<u>  </u> / <u>  </u> / <u>  </u>
DATA /ASS. CARIMBO	DATA /ASS. CARIMBO	DATA /ASS. CARIMBO