



CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC

ÍCARO UZEDA REIS
JOÃO MARCELO COSTA
JULIANA MARIA SANTANA
RODRIGO TRAVASSOS SAPUCAIA
VITÓRIA MARTINS DIAS

OTIMIZAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO DE UMA PETROLÍFERA
VISANDO A MELHORIA DA PRODUTIVIDADE E CONFIABILIDADE DO
SISTEMA

SALVADOR

2019

ÍCARO UZEDA REIS
JOÃO MARCELO COSTA
JULIANA MARIA SANTANA
RODRIGO TRAVASSOS SAPUCAIA
VITÓRIA MARTINS DIAS

OTIMIZAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO DE UMA PETROLÍFERA
VISANDO A MELHORIA DA PRODUTIVIDADE E CONFIABILIDADE DO
SISTEMA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário SENAI CIMATEC como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Me. Frederico Cesário
Co-Orientadora: Prof. Me. Marinilda Lima

SALVADOR
2019

ÍCARO UZEDA REIS
JOÃO MARCELO COSTA
JULIANA MARIA SANTANA
RODRIGO TRAVASSOS SAPUCAIA
VITÓRIA MARTINS DIAS

OTIMIZAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO DE UMA PETROLÍFERA
VISANDO A MELHORIA DA PRODUTIVIDADE E CONFIABILIDADE DO
SISTEMA

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia Elétrica” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Elétrica.

Banca Examinadora:

Prof. Me. Frederico Ramos Cesário - Orientador
Centro Universitário SENAI CIMATEC – Salvador/BA

Prof. João Lucas da Hora - Gestor Theoprax
Centro Universitário SENAI CIMATEC – Salvador/BA

Profa. Me. Marinilda Lima Souza - Co-Orientadora
Centro Universitário SENAI CIMATEC – Salvador/BA

Prof. Me. Sérgio Oliveira Pitombo - Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica
Centro Universitário SENAI CIMATEC – Salvador/BA

Salvador, _____ de _____ de _____.

RESUMO

O plano de manutenção no âmbito industrial é de suma importância para a plena funcionalidade e segurança da sistemática da planta. Levando-se em consideração o crescimento da produção e investimentos nas indústrias petroquímicas, os serviços de manutenção transformaram-se em uma parte fundamental para garantir um desempenho contínuo e satisfatório dos processos, equipamentos e ferramentas que compõem a produção. O planejamento das manutenções deve ser desenhado e organizado visando a disponibilidade e confiabilidade da produção para que as perdas nos processos sejam minimizadas e até mesmo zeradas. O presente trabalho tem como objetivo a otimização do plano de manutenção já existente de equipamentos elétricos pré-determinados de uma petrolífera. O estudo será feito a partir da análise do planejamento e processos já existente no local, aperfeiçoando-os tendo como referência manuais dos fabricantes e normas técnicas aplicáveis ao tema. Os resultados serão baseados nos checklists de inspeção periódica e manutenção preventiva além de uma análise de falhas decorrentes dos meses de janeiro de 2019 a setembro de 2019.

Palavras-chave: Manutenção. Inspeção. Planejamento. Normas. Petrolífera.

ABSTRACT

The industrial maintenance plan is of paramount importance for the full functionality and safety of the plant system. Taking into account production growth and investments in the petrochemical industries, maintenance services have become a key part of ensuring continuous and satisfactory performance of the processes, equipment and tools that make up production. Maintenance planning must be designed and organized with a view to production availability and reliability so that process losses are minimized and even zeroed. The present work aims to optimize the existing maintenance plan of pre-determined electrical equipment of an oil company. The study will be made from the analysis of the planning and processes already in place, improving them with reference to manufacturers' manuals and technical standards applicable to the subject. The results will be based on periodic inspection and preventive maintenance checklists and an analysis of failures from January 2019 to September 2019.

Keywords: Maintenance. Inspection. Planning. Standard. Oil Industry.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Poço Produtor por Bombeio Centrífugo Submerso
- Figura 2: Sistema de Bombeio por Cavidades Progressivas.
- Figura 3: Fluxograma do Projeto.
- Figura 4: Teste de Isolamento Utilizando um Megômetro.
- Figura 5: Processo de Termografia em um Painel Elétrico.
- Figura 6: Termografia de Motor Elétrico.
- Figura 7: Procedimento de Limpeza do Painel Elétrico
- Figura 8: Reaperto de Conexões do Motor.
- Figura 9: Medição da Corrente entre a Saída do Relé e o Motor.
- Figura 10: Medição da Tensão entre a Saída do Relé e o Motor.
- Figura 11: Representação em Blocos dos Componentes do Inversor.
- Figura 12: Relé de Telemetria.
- Figura 13: Bornes da Bateria.
- Figura 14: Painel de Controle.
- Figura 15: Procedimento de Termografia em Painel de Motores Elétricos.
- Figura 16: Limpeza do Painel Elétrico.
- Figura 17: Termografia do Conjunto Motor-Bomba.
- Figura 18: Motor de Combate a Incêndio Apresentando Vazamento de Água.
- Figura 19: Multímetro como Instrumento para Atestar o Aterramento de Motor.
- Figura 20: Representação dos Equipamentos Utilizados em Inspeções de Inversores.
- Figura 21: Alavanca de Bloqueio.
- Figura 22: Principais Componentes da Parte Dianteira do Inversor de Frequência.
- Figura 23: Limpeza da Porta Dianteira do Painel com Pincel.
- Figura 24: Limpeza do Sistema de Ventilação com Aspirador de Pó.
- Figura 25: Procedimento de Retirada do Ventilador
- Figura 26: Medição da Alimentação da Discadora
- Figura 27: Identificação dos LEDs na Discadora.
- Figura 28: Ilustração para abertura do relé para inspeção do cartão SIM
- Figura 29: Tela de Diagnóstico do Software da COMAT
- Figura 30: Códigos de Erro.
- Figura 31: Exemplo de um Centro de Controle de Motores
- Figura 32: Posição dos Eletrodos Auxiliares de Potencial e de Corrente do Terrômetro.

Figura 33: Método da Queda de Potencial.

Figura 34: Curva Característica Teórica da Resistência de Aterramento de um Eletrodo Pontual.

Figura 35: Inspeção Termográfica em um Painel Elétrico

Figura 36: Painel com Etiquetas Identificadoras.

Figura 37: Limpeza do Painel Elétrico.

Figura 38: Falhas mais recorrentes.

Figura 39 - Quantitativo de Falhas por Categoria

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Documentos a Serem Entregues

Quadro 2: Relação Entre o Desequilíbrio de Tensão e a Redução na Potência.

Quadro 3: Classificação de Concentração de Gases Combustíveis.

Quadro 4: Parâmetros da Análise Físico-Química.

Quadro 5: Máxima Temperatura Admissível.

Quadro 6: Máximas Temperaturas Admissíveis em Motores WEG

Quadro 7: Tensão Aplicada ao Motor no Ensaio de Isolação.

Quadro 8: Resistência Mínima de Enrolamento de Motor.

Quadro 9: Estados do LED GSM

Quadro 10: Códigos de Erro.

Quadro 11: Temperaturas Características dos Condutores.

Quadro 12: Limites de Conexões, Barramentos e Contatos.

Quadro 13: Limites Resistência de Isolação para Equipamentos Elétricos - Exceto Transformador.

Quadro 14: Limites Resistência de Isolação para Transformadores.

Quadro 15: Reservas em Função do Número de Circuitos.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IBP	Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
NR	Norma Regulamentadora
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i> (Comissão Eletrotécnica Internacional)
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
UHV	<i>Ultra High Voltage</i> (Ultra Alta Voltagem)
SPDA	Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas
BCS	Bombeio Centrífugo Submerso
BCP	Bombeio por Cavidades Progressivas
BET	Bloqueio, Etiquetagem e Teste
LUP	Lição de Um Ponto
CCM	Centro de Controle de Motores
IHM	Interface Homem/Máquina
CPU	<i>Central Processing Unit</i> (Unidade Central de Processamento)
IGBT	<i>Insulated Gate Bipolar Transistor</i> (Transistor Bipolar de Porta Isolada)
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
NETA	<i>InterNational Electrical Testing Association</i> (Associação Internacional de Testes Elétricos)

Sumário

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	A ZONA 0 DAS ÁREAS CLASSIFICADAS	13
1.2	OS MÉTODOS DE ELEVAÇÃO.....	14
1.2.1	Bombeio Centrífugo Submerso (BCS).....	14
1.2.2	Bombeio por Cavidades Progressivas (BCP).....	15
1.3	OBJETIVOS.....	16
1.3.1	Objetivo Geral.....	16
1.3.2	Objetivos Específicos.....	16
2	METODOLOGIA	17
3	DESENVOLVIMENTO	19
3.1	Tipos de Manutenção.....	19
3.2	processos Utilizados para o Desenvolvimento dos Entregáveis.....	20
3.2.1	Medição de Isolamento	20
3.2.2	Termografia.....	21
3.2.3	Limpeza, Organização, Reaperto e Inspeções Visuais.....	22
3.2.4	Verificação de Desequilíbrio de Tensão e Corrente.....	24
3.3	Elementos Analisados no Projeto.....	25
3.3.1	Baterias.....	25
3.3.2	Motores Elétricos	26
3.3.3	Coleta de Óleo do Transformador.....	27
3.3.4	Inversores de Frequência.....	28
3.3.5	Relé de Telemetria.....	30
3.3.6	Subestação.....	31
3.3.7	Centro de Controle de Motores - CCM.....	35
3.3.8	Aterramento.....	35
3.3.9	Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA).....	36
3.3.10	Painel de Luz e Tomada.....	36
4	RESULTADOS.....	37
4.1	Baterias	37
4.2	Motores Elétricos.....	39
4.2.1	Ordem Padrão de Inspeção Preditiva	40
4.3	Coleta de Óleo Isolante de Transformadores	44

4.3.1	Os Pontos para uma Coleta Adequada	44
4.4	Inversores de Frequência	45
4.4.1	Ordem Padrão de Inspeção Preditiva	45
4.4.2	Ordem Padrão de Manutenção Preventiva	46
4.5	Relé de Telemetria.....	49
4.5.1	Ordem Padrão de Inspeção Preditiva	49
4.5.2	Ordem Padrão de Manutenção Preventiva	49
4.6	Subestação	52
4.6.1	Ordem Padrão de Inspeção Preditiva	53
4.6.2	Ordem Padrão de Manutenção Preventiva	55
4.7	Centro de Controle de Motores - CCM	56
4.8	Aterramento	58
4.8.1	Ordem padrão de inspeção preditiva.....	58
4.9	Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA)	61
4.9.1	Parecer técnico	61
4.10	Painel de Luz e Tomada.....	62
4.10.1	Ordem padrão de inspeção preditiva.....	62
4.11	Relatório Interativo	64
4.11.1	Análise de Corretivas	64
4.11.2	Filtragem e Categorização de Dados.....	65
4.11.3	Exibição.....	66
4.11.4	Tabela com Filtragem.....	66
4.11.5	Gráfico – Top 10 Problemas mais Recorrentes.....	67
4.11.6	Gráfico – Falhas por Categoria	68
4.12	Observações	68
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
6	REFERÊNCIAS	69

1 INTRODUÇÃO

A PetroRecôncavo é uma indústria de extração e produção de petróleo nacional, que opera de modo independente em poços considerados maduros, *onshore* (terrestres), concedidos pela Petrobrás, no recôncavo baiano. Como uma empresa nacional do ramo de E&P, sofre diversas auditorias por parte da ANP e da Petrobrás, onde são atestadas as condições de manutenção de seus poços, que atual em diversos métodos de elevação (BCP, BCS, UBM, que serão explicados a seguir), mas que busca seguir um padrão de equipamentos elétricos. Por se tratar de um insumo extremamente importante a nível nacional e internacional, questões referentes a confiabilidade, produtividade, segurança, sustentabilidade e manutenção são recorrentemente levantadas.

De 2017 para 2018 houve um acréscimo em 0,8 bilhão de reais em investimento no setor de petróleo e gás no Brasil (1), entretanto, até 2025, o Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis espera um acréscimo de 28 bilhões aos 2 bilhões levantados em 2018, em pesquisas de desenvolvimento e inovação no ramo. (2)

O crescimento previsto nos investimentos é resultado de um crescimento considerável na produção petroleira nacional. O Brasil está na 10^o colocação do ranking de maiores produtores de petróleo, podendo se tornar, até 2024, o 2^o maior produtor de petróleo fora da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) (1). Até 2040, estima-se que a maior parte da matriz energética do Brasil dependa de petróleo e gás (49%), seguido pelas hidrelétricas e fontes renováveis (46%) (2)

O que todas essas estimativas e números buscam alertar é que a produção petroleira no Brasil apenas vai ganhar força e se tornar ainda mais relevante em um futuro a curto prazo, aumentando a competitividade entre as empresas produtoras de petróleo e a demanda por produtos de maior qualidade, baixo custo e com baixo impacto ambiental. Nesse cenário, as instalações elétricas em indústrias químicas, petroquímicas e de petróleo tornam-se uma área extremamente carente de investimentos, estudos e atenção.

Neste cenário não existem mais espaços para improvisos e arranjos, pois atualmente, a ideia é de que a existência da manutenção sirva para que não haja mais falhas não previstas nos equipamentos. Para que isso seja possível, os responsáveis pela gestão da manutenção devem estar qualificados e equipados para evitar falhas e não somente para corrigi-las, sempre com foco em manter a disponibilidade e confiabilidade de suas máquinas e equipamentos, mantendo-os sempre produzindo de maneira segura. (3)

Para atingir estes objetivos, deve-se haver uma mudança na cultura da manutenção, onde é necessário pensar e agir estrategicamente para que a atividade se integre de maneira eficaz ao processo produtivo. (3)

1.1 A ZONA 0 DAS ÁREAS CLASSIFICADAS

Sequer é necessário recorrer a NR-20 – Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis para imaginar que a manipulação, transporte e armazenamento de líquidos inflamáveis/combustíveis é algo realizado de modo constante em uma empresa que atua no domínio, o que acaba por ofertar um risco também constante. Para ser mais enfático, segundo a classificação de área da IEC 60079-10 – Atmosferas Explosivas: Parte 10-1: Classificação de áreas - Atmosferas explosivas de gás, o ramo de exploração e produção de petróleo e gás (poços e estações) são classificados como zona 0, onde a formação de uma mistura explosiva é contínua ou existe por longos períodos. (4)

Equipamentos elétricos não raramente esquentam e, se em falha, podem superaquecer, faiscar e até mesmo explodir, três situações extremamente indesejadas. Logo, instalações elétricas existentes em indústrias químicas, petroquímicas e de petróleo devem ser mantidas, aprimoradas e estudadas. (5) As normas versam apenas em enfatizar todos os riscos e como podem ser atenuados, com os principais propósitos de fixar as condições exigíveis para a seleção e aplicação de equipamentos, projeto e montagem de instalações elétricas em atmosferas explosivas por gás ou vapores inflamáveis e minimizar os riscos de danos pessoais e materiais que possam ocorrer em consequência destas instalações através de alguns procedimentos de segurança. (6)

Não apenas uma questão de segurança, produtividade e/ou danos materiais. A imagem de uma empresa, ou bem intangível, a credibilidade do seu serviço, seu compromisso com a sociedade e meio ambiente levam a níveis ainda mais complexos o quão delicado é versar sobre manutenção de equipamentos elétricos em atmosferas explosivas. Desde equipamentos simples como relés eletrônicos a grandes subestações operando em UHV (Ultra High Voltage), cada equipamento/sistema elétrico carrega consigo o risco, caso em condições anormais de operação, de se tornar um sistema de ignição da mistura combustível/inflamável presente na atmosfera.

Não é a intenção do trabalho expor uma análise minuciosa de todos os riscos e indicadores referentes ao tema, mas aclarar o quão possível for a importância de um estudo voltado à manutenção dos sistemas, mediante otimização dos atuais checklists de inspeção

do local levando em consideração manuais dos fabricantes, normas bem como as condições operacionais do local como, homem-hora e protocolos de trabalho nas manutenções.

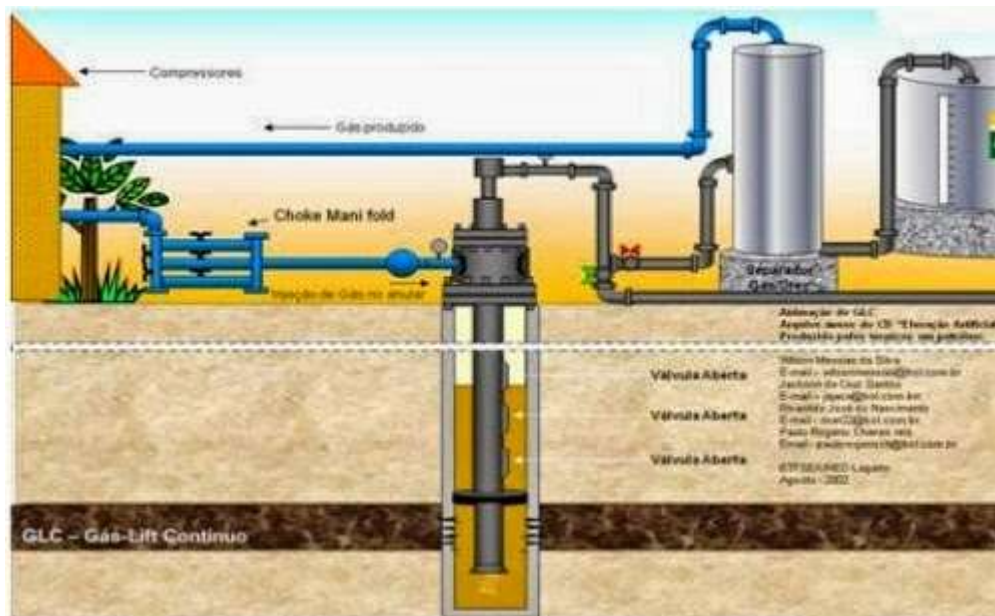
1.2 OS MÉTODOS DE ELEVAÇÃO

Enquanto estações coletoras ou *gathering stations* podem possuir variações mais abrangentes nos equipamentos e sistemas que compõem sua planta, obviamente mantendo os sistemas de segurança (Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA), para-raios, sistemas de combate a incêndio, etc.), a maior parte da variação de sistemas e equipamentos de um poço *on-shore* (em terra) para outro reside, em sua maior parte, em qual método de elevação está sendo utilizado – Por método de elevação se entende qual estratégia está sendo utilizada para acender um fluido que está contido no reservatório até a superfície (7).

1.2.1 Bombeio Centrífcgo Submerso (BCS)

Nesse método, basicamente, a energia fornecida ao fluido para sua elevação é oriunda de uma bomba centrífuga de vários estágios, conectada em um motor elétrico (7), como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Poço Produtor por Bombeio Centrífcgo Submerso.



Fonte: PETROBRAS, 2019.

No quadro de comando também poderia ser destacado um inversor de frequência, equipamento responsável por variar a velocidade de giro do motor e também fornece informações das grandezas elétricas.

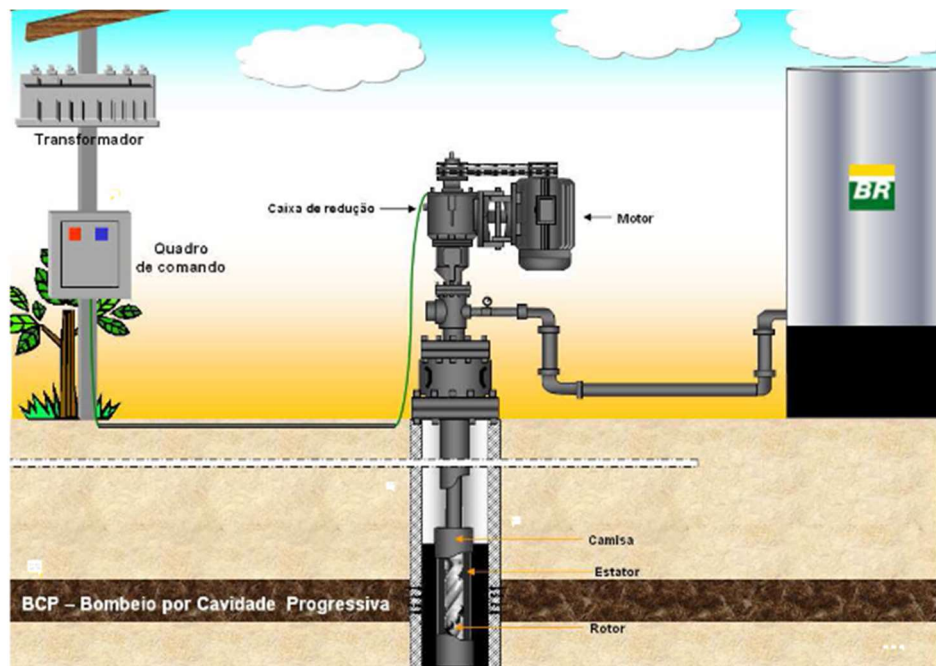
Geralmente, uma empresa que atua com exploração de petróleo on-shore possui inúmeros poços, distantes entre si. Para saber se estes poços estão energizados são utilizados relés de telemetria (comumente conhecidos como discadoras), sendo este mais um equipamento a compor o poço.

Logo, como equipamentos elétricos críticos para o funcionamento adequado do poço BCS temos transformadores, quadros de comando, inversores de frequência, motores elétricos e relés de telemetria.

1.2.2 Bombeio por Cavidades Progressivas (BCP)

Neste método, um motor elétrico na superfície do poço movimenta uma coluna de hastes, que por sua vez movimenta o rotor de uma bomba de cavidades progressivas, dando energia adicional ao fluido para que este possa emergir (8), como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Sistema de Bombeio por Cavidades Progressivas.



Fonte: PETROBRAS, 2019.

Logo, como equipamentos elétricos críticos para o funcionamento adequado do poço BCS temos os transformadores, quadros de comandos, motores elétricos e relés de telemetria.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 **Objetivo Geral**

- Otimizar o Plano de Manutenção de equipamentos elétricos da empresa visando a produtividade e confiabilidade de seu sistema.

1.3.2 **Objetivos Específicos**

- Analisar os procedimentos atuais referentes à manutenção do local;
- Desenvolver checklists condizentes e eficazes para as condições operacionais do local;
- Identificar equipamentos com alto índice de manutenções corretivas.

Para alcançar os objetivos propostos, o desenvolvimento dos produtos a serem entregues baseou-se em analisar o atual processo de manutenção e inspeções periódicas, entendê-los e buscar pontos que necessitavam de melhorias e maior atenção perante a dinâmica dos processos e dos trabalhadores, visto que estes entregáveis de nada seriam proveitosos se não fossem condizentes com a realidade operacional do local.

Sendo assim, em consonância com o programa de manutenção, tais produtos constam dos seguintes documentos:

- Ordem padrão de inspeção preditiva: Inspeções periódicas que utilizem de alguma técnica de predição de falhas, tais quais: Termo visão, coleta de óleo isolante de equipamentos elétricos, medição de isolação dos sistemas, equipamentos e cabos;
- Ordem padrão de manutenção preventiva: Procedimentos que visam prevenir uma possível falha, tais quais: Limpezas, reaperto, reconexões, organização e substituição de componentes dos sistemas e equipamentos elétricos. Tais procedimentos necessitam da desenergização dos sistemas, com aplicação de bloqueio, etiquetagem e teste (BET), em conformidade com a NR-10;
- Ordem padrão de inspeção preventiva: Medições realizadas em equipamentos e sistemas elétricos visando prevenir falhas, na qual são realizados procedimentos como: Medição de corrente, tensão, resistência de aterramento incluindo também inspeção visual, para analisar se o equipamento está operando sem anomalias;
- Relatório interativo de manutenção corretiva: Contém gráficos e tabelas relativos às ordens de manutenção corretiva de janeiro a julho de 2019, permitindo a inclusão de OSs posteriores.

Nos procedimentos que se julgou necessário, também foi emitido uma Lição de Um Ponto (LUP), um passo-a-passo mais explicativo e geralmente ilustrado do que deveria ser realizado, visando garantir a padronização do procedimento. Este documento busca facilitar a transmissão de informações por meio de ilustrações detalhando alguns dos procedimentos a serem realizados. Estas informações são repassadas “ponto por ponto” de forma bastante simplista e gradual, e de maneira mais direta e específica.

No Quadro 1 estão listados os equipamentos que compõem esta primeira entrega:

Quadro 1 - Documentos a Serem Entregues.

Item	Entregável			
	Ordem Padrão de Inspeção Preditiva	Ordem Padrão de Manutenção Preventiva	Ordem Padrão de Inspeção Preventiva	LUP
Bateria		X		X
Motores	X			X
Inversores	X		X	X
Relé de Telemetria		X		X
CCM	X	X		X
Subestação	X	X		X
Transformador	Procedimento de coleta de óleo isolante			

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Ressalta-se também que, para Subestação/Cubículo de Medição e Centro de Controle de Motores (CCM), foram dadas contribuições relevantes juntamente com a engenheira encarregada da época, pois se definiu que não estaria ao alcance de formandos a elaboração de um procedimento para zonas que possam ser consideradas de risco pelo anexo I da NR-10. A ordem padrão em si, fora elaborada pela engenheira eletrícista responsável pelo que se chama de engenharia de superfície, isto é, o engenheiro eletrícista de confiabilidade e melhoria da empresa, com base em relatórios e documentos entregues pela equipe, que buscavam explicitar item de NRs e NBRs, bem como as normas internacionais, como citado anteriormente.

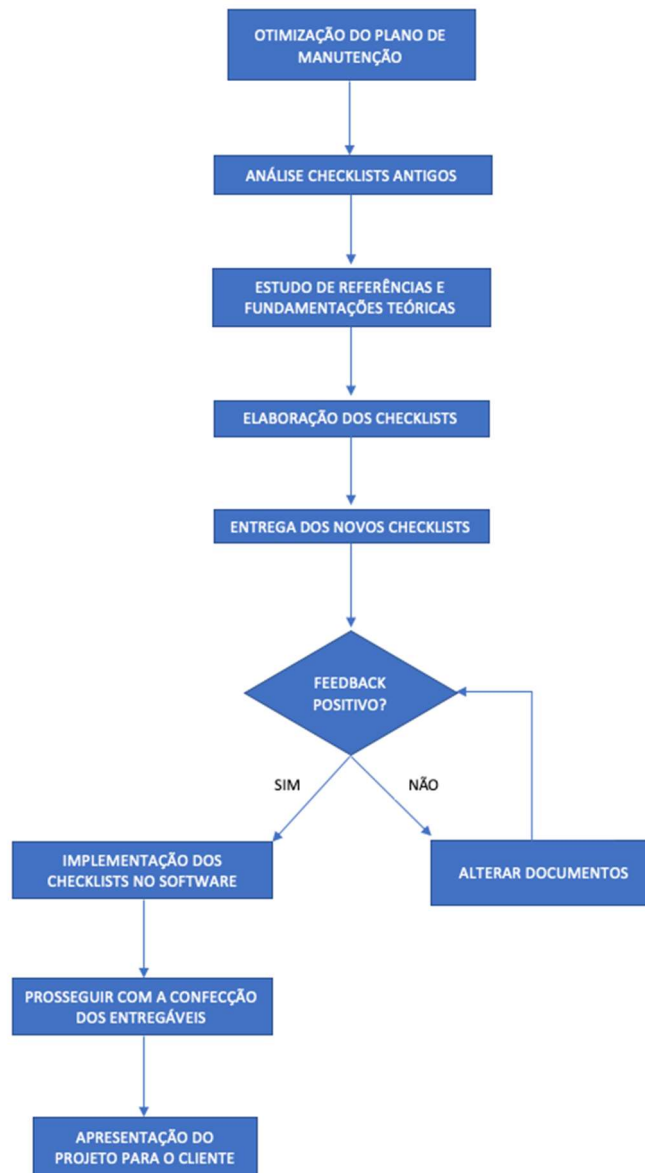
2 METODOLOGIA

Após a decisão, em consonância com o cliente, dos equipamentos que fariam parte do escopo do trabalho, realizou-se uma revisão bibliográfica a respeito dos tipos de

manutenção e das características e princípio de funcionamento dos equipamentos além, também, da compreensão de como este estava inserido na planta, seu propósito ali enquanto item constante. Assim como, foram analisados os checklists fornecidos pela empresa para que estes fossem reformulados, caso necessário. O alinhamento técnico com a engenheira responsável na época (Sra. Mariana Varela) bem como com alguns operadores do local, foram realizados de forma que os pontos críticos e importantes dos equipamentos fossem discutidos e levados em consideração na reformulação dos documentos.

A Figura 3 apresenta o fluxograma geral criado para exemplificar o passo-a-passo que o projeto seguirá de forma a atender a demanda proposta.

Figura 3 – Fluxograma do Projeto



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Os recursos utilizados para o desenvolvimento do projeto foram as normas NBR, manual dos equipamentos, informações disponibilizadas por empresas que realizam manutenção ou fabricantes através de sites ou por telefone, visitas técnicas à planta da PetroRecôncavo, documentações da empresa e livros.

Para confeccionar os checklists e a tabela dinâmica foi utilizado o software Microsoft Excel e, para os LUPs e relatórios o Microsoft Word.

As ordens padrão foram analisadas em campo e/ou pelo setor de manutenção da empresa e, então reformuladas de acordo com o feedback recebido. Por fim, ao finalizar cada entregável, também foi confeccionado um relatório com o objetivo de explicar as entregas efetuadas.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Os tipos de manutenções são classificados da seguinte maneira:

- **Manutenção Corretiva:** É a manutenção que ocorre quando o equipamento está em falha, isto é, não está em suas condições normais de operação. É, basicamente, um reparo. Há também a manutenção corretiva planejada, a qual deve ser calendarizada quando há perda parcial da função do equipamento e a manutenção corretiva não planejada, a qual deve ser realizada quando há perda total de função; (9)
- **Manutenção Preventiva:** Efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, é destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item. Geralmente, a manutenção preventiva é realizada com o equipamento desenergizado e com bloqueio eletromecânico, evitando choques elétricos; (9)
- **Manutenção Preditiva:** É 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, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva. Dos tipos de manutenção, a manutenção preditiva é a única que busca adquirir informações referentes ao estado do ativo enquanto ele se encontra em operação. (9)

Sendo assim, um plano de manutenção eficaz e condizente com a realidade do local é de extrema importância para fatores como a sincronia do sistema, redução de custos, segurança dos operadores e aumento da produção. As razões que levam aos melhores resultados da

Manutenção Corretiva Planejada são a possibilidade de compatibilizar a necessidade da intervenção com os interesses da produção, o fato deste tipo de manutenção resultar em um melhor planejamento dos serviços e aspectos relacionados com a segurança, visto que, a prevenção da falha evita situações de risco para as pessoas e para a instalação (3).

Visto isso, percebe-se a grande relevância que um plano de manutenção faz em ambientes industriais como uma petroquímica onde há riscos que podem ser minimizados e/ou eliminados através de uma estratégia coesa e eficientes no que tange os processos de manutenção e inspeções do local.

3.2 PROCESSOS UTILIZADOS PARA O DESENVOLVIMENTO DOS ENTREGÁVEIS

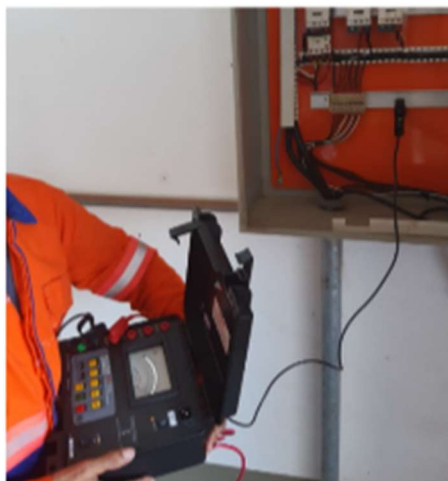
Como parte integrante das otimizações a serem realizadas nos checklists, foram considerados os seguintes tópicos importantes no que tange os processos de inspeção periódica e manutenção do local visando a melhoria e segurança do sistema.

3.2.1 Medição de Isolamento

A resistência de isolamento é um termo geralmente utilizado para definir o quociente da tensão contínua aplicada, pela corrente em função do tempo, medido a partir da aplicação da tensão, ou seja, esta medida refere-se a dificuldade oferecida à passagem de corrente pelos materiais isolantes (10).

Esta medição pode ser realizada utilizando um dispositivo de medição denominado megômetro, conforme Figura 5, sendo importante para determinar a condição operacional de um equipamento para ser colocado em funcionamento ou para fins de manutenção (11).

Figura 5 - Teste de Isolamento Utilizando um Megômetro.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Esta avaliação do sistema isolante consiste em uma das principais ferramentas para determinar a condição operacional dos equipamentos elétricos. Seus valores se alteram com a umidade e com a sujeira – alterações da capacitância do isolamento, da resistência total, das perdas superficiais e da temperatura do material – constituindo-se em uma boa indicação da deterioração dos equipamentos elétricos provocada por estas causas.

3.2.2 Termografia

Este procedimento possibilita a medição da temperatura e a produção de uma imagem térmica de um processo, equipamento ou componente a partir da radiação infravermelha. Desta forma, a inspeção termográfica permite a detecção de falhas decorrentes de anomalias térmicas visando, assim, identificar esse tipo de problema antes que haja uma paralisação do sistema, maquinário ou componente que prejudique, desta forma, a produtividade.

A inspeção termográfica representada na Figura 6 identifica problemas causados por anomalias térmicas devido à relação corrente/resistência dos componentes, geralmente causadas por deficiências de contato. Já quando utilizada em equipamentos mecânicos, permite identificar problemas causados pelo atrito entre peças devido à lubrificação deficiente ou inadequada, desalinhamento de eixos pelo aquecimento nos dispositivos de acoplamento. E, quando realizada em equipamentos estáticos, busca basicamente a identificação em superfícies de regiões onde exista deficiência de isolamento térmico (12).

Figura 6 - Processo de Termografia em um Painel Elétrico.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Este procedimento deve ser realizado por pessoas qualificadas e de acordo com as especificações da norma ABNT NBR 15572 - Ensaio Não Destrutivo – Termografia por

Infravermelha – Guia para Inspeção de Equipamentos Elétricos e Mecânico. O resultado da análise deve considerar a temperatura máxima admissível do equipamento, de acordo com o seu manual e, o grau de intervenção, de acordo com as especificações do fabricante, requisitos normativos ou critérios definidos pela própria empresa quando realizado o acompanhamento periódico baseando-se no seu histórico (13), (14).

Segundo a norma ABNT NBR 15763:2009 – Ensaio Não Destrutivo – Termografia – Critérios de Definição de Periodicidade de Inspeção em Sistemas Elétricos de Potência, a periodicidade para realizar a inspeção termográfica deve ser de no mínimo seis meses e, no máximo dezoito meses (15), (14).

Essa técnica é bastante utilizada visto que prevê, de certa forma, possíveis falhas que possam ocorrer nos dispositivos como, por exemplo, nos motores (Figura 7) permitindo que inspeções periódicas e ajustes programados sejam realizados reduzindo, desta forma, custos de mão de obra e aumentando a vida útil do equipamento.

Figura 7 - Termografia de Motor Elétrico.

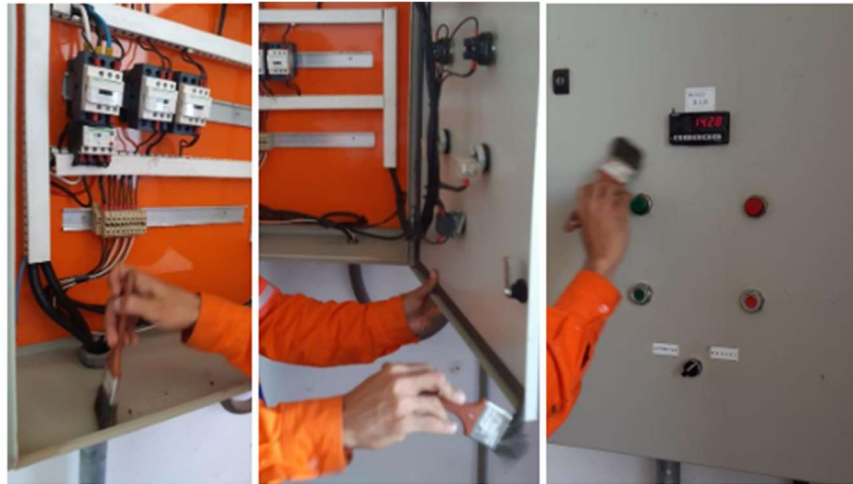


Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

3.2.3 Limpeza, Organização, Reaperto e Inspeções Visuais

Ações simples de manutenção, como limpeza e organização podem aumentar a vida útil de equipamentos e evitar acidentes. Por exemplo, um quadro elétrico empoeirado pode aumentar a resistência de um condutor o que poderá acarretar em um superaquecimento por Efeito Joule, ou, em outra hipótese, a umidade do local o qual o maquinário está submetido pode ocasionar curtos elétricos (16), fazendo-se necessário procedimentos de limpeza periódicas do mesmo, conforme Figura 8.

Figura 8 - Procedimento de Limpeza do Painel Elétrico.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Um outro exemplo são os contatos que podem se tornar oxidados, também proporcionando mau contato, reduzindo a capacidade de condução de corrente elétrica do sistema. Já em equipamentos como motores, pode-se encontrar as conexões entre os contatos elétricos instáveis/relaxadas por conta, por exemplo, das vibrações, o resultado é a redução da região de contato que poderá provocar um superaquecimento e, conseqüentemente, desarmes do sistema de proteção e falhas mais graves como incêndios, problemas evitáveis se realizados procedimentos de manutenção, como o disposto na Figura 9.

Figura 9 - Reaperto de Conexões do Motor.



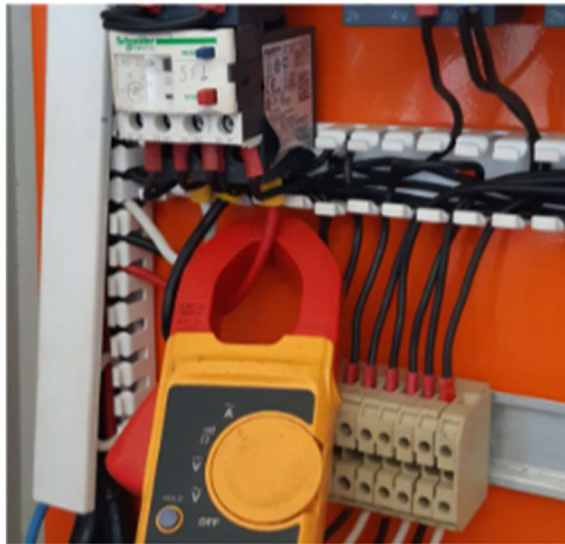
Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Assim, a limpeza, o reaperto, a organização e a inspeção visual são procedimentos que evitam a falha nos equipamentos.

3.2.4 Verificação de Desequilíbrio de Tensão e Corrente

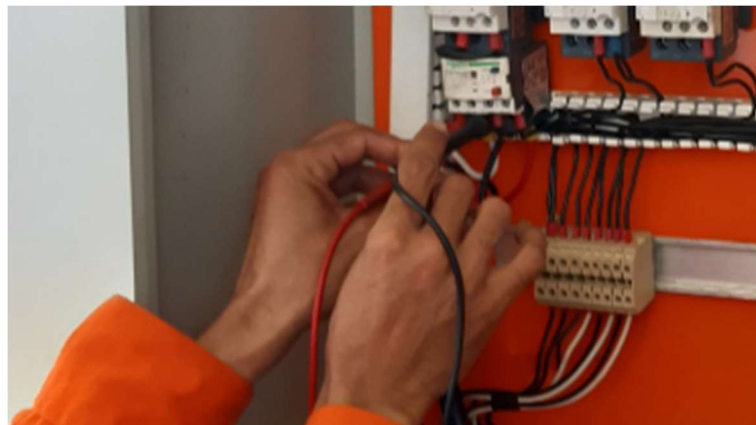
É um procedimento importante visto que os parâmetros que são analisados interferem diretamente na potência dos equipamentos. Nesta, com os valores de corrente (Figura 10) e tensão (Figura 11) medidos em campo, analisa-se as medições com base na NBR 7094/96 Máquinas elétricas girantes - Motores de Indução - Especificação para verificar se o desequilíbrio é aceitável ou não (17).

Figura 10 - Medição da Corrente entre a Saída do Relé e o Motor.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Figura 11- Medição da Tensão entre a Saída do Relé e o Motor.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Nos motores elétricos, por exemplo, a norma define que estes poderão fornecer sua potência nominal com a condição de que o valor de desequilíbrio entre as tensões encontrado não ultrapasse 1%. Para os casos em que o desequilíbrio ultrapassa 1%, a potência exigida do motor obedece ao disposto no Quadro 2.

Quadro 2 - Relação Entre o Desequilíbrio de Tensão e a Redução na Potência.

Desequilíbrio de Tensão	Redução na Potência
1%	0%
2%	4.9%
3%	10%
4%	16%
5%	24%

Fonte: NBR 7094, 1996.

Estes desequilíbrios de tensão e corrente em motores podem ser provenientes de perturbações existentes na rede, na própria instalação do local ou um problema interno do próprio motor. (18)

3.3 ELEMENTOS ANALISADOS NO PROJETO

3.3.1 Baterias

Existe no mercado uma infinita gama de modelos e tipos de baterias, a escolha de um modelo pode sim sobrepujar os aspectos básicos de tensão e corrente. Suas variações construtivas, por exemplo, podem variar entre os modelos selada e não selada.

Uma bateria selada é aquela cujo invólucro impossibilita a emissão de gases e eventuais vazamentos de eletrólito, por esta razão, sua manutenção e instalação se tornam mais fáceis do que os procedimentos necessários às baterias não seladas, cuja instalação apenas deve se dar na posição a qual foi projetada, para que não haja vazamento de líquido, e necessidade de complementação de fluido, sendo que estas possuem saída de ar, justamente para a evacuação dos gases gerados na reação (19).

As baterias seladas são construídas com tecnologia chumbo-ácido, cuja reação emite gases, todavia, graças a um sistema de válvulas de regulação de pressão, estes não são

emitidos, sendo recombinados através de outros sistemas para que seu uso continue eficiente (19). Elas são projetadas exclusivamente para uso estacionário, isto é, a bateria deve permanecer imóvel durante seu uso, como será o caso das aplicações em análise.

Na PetroRecôncavo, o sistema de baterias existentes é aplicável como forma de acionamento dos motores à combustão do sistema de combate a incêndios. Visto isso, comprova-se a importância das inspeções e manutenções que devem ser realizadas nestes equipamentos visto que, qualquer tipo de problema refletiria diretamente em uma importante parte do complexo que é o sistema de combate a incêndio.

Embora a maioria das baterias utilizadas no sistema sejam de fato seladas, através de visitas técnicas pôde ser atestada a existência de versões não seladas, como o modelo da “Marte” MM1500 versão com prata (versão *free*). Todavia, em contato com o fabricante via telefonema, foi explicado que para a aplicação estacionária, onde a bateria não estará sempre em utilização, como é o caso em estudo, a manutenção com inspeção de nível de fluido não seria necessária mesmo nesse modelo.

3.3.2 Motores Elétricos

Os motores estão em praticamente todos os processos e sistemas de uma indústria, sendo que numa petrolífera não é muito diferente. Estes são componentes fundamentais para o funcionamento dos equipamentos que fazem parte da planta do local. Existem motores de injeção, cuja função é injetar água para auxiliar na elevação do petróleo, motores de processos, de compressor, de combate a incêndio, de transferência de óleo, de transferência de água, dentre outros. Os motores elétricos, de forma quase total, são trifásicos, operando em baixa tensão de 440V (20).

No projeto para escolha de qual será o motor utilizado, é importante que se tenha um equipamento de alta qualidade e que promova benefícios para os processos da indústria. Visando sempre uma melhor produtividade, é fundamental planejar uma boa estratégia de manutenção para estes equipamentos considerando fatores que possam prejudicar seu funcionamento e, conseqüentemente, a produção.

Na PetroRecôncavo, os motores, além de estarem presentes como componentes fundamentais para o funcionamento dos equipamentos, são também utilizados para assegurar um sistema crítico: o sistema de combate a incêndio. Sendo assim, seu plano de manutenção deve ser elaborado e executado minuciosamente visando a segurança e produtividade do local.

3.3.3 Coleta de Óleo do Transformador

Óleos isolantes são “compostos líquidos, de baixa viscosidade, destinados à refrigeração de transformadores, ao transferir o calor gerado por efeito Joule às paredes do tanque.” Estes são caracterizados por uma elevada rigidez dielétrica, que, ao impregnar-se nos elementos isolantes, aumenta o poder destes materiais e, a depender da natureza do óleo, permite que o transformador opere com maiores carregamentos sem causar danos ao equipamento (21).

O óleo isolante dos transformadores é coletado através de procedimentos padronizados e armazenados em frascos para serem entregues para o laboratório responsável por realizar as análises cromatográfica e físico-química.

Uma análise cromatográfica dos gases determina a concentração dos gases dissolvidos no óleo mineral isolante. São estes: Hidrogênio, Monóxido de Carbono, Acetileno, Dióxido de Carbono, Metano, Etano e Etileno. A sua formação no interior do transformador pode ser um indicador de problemas como mau contato entre componentes internos, fugas de energia entre espiras, esforço à altas correntes de curto circuito e saturação.

Dentre os gases citados anteriormente, os três primeiros são combustíveis. Altas concentrações destes aumentam o risco de explosão do equipamento, causando derramamento de óleo e contaminação ambiental.

A NBR 7274 classifica a concentração dos gases combustíveis presentes no óleo de transformadores, conforme Quadro 3 (22). Este quadro relaciona as falhas características de transformadores com a relação da concentração dos gases de serviço.

Quadro 3 - Classificação de Concentração de Gases Combustíveis.

Concentração (ppm)	Classificação
Menor que 400	Baixa
400 a 900	Significativa
900 a 1500	Média
1500 a 2500	Alta
Maior que 2500	Muito Alta

Fonte: NBR 7274, 2012.

Já a análise físico-química determina a capacidade de isolamento e o estado de envelhecimento do óleo. Os resultados são comparados aos valores pré-estabelecidos em

normas. Valores fora dos limites especificados indicam necessidade de tratamento termo vácuo, substituição ou regeneração do óleo mineral (22). O Quadro 4 mostra os parâmetros de referência utilizados neste procedimento pelo laboratório Semil.

Quadro 4 - Parâmetros da Análise Físico-Química.

Parâmetros	Valores
Rigidez Dielétrica Mínima (kV/2,5 mm)	40
Tensão Interfacial Mínima (dinas/cm)	20
Perdas Dielétricas (% a 25°C)	0,5
Teor Máximo de Água (ppm)	40
Índice de Neutralização (mg KOH/gÓLEO)	0,2
Densidade (20°C/4°C)	0,65 a 0,95

Fonte: Relatório de análise de óleo do laboratório SEMI, 2019.

Nos transformadores, o calor que é gerado internamente pode provocar o desgaste térmico do material isolante ali presente e isso prejudica todo o equipamento. Sendo assim, a coleta de óleo isolante do transformador servirá para realizar a análise físico-química e cromatográfica deste visando a eficiência do processo de resfriamento e isolamento elétrico do equipamento.

3.3.4 Inversores de Frequência

O inversor de frequência é um item fundamental em uma planta que opere com motores elétricos, sendo estes os responsáveis por realizar a variação da velocidade do eixo do motor através da variação da tensão e da frequência fornecida. Este dispositivo eletrônico também é utilizado devido as suas diversas vantagens dentre as quais estão a economia de energia e, sua atuação como um sistema de proteção para os motores, consequentemente aumentando a vida útil do sistema.

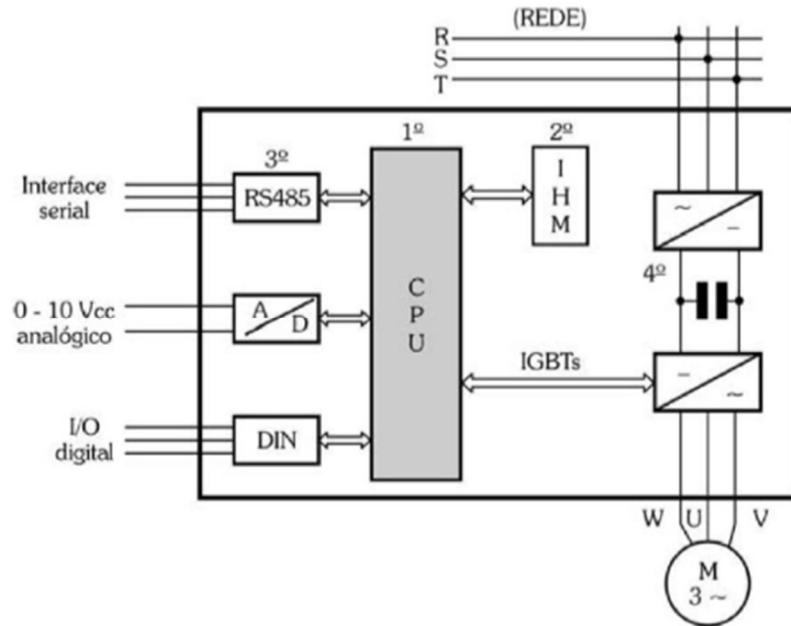
Assim, de uma maneira geral, de acordo com Franchi, os dispositivos para controle de velocidade são usados para as seguintes operações (23):

- Ajuste da velocidade de um motor elétrico visando a rapidez do processo;
- Ajuste do torque de um conjunto de acordo com as necessidades do processo;

- Redução do consumo de energia e aumento da eficiência.

Os inversores de frequência apresentam circuitos compostos por dispositivos semicondutores de potência, dispositivos lógicos de controle, sistemas de proteção e de monitoramento do funcionamento. A Figura 12 apresenta os principais componentes deste equipamento.

Figura 12- Representação em Blocos dos Componentes do Inversor.



Fonte: FRANCHI, 2009.

Assim, este possui uma Unidade Central de Processamento (CPU) a qual pode ser formada por um microprocessador ou um microcontrolador, de acordo com o fabricante. Este componente é responsável por armazenar os dados e parâmetros referentes ao equipamento e também gera os pulsos de disparo, por meio de uma lógica de controle coerente, para os IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistor), os quais são dispositivos de comutação de potência responsáveis pelo chaveamento da alimentação de entrada para que a saída possa ser a escolhida para a operação.

Uma outra parte do inversor é a Interface Homem/Máquina (IHM) por meio da qual é possível visualizar diferentes grandezas do motor e parametrizar por meio das teclas de acordo com a aplicação desejada.

Também apresenta uma interface digital e uma analógica pois podem ser comandados por estes dois tipos de sinais. E, um circuito retificador, que por meio do barramento CC alimenta o circuito de saída inversor (módulo IGBT) (24).

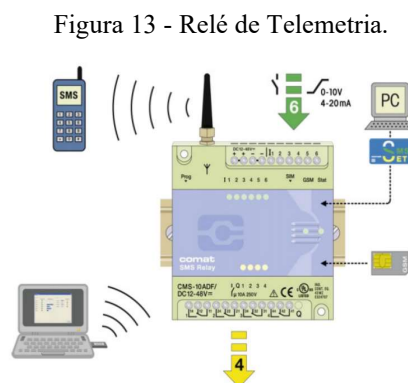
Dispostas as funcionalidades destes equipamentos, estes compõem uma importante peça no que tange o processo produtivo da PetroRecôncavo tornando, desta forma, suas inspeções periódicas e manutenções práticas extremamente relevantes visando o funcionamento eficiente da planta.

3.3.5 Relé de Telemetria

Os relés de telemetria, também conhecidos como discadoras, são responsáveis por monitorar equipamentos e/ou ativar, reiniciar ou desativar algum equipamento remotamente. A telemetria é um processo de comunicação automatizado que, normalmente, está associado com a realização de medições e coleta de dados em pontos remotos ou móveis, geralmente de difícil acesso e/ou onde é inviável a inserção de cabeamento, sendo que, posteriormente, estes dados são transmitidos para um outro dispositivo para o devido processamento. Tais sistemas facilitam a manutenção preditiva.

Para o desenvolvimento do checklist e do LUP, foi utilizado o manual da Comat SMS Relay pois, a maioria das discadoras da PetroRecôncavo são da fabricante Comat Releco Brasil.

O dispositivo CMS- 10 Comat SMS Relay (Figura 13) é um sistema de mensagens e controle a distância que pode ser controlado e monitorado por meio de mensagens SMS (Short Message System) via rede de telefone celular. Assim, este equipamento possui um módulo GSM por meio do qual é capaz de enviar mensagens a cada mudança do seu status para um colaborador registrado no seu sistema. e, a programação do SMS Relay é efetuada através de um software que é fornecido juntamente com o dispositivo (25).



Fonte: Comat SMS Relay: Instruções de operação, 2019.

Na PetroRecôncavo, a telemetria é utilizada para o monitoramento dos poços de petróleo, dada dispersividade destes, visando acompanhar se os mesmos se encontram em operação de

modo mais eficiente. Portanto, caso ocorra uma falha funcional na discadora, ocorrerá a perda de informações com relação ao status de funcionamento dos poços, o que irá resultar na perda de recursos, visto que o poço poderá estar desenergizado, interrompendo o processo produtivo ou, este poderá estar em funcionamento, porém, será necessário deslocar uma equipe para realizar a verificação e/ou manutenção. Portanto, ambos os casos resultam em gastos seja para realizar a manutenção corretiva do dispositivo quanto com relação a mão-de-obra e outros recursos disponibilizados.

3.3.6 Subestação

As subestações de energia elétrica industriais são responsáveis pelo abastecimento de energia elétrica do cliente visando, também, a adequação dos níveis de tensão com o intuito de atingir os níveis ideais para o correto funcionamento do maquinário que a compõe, evitando, desta forma, perdas e danos e, conseqüentemente, garantindo o funcionamento do empreendimento e a confiabilidade e produtividade do sistema.

Inúmeras são as possibilidades de configurações de uma subestação, sendo a definição de seu esquema elétrico escolhido visando fatores como, por exemplo:

- Segurança do Sistema: Reação a eventuais defeitos, como picos de corrente ou curtos-circuitos, sem comprometer a integridade dos operadores, dos ativos da empresa e a produtividade;
- Continuidade de Operação: Capacidade de funcionar em muitas situações distintas, inclusive quando ocorrerem defeitos na própria subestação;
- Flexibilidade Operativa: Pode-se entender como a capacidade de oferecer diferentes configurações de circuitos, de modo a agrupar as cargas reativas – capacitivas e indutivas, aquelas “não produtivas” – e ativas da melhor forma possível.
- Facilidade de Manutenção: No que tange disponibilidade de peças de substituição, custo, tempo para reparo, nível de instrução necessário ao operador-mantenedor, dentre outros;
- Simplicidade da Proteção;
- Facilidade de ampliação dos seus circuitos, para atender um consumidor com probabilidade de expansão, como é o caso da planta analisada;
- Limitação dos Níveis de Curto-Circuito: Evitando que haja danos materiais e riscos de incêndio.

Não importa qual seja o esquema e quais dos critérios acima tenham sido decisivos no momento da implementação por parte do projetista, alguns elementos são comuns e os mais

importantes serão listados e brevemente apresentados, de forma a confirmar a necessidade de alguns itens que viraram pontos de checklist na ordem padrão da manutenção.

3.3.6.1 Principais Elementos de uma Subestação

3.3.6.1.1 *Chaves Seccionadoras*

Trata-se de um equipamento mecânico com operação manual ou automatizada, responsável por garantir a continuidade da energia elétrica ou o isolamento de determinados componentes da subestação (26), ou seja, sua principal função é separar/isolar partes de componentes do sistema, evitando que sejam comprometidas caso haja anomalia em uma delas. Sua operação manual pode acontecer através de varas e manivelas.

Quando não está aberta, idealiza-se que uma chave tenha resistência nula, isto é, seja um curto circuito. Todavia, na prática, todos os materiais, até mesmo os mais condutores, oferecem alguma resistência à passagem de corrente, por isso há a necessidade de inspecionar a resistência de contato e estabelecer um valor de resistência máxima desta. Caso a resistência de um contato seja alta, por efeito Joule, a energia elétrica irá ser convertida em energia térmica, gerando um ponto de superaquecimento, pondo os equipamentos e seus operadores em perigo.

Visto isto, esse equipamento pode, ao longo do tempo, apresentar problemas como aquecimento devido a mau contato, desalinhamento, oxidação bem como a degradação devido ao número de operações a qual foi submetido.

Como parte do planejamento da manutenção de uma subestação, alguns fatores com relação à chave seccionadora fazem a diferença. Por exemplo: limpeza, alinhamento, reaperto de conexões, lubrificação das partes e também, caso necessário, a substituição de equipamentos danificados.

3.3.6.1.2 *Disjuntores*

São os principais equipamentos de proteção contra surtos de corrente, sobrecargas e curtos-circuitos, sendo eles importantes para a continuidade da energia elétrica da subestação. Basicamente, “enxergam” a corrente que passa por sua estrutura e comparam com seu valor nominal. Caso este valor seja superior, irá atuar.

Assim como as chaves seccionadoras, os disjuntores, por possuírem componentes mecânicos, são equipamentos que sofrem desgaste por conta da utilização frequente e, por isso, demandam acompanhamento periódico da quantidade de operações para que, desta forma, mantenham-se em condições normais de funcionamento.

Relacionando às manutenções que devem ocorrer, procedimentos como ensaios periódicos (resistência de contato e isolamento), limpeza, testes operacionais de comando, inspeção geral dos componentes como as molas, travas, bobinas, engrenagens e dos indicadores de posição, devem ser levados em consideração. Idealmente, a resistência desses elementos quando estão com os contatos fechados tende a zero, enquanto que em sua abertura tende ao infinito: Logo, por lei de Ohm, se a resistência é infinita a corrente é nula.

Todavia, como informado, os dispositivos não funcionam de modo ideal e a instabilidade pode gerar o arco-elétrico, isto é, quando a instabilidade das medidas elétricas acaba vencendo a rigidez dielétrica do ar, principalmente durante manobra de abertura/fechamento de circuitos com alta tensão, o que forma o chamado arco elétrico que trata-se de um raio com alta tensão e temperatura, sendo este muito perigoso ao operador e às instalações.

3.3.6.1.3 Para-Raios

Não apenas fatores internos, como um curto-circuito (surto de corrente) ou uma operação de chaveamento (surto de tensão) podem oferecer perturbações indesejadas num sistema elétrico. Fatores externos, como descargas atmosféricas (surto de tensão), correspondem a causa de muitos dos danos aos equipamentos do sistema elétrico de potência e aos aparelhos eletroeletrônicos alimentados por ele.

Para que surtos de tensão, seja de origem interna ou de origem externa, tenham seus efeitos reduzidos, um dos equipamentos eficazes mais populares é o para-raios. Os para-raios são dispositivos de proteção contra surtos de tensão em linhas e subestações, utilizado para garantir a integridade dos demais componentes do ativo elétrico, em caso de descargas atmosféricas (26).

Logo, a manutenção adequada desse dispositivo de proteção é imprescindível, constituindo principalmente na medição de isolamento – que se deteriora com o tempo – entre a fase e a terra bem como a medição da resistividade do solo. A corrente de fuga que possa ser vista entre fase e terra do instrumento pode acusar necessidade de substituição (26).

3.3.6.1.4 Transformadores de Corrente (TC) e de Potencial (TP)

Equipamentos elétricos destinados a medição de tensão/corrente e outras grandezas elétricas não são desenvolvidos para suportar, por exemplo, uma tensão de 69kV em seus terminais. Por isso, antes que a grandeza elétrica que se deseja mensurar seja aferida, há uma transformação visando reduzir aquela grandeza a valores aceitáveis. Segundo a ABNT:

“transformador que alimenta instrumentos de medição, dispositivos de controle ou dispositivos de proteção”.

O TP é um equipamento usado principalmente em sistemas de medição, controle e proteção que reduz a tensão do circuito em seu secundário para níveis compatíveis com a máxima suportável pelos instrumentos de medição e proteção. O TC, também utilizado com as mesmas finalidades dos TPs, reduz as correntes que circulam no enrolamento primário para níveis compatíveis com os equipamentos que serão ligados em seu secundário (26).

O mau funcionamento desses equipamentos, além de causar danos aos instrumentos de medição, dispositivos de controle ou dispositivos de proteção citados na ABNT, também podem oferecer riscos à segurança e produtividade, uma vez que qualquer falha não será detectada pela proteção e a situação elétrica da planta não estará adequadamente monitorada.

O isolamento para esses equipamentos pode ser à seco ou com óleo e o mais comumente utilizado nas subestações são os com isolamento à óleo. Sendo assim, analisando-se a capacidade de alteração das características do isolamento, a umidade que pode penetrar no interior é um dos grandes fatores a serem observados visto que esta prejudica a eficácia do isolamento não só do óleo, mas também dos outros componentes isolantes da máquina.

No que tange a manutenção destes equipamentos, aspectos como relação de transformação, permeabilidade magnética do núcleo, limpeza, identificação de pontos de aquecimento, identificação de pontos com mau contato, testes de resistência de isolamento e a substituição do óleo isolante quando necessário, são essenciais para manter o bom funcionamento e prolongar a vida útil do equipamento.

3.3.6.1.5 Transformador de Potência

Assim como os transformadores de instrumentos, tratados anteriormente, possui um lado de baixa e um lado de alta, permitindo que valores adequados de tensão cheguem aos seus pontos finais de consumo. Além da resistência de isolamento das bobinas, outro fator também deve ser verificado nesses instrumentos: A relação de transformação. Se, por exemplo, tem-se 13,8kV sendo entregues pela concessionária de energia, mas os motores trabalham com 440V, a relação de transformação deve ser aproximadamente 31,4. Valores discrepantes de relação de transformação oferecem potenciais riscos aos instrumentos consumidores e a produtividade.

3.3.7 Centro de Controle de Motores - CCM

O CCM é um sistema composto por painéis os quais são projetados e formados por equipamentos que são responsáveis pela proteção, controle de manobras, controle de carga e também da operação dos circuitos alimentadores dos motores elétricos ali instalados. "O CCM é composto por um conjunto de cubículos, onde cada cubículo contém dispositivos de seccionamento associados com controle, medição, proteção e equipamentos de regulação. É utilizado para o controle das cargas elétricas, na maioria dos casos para a partida e parada dos motores elétricos." (27).

Sendo assim, no âmbito industrial, o CCM permite que os motores que compõem aquele sistema possam ser monitorados e protegidos de irregularidades como sobrecargas, sobretensões, desbalanceamento de tensão e/ou corrente, dentre outros fatores que, caso não controlados corretamente, podem vir a prejudicar tanto a vida útil do equipamento quanto toda a produção do local.

Em um CCM podemos encontrar diversos dispositivos, dentre eles:

- Chave Seccionadora: pode servir como meio de desconexão do sistema tendo a capacidade de interromper a corrente de rotor bloqueado do motor.
- Fusíveis e Disjuntores: utilizados como dispositivos de proteção contra curto circuito.
- Relés Térmicos, Relés Eletrônicos que sejam sensíveis à corrente do motor, Relé de Proteção: dispositivos amplamente utilizados para proteção contra sobrecarga bem como para detecção de arco voltaico.
- Soft Starter: dispositivos de controle que são capazes de parar e partir a máquina.
- Contatores: utilizado, também, no controle de correntes intensas.
- Inversor de Frequência: controla precisamente o torque e velocidade do motor bem como oferece um melhor aproveitamento de energia e segurança.

3.3.8 Aterramento

O sistema de aterramento dos poços da PetroRecôncavo é de suma importância no que tange a segurança operacional da estação uma vez que o dado sistema tem como objetivo prevenir fugas de correntes, colocando os equipamentos em um mesmo referencial, visto que os poços contam com diversos equipamentos elétricos.

O sistema é composto, basicamente, por três componentes: As conexões elétricas que ligam um ponto do sistema aos eletrodos; eletrodos de aterramento (qualquer corpo metálico colocado no solo) e o terra que envolve os eletrodos.

A montante do sistema tem-se uma malha de aterramento que é ligada a todo equipamento elétrico, assim como em suas infraestruturas (perfilados, eletrocalhas e eletrodutos) e direcionada para as hastes no solo, que são as responsáveis por “conectar” a terra ao sistema previamente interligado.

O dimensionamento desse sistema é de suma importância para garantir a integridade dos equipamentos, pois se a possível corrente de fuga não for escoada da forma correta, os mesmos podem apresentar futuros defeitos. Para o dimensionamento da cablagem, a especificação da corrente de cada componente deve ser levada em consideração, já para dimensionar os eletrodos fatores do solo como tipo, umidade, sais minerais e temperatura são preponderantes.

A manutenção desses sistemas se dá de forma preventiva, através de medições da malha de aterramento com o terrômetro, feitas de forma periódica nas caixas de inspeção do sistema já existente, garantindo que o mesmo ainda apresenta disponibilidade para realizar sua função requerida caso haja uma fuga de corrente.

3.3.9 Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA)

Uma vez que a PetroRecôncavo conta com instalações que ficam em área rural e em espaços abertos, o sistema de SPDA se caracteriza como um sistema de proteção essencial para o funcionamento das estações. Composto por captores e uma malha de descida ligada no sistema de aterramento citado anteriormente, o dado sistema é responsável por garantir o escoamento adequado de energias provenientes de intempéries naturais como raios, por exemplo.

Visto que a manutenção desses sistemas na petroquímica é terceirizada, ao invés de criar um plano de manutenção, analisou-se os relatórios anteriores da subcontratada a fim de verificar a conformidade perante a norma e também explicitar os requisitos mínimos para que a contratada possa posteriormente aferir a qualidade dos relatórios.

3.3.10 Painel de Luz e Tomada

Os diversos quadros elétricos de iluminação e tomada espalhados pela planta são equipamentos que também precisam de um cuidado especial pois, mesmo não alimentando grandes cargas que são inerentes ao processo industrial, são responsáveis por garantir a continuidade da operação como um todo, garantindo principalmente a iluminação necessária pois muitas das áreas são fechadas e não contam com a iluminação necessária para a realização de atividades.

De acordo com a NBR 5410, deve ser verificada a estrutura dos quadros e painéis, observando-se seu estado geral quanto a fixação, integridade mecânica, pintura, corrosão, fechaduras e dobradiças, além de verificar o estado geral dos condutores e cordoalhas de aterramento (28).

Existem também elementos em um quadro elétrico que são responsáveis por garantir a sinalização e a automatização dos mesmos, tais como telerruptores, contatos auxiliares e sinalizadores luminosos que ficam na tampa do painel. Periodicamente esses itens também devem ser inspecionados e testados para garantir o bom funcionamento do acionamento remoto da iluminação, por exemplo.

4 RESULTADOS

Para a elaboração dos novos checklists revisados e otimizados, considerou-se os fatores importantes de manutenção para cada equipamento bem como, foram considerados os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) necessários e as ferramentas e/ou materiais relevantes àquela atividade. Além destes checklists, foram também confeccionadas as Lições de Um Ponto (LUPs) onde foram explanados os procedimentos necessários para uma(s) atividade(s) específica(s) daquele equipamento, através de imagens e textos esclarecedores. Visto isso, nesta seção explicaremos os pontos que foram considerados e adotados para produção dos entregáveis do projeto.

4.1 BATERIAS

Com relação às baterias a vida útil é o principal ponto a ser avaliado, devendo ser realizado os procedimentos indicados na ordem padrão a cada semestre devido ao fato da inserção do equipamento em um sistema crítico, de segurança.

Com as instruções de fabricante a elaboração da ordem padrão residia, além da preocupação com a segurança, nas recomendações gerais para manutenção em um equipamento, o qual seria basicamente uma caixa selada com bornes (conectores metálicos) entregando potência para partida de um motor a combustão a partir de um referencial de tensão e corrente nominais.

3.1.1. Ordem Padrão de Manutenção Preventiva

Assim, a primeira atividade a ser realizada, conforme o checklist de manutenção preventiva de baterias desenvolvido, é a inspeção visual direta, não sendo necessário a utilização de equipamentos auxiliares como lupas. Entretanto, este procedimento requer uma

boa visão, boa iluminação e experiência no reconhecimento dos defeitos, dentre os quais estão: a existência de rachaduras, pois baterias possuem eletrólito líquido em seu interior; a não fixação da bateria na base metálica, pois as baterias seladas, como expostas, tem uso estacionário e sua movimentação pode diminuir a vida útil, gerando rachaduras e podendo vaziar o eletrólito, além de sinais de vazamento do eletrólito, mesmo a caixa não apresentando defeito, e a má integridade dos bornes.

O segundo procedimento a ser realizado seria a limpeza utilizando uma escova para limpeza dos bornes (Figura 14) ou um pincel de cerdas duras, este procedimento é importante para remover a oxidação, caso a bateria apresente. O processo corrosivo é um processo contínuo, quanto mais tempo passa maior a área e a intensidade da corrosão, lembrando que a primeira etapa é a corrosão/desgaste do metal, seguido pela ferrugem, isto é, o borne estará danificado, não conduzindo da forma que deveria, podendo criar pontos de superaquecimento ou até mesmo impedindo a passagem da corrente elétrica, a depender do estágio do processo corrosivo.

Figura 14 - Bornes da Bateria.

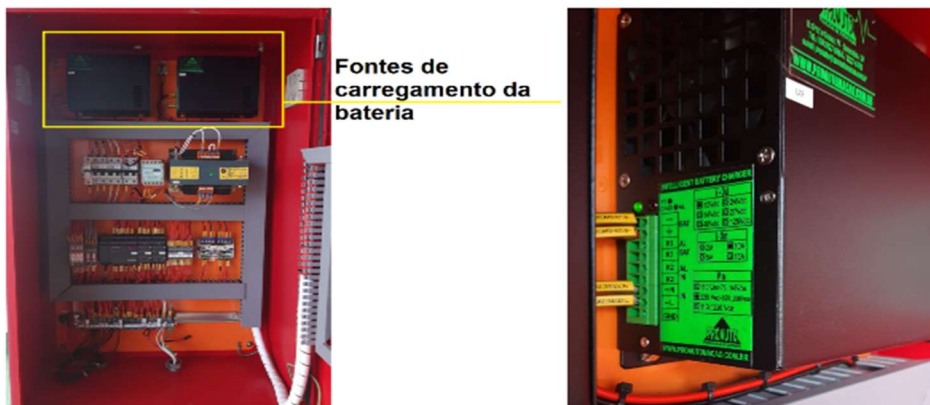


Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

O próximo procedimento é a medição da tensão utilizando-se um alicate multímetro. Este teste irá indicar se a bateria está carregada e se o sistema de carga da bateria está funcionando perfeitamente, isto é, se a bateria está “segurando carga”. O valor de referência de tensão indicado, superior ou igual a 12.4 V, foi especificado de acordo com as informações do manual de baterias automotivas seladas de 2019, da fabricante Moura, uma fabricante referência no Brasil (19).

Em seguida, indica-se a inspeção do painel de controle (Figura 15) para avaliar as condições das fontes CA/CC, as quais são responsáveis por realizar o carregamento automático das baterias. Quando o eletrólito reduz muito sua carga, reordená-las torna-se impossível, o que leva a inutilização da bateria.

Figura 15 - Painel de Controle.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Nesta parte do sistema solicita-se a realização do teste de termografia utilizando-se uma câmera termográfica. Esta avaliação permitirá identificar se o painel apresenta sobrecarga, um curto-circuito ou se o cooler para resfriamento está danificado. Para isto, no LUP, é disponibilizado o Quadro 5 que apresenta temperaturas de referência para alguns componentes elétricos, a qual está de acordo com a norma IEC-60947-2, para auxiliar na análise da termografia (29).

Quadro 5 - Máxima Temperatura Admissível

Componente elétrico	MTA (°C)
Condutor encapado (isolação de cloreto de polivinila (PVC))	70
Condutor encapado (isolação de Borracha Etileno Propileno (EPR))	90
Condutor encapado (isolação de Polietileno Reticulado (XLPE))	90
Régua de bornes	70
Conexões mediante parafusos de aperto	70
Conexões e barramentos de baixa tensão	90
Conexões recobertas com prata ou níquel (contatores)	90

Fonte: IEC-60947-2, 2013.

4.2 MOTORES ELÉTRICOS

Geralmente, o motor é controlado por um painel logo, estabeleceu-se que para um motor a inspeção seria realizada semestralmente, garantindo o recomendável na ABNT NBR 15763 - Ensaio não destrutivo - Termografia - Critérios de Definição de Periodicidade de Inspeção em Sistemas Elétricos de Potência, referente a periodicidade de termografia em painéis de baixa tensão (15).

4.2.1 Ordem Padrão de Inspeção Preditiva

Primeiramente, deve-se realizar o procedimento de termografia, após a realização deste, deve-se analisar a temperatura encontrada nos componentes e compará-la com o respectivo limite térmico o qual o objeto pode estar submetido. Para isso, recorreu-se a Norma IEC-60947-2 - Dispositivo de Manobra e Comando de Baixa Tensão (29):

Uma imagem de realização de termografia em painel pode ser encontrada na Figura 16:

Figura 16 - Procedimento de Termografia em Painel de Motores Elétricos.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Embora a análise de temperatura compreenda um importante item de manutenção, limpeza e organização do painel também são necessários, devendo ser realizado com pincéis e panos secos, como mostra a Figura 17:

Figura 17 - Limpeza do Painel Elétrico.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Tirando as verificações e manutenções do painel como um todo, cada parte do painel é importante e necessita ser revisitado, sendo:

- Medição da tensão de operação;
- Medição da corrente de operação;
- Medir a tensão de saída para o comando;
- Inspeccionar e ajustar o relé térmico para a operação do motor;

Realizada a termografia do painel, a termografia do conjunto motor-bomba também é extremamente necessária. Sendo realizada como disposto na Figura 18, com o Quadro 6 indicando os limites (30).

Figura 18 - Termografia do Conjunto Motor-Bomba.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Quadro 6 - Máximas Temperaturas Admissíveis em Motores WEG

Componente	Classe de Isolamento	Temperatura máxima de operação (°C)	
		Alarme	Desligamento
Enrolamento	B	-	130
	F	130	155
	H	155	180
Mancal	Todas	110	120

Fonte: Manual Geral de Instalação, Operação e Manutenção de Motores Elétricos WEG, 2011

Como muitos motores estão diretamente em processos com fluidos, é interessante realizar a identificação de ruídos, vazamentos no conjunto (motor-bomba) e o funcionamento da ventoinha. O motor de combate a incêndio representado na Figura 19, por exemplo, possui um vazamento de água que não deveria apresentar.

Figura 19 - Motor de Combate a Incêndio Apresentando Vazamento de Água.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

A Figura 19, anteriormente apresentada, representa uma situação de risco tanto para os operadores quanto para o sistema do local, visto que o equipamento poderia apresentar um curto circuito em relação ao cabo de alimentação. Sendo assim, seria necessária a isolação do conjunto motor-cabo de alimentação. A tensão aplicada através do Megôhmetro, no momento da medição da isolação consta no Quadro 7 retirado da Norma NBR 17094-3 (10).

Quadro 7 - Tensão Aplicada ao Motor no Ensaio de Isolação.

Tensão nominal do motor V	Tensão contínua para realização do ensaio V
< 1 000	500
1 000 – 2 500	500 – 1 000
2 501 – 5 000	1 000 – 2 500

Fonte: NBR 17094-3, 2018.

O Quadro 8, retirado da norma NBR 17094-3, determina que os motores de corrente alternada inferiores a 1kV não devem ter resistência de isolamento menor que 5 MΩ. Para motores de corrente alternada acima de 1kV, deve-se adotar o seguinte limite: $R_m = kV + 1$, no caso da tensão de alimentação de 440V, o limite para a resistência mínima seria de 1,44 MΩ, em uma temperatura de 40°C.

Quadro 8 - Resistência Mínima de Enrolamento de Motor.

Resistência de isolamento mínima recomendada MΩ	Tipo de enrolamento
$R_m = kV + 1$	Motores bobinados até 1970, bobinas de campo e outras não descritas a seguir
$R_m = 100$	Enrolamento de armadura em motores c.c. e enrolamentos c.a. fabricados após 1970 (bobina pré-formada)
$R_m = 5$	Enrolamentos randômicos e bobinas pré-formadas com tensão inferior a 1 kV
Legenda	
R_m é a resistência mínima recomendada, expressa em megaohms (MΩ), com o enrolamento do motor a 40 °C;	
kV é a tensão de linha nominal do motor, em quilovolts (kV) (eficaz).	

Fonte: NBR 17094-3, 2018.

Como o motor é trifásico, além do motor, a isolamento entre bobinas também é requerida. Por fim, com um multímetro, pode-se atestar a qualidade do aterramento do motor: com auxílio de um multímetro, um dos conectores será posicionado na carcaça do motor, de preferência em um local onde não haja tinta, o outro no cabo de aterramento. Feito isso, deve-se verificar se há queda de tensão, como exposto na Figura 20:

Figura 20 - Multímetro como Instrumento para Atestar o Aterramento de Motor.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Figura 21 - Parte sem Tinta da Carcaça de um Motor



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Também é interessante retirar o pó acumulado nos motores, isto é, realizar uma limpeza, verificando a caixa de junção, os componentes que estão compondo o motor, verificando pontos como demonstrado na Figura 21, aproveitando, assim, o momento da inspeção para atestar de forma completa suas condições

Dispostas estas informações sobre os motores elétricos, pode-se chegar aos checklists e LUP para este equipamento de forma a serem aplicados nos procedimentos de manutenção da PetroRecôncavo.

4.3 COLETA DE ÓLEO ISOLANTE DE TRANSFORMADORES

Foi elaborado um checklist somente para esta rotina de inspeção preditiva, devido à criticidade dos resultados da análise e como estes estão facilmente sujeitos à interferência de um procedimento de coleta inadequado.

4.3.1 Os Pontos para uma Coleta Adequada

Para que a coleta do óleo seja feita de maneira eficaz, o operador deve tomar cuidado para que não haja contaminação do frasco com água, portanto, ele deve estar com as mãos limpas e secas e não deve abrir os frascos ou mover o êmbolo da seringa até o momento da coleta. (31)

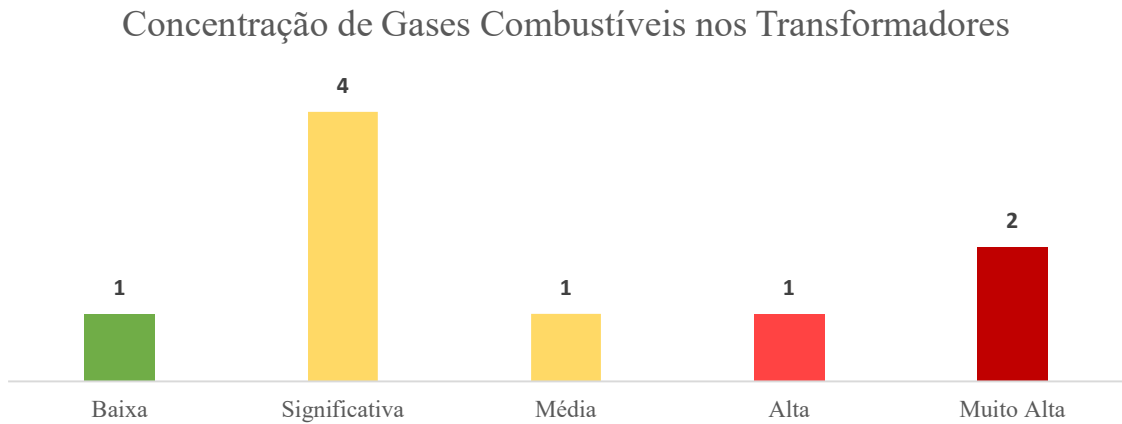
Deve-se ter um cuidado especial para que não haja formação de bolhas no óleo que vai para a análise, evitando a contaminação por gases externos. Logo, o óleo deve ser transferido lentamente, com auxílio de mangueiras ao frasco ou seringa. (31)

3.3.2. Resultados dos Ensaio do Cliente

Dentre todos os relatórios de análises cromatográficas disponibilizados pelo cliente referentes aos períodos do ano de 2018 ao primeiro semestre de 2019, foi constatado que a maioria dos transformadores estão com níveis iguais ou acima do que é considerado significativo. Isto indica uma possível sobrecarga destes transformadores. Se isto não for tratado, futuramente será observado o efeito corona nestes equipamentos, podendo causar ruptura elétrica no isolador e danos irreversíveis.

Apesar do resultado das análises cromatográficas apresentados (Figura 22) não serem ideais, as análises físico-químicas do cliente mostraram que não há nenhum transformador cujo óleo isolante esteja fora dos limites estabelecidos em norma.

Figura 22 - Quantitativo da Concentração de Gases Combustíveis em Óleo Isolante dos Transformadores



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Os normativos apontam que não é recomendado emitir um parecer conclusivo do estado operacional de um equipamento com base apenas em uma única amostra, pois a prática revela vários casos de erros do tipo e deficiência no processo de coleta da amostra de óleo, por exemplo, falta de limpeza do ponto de amostragem, com geração elevada de hidrogênio (com diagnóstico representativo apenas para o óleo retido no ponto de amostragem), retirada da amostra do próprio comutador e não do tanque principal do equipamento associado, portanto, este checklist possui importância econômica para a empresa, vez que coletas bem feitas estarão menos sujeitas a erros na análise, e conseqüentemente, serão necessárias menos amostras (22).

4.4 INVERSORES DE FREQUÊNCIA

Como referência de modelo para o desenvolvimento das ordens utilizou-se o inversor de frequência CFW-09, por ser vastamente utilizado na planta em questão, fabricado no Brasil pela WEG AUTOMAÇÃO S/A.

4.4.1 Ordem Padrão de Inspeção Preditiva

Na elaboração da ordem padrão de inspeção preditiva, os tópicos que a serem executados não necessitam da parada do equipamento. Tais tópicos contemplam a verificação da alimentação do sistema através da medição com alicate amperímetro (Figura 23) de

grandezas como a tensão e corrente de entrada, com o objetivo principal de analisar a potência do dispositivo.

Além disso, contempla a realização do procedimento de termografia para análise da temperatura a fim de garantir a proteção dos componentes eletrônicos onde, temperaturas acima de 40 °C, parâmetro estabelecido na maioria dos manuais de inversores, poderá resultar em um comportamento inadequado do drive, pois, como exposto anteriormente, estruturalmente, as partes do inversor não são projetadas para suportar altas temperaturas.

Figura 23 - Representação dos Equipamentos Utilizados em Inspeções de Inversores.



Câmera Termográfica

Alicate Amperímetro

Fonte: Fluke/Minipa, 2015.

Por fim, como parte de uma inspeção preditiva deste equipamento, salienta-se a importância de efetuar uma inspeção visual de forma a garantir que fatores como a sinalização de segurança está presente e em bom estado visando a segurança dos operadores, verificação das fiações, base de apoio, chaparia e pintura do inversor, bem como o aterramento.

4.4.2 Ordem Padrão de Manutenção Preventiva

A ordem padrão de manutenção preventiva apresenta procedimentos que devem ser realizados com o dispositivo desenergizado aplicando, antes de iniciá-los, as medidas de bloqueio e etiquetagem (BET) de acordo com a NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade e a NR 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos, as quais determinam que as instalações elétricas são consideradas desenergizadas somente quando realizados os procedimentos de seccionamento; impedimento de reenergização; constatação de ausência de tensão e a instalação da sinalização de impedimento de reenergização (32), (33).

Esta ordem contempla, principalmente, a limpeza das principais partes do inversor devido a exposição deste a poeira e sujeiras as quais podem acarretar em problemas de aquecimento, visto que a poeira se concentra no circuito eletrônico e no sistema de ventilação comprometendo, desta forma, a segurança da operação, pois o equipamento pode ter seu funcionamento interrompido e/ou ser danificado quando submetido a superaquecimento.

Outra condição a ser considerada é o reaperto, caso necessário, de contatos, barramentos, sistema de ventilação, aterramento, bornes, dentre outros terminais e conexões, pois tais fixações podem afrouxar com o tempo causando, assim, uma menor área de contato, e, conseqüentemente, pontos quentes derivados do superaquecimento que podem vir a ocasionar curtos ou danificar partes do painel sensível ao calor.

Para auxiliar no procedimento de limpeza do inversor foi desenvolvido um LUP o qual segue as recomendações do fabricante para limpeza do painel do inversor. As imagens presentes nesta documentação foram retiradas em campo, assim como as instruções indicadas, as quais são baseadas nos procedimentos adotados pelos colaboradores da empresa Brasfit, onde foi realizado o acompanhamento da limpeza de um dos dispositivos.

Assim, nesta documentação são apresentados o passo-a-passo para realização da limpeza do inversor indicando os procedimentos preliminares, como a aplicação BET através do acionamento da alavanca de bloqueio (Figura 24), bloqueio com cadeado e seccionamento da alimentação.

Figura 24 - Alavanca de Bloqueio.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Os principais componentes da parte dianteira do inversor nos quais serão realizados os procedimentos de limpeza estão identificados na Figura 25.

Figura 25 - Principais Componentes da Parte Dianteira do Inversor de Frequência.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Para retirada da poeira são utilizados, como determinado na ordem padrão de manutenção preventiva, um pincel antiestático e um soprador de ar comprimido ou um aspirador de pó, representados respectivamente na Figura 26.

Figura 26 – Instrumentos para Retirada da Poeira.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Também são apresentados o passo-a-passo para limpeza do sistema de ventilação o qual fica na parte traseira do inversor de frequência, conforme Figura 27.

Figura 27 - Procedimento de Retirada do Ventilador.



Fonte: Manual WEG – CFW11, 2016.

4.5 RELÉ DE TELEMETRIA

A ordem padrão de manutenção preventiva e o LUP para inspeção da discadora apresentam procedimentos com base em informações obtidas no manual do equipamento COMAT RELECO: Instruções de Operação e contato com a fabricante COMAT Releco e a Brisacell.

4.5.1 Ordem Padrão de Inspeção Preditiva

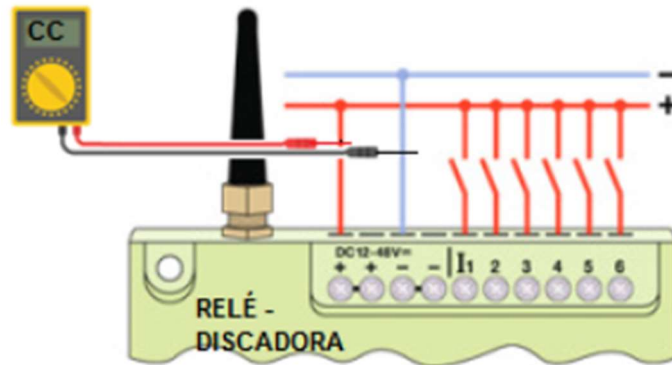
Visto que o relé de telemetria é um equipamento altamente automatizado onde ocorrem medições e dados são coletados a todo momento remotamente, uma ordem padrão de inspeção preditiva não se faz necessária já que este, em todo caso, realiza esse processo.

4.5.2 Ordem Padrão de Manutenção Preventiva

Primeiramente, é recomendado avisar à equipe de operação sobre o teste de comunicação da discadora visto que, ao realizar estes testes, outro operador pode interpretar a simulação como uma situação real de perda de sinal (25).

Os procedimentos de manutenção preventiva neste equipamento envolvem uma etapa de medições onde deve-se realizar a medição da tensão de saída da fonte (CA/CC) que alimenta uma bateria de 12V e, da alimentação da discadora visando garantir a correta alimentação deste dispositivo, de acordo com a Figura 28. Também, solicita-se a medição do valor da resistência de aterramento do painel elétrico para garantir que, na ocorrência de surtos/curtos, o equipamento e os operadores estejam protegidos.

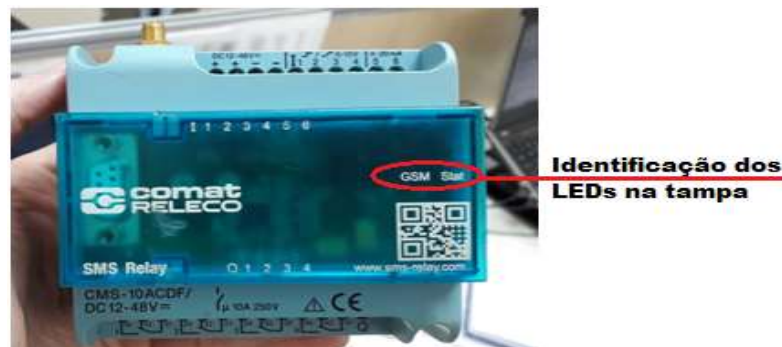
Figura 28 - Medição da Alimentação da Discadora



Fonte: Comat SMS Relay: Instruções de operação, 2019.

Além dos procedimentos de medições solicita-se a inspeção visual das discadoras com o intuito de: Identificar o estado do dispositivo antifurto, o qual é necessário pois, os poços são distribuídos em várias localidades, sem monitoramento humano em tempo integral, propiciando a ocorrência de furtos; Atestar a inexistência de rachaduras no invólucro plástico, que pode expor a parte eletrônica, a qual é sensível a intempéries como umidade e poeira - suscetibilidade a ocasionar curtos-circuitos; pontos de corrosão; Inspeccionar a integridade do cabo da antena e sua estrutura, se existem avarias, crostas ou qualquer outro tipo de anomalia que possa prejudicar o envio/recebimento de sinais GSM.

Figura 29 - Identificação dos LEDs na Discadora.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Os LEDs de status (Figura 29) atestam o funcionamento da comunicação do equipamento onde as informações no Quadro 8 indicam a condição de funcionamento da discadora de acordo com o estado dos LEDs portanto, o mau funcionamento deste será identificado no processo de manutenção. Também podem ser consideradas inspeções remotas, através de

comandos de SMS padrão e alteráveis, de acordo com as instruções do manual Comat SMS Relay: Instruções de operação, para realizar o teste de sinal da discadora.

Quadro 9 - Estados do LED GSM

Estados do LED GSM	
Piscando regularmente (a cada segundo)	Modulo não está registrado na rede GSM
Piscando pausado (a cada 3 segundos)	Modulo está pronto e preparado para comunicação de dados.
Piscando irregularmente	Transmitindo dados (SMS)

Estados do LED STATUS	
Led apagado	Dispositivo não está funcionando
Piscando intermitente (irregular)	Dispositivo iniciando
Piscando pausado (a cada 3 seg.) 1x	Dispositivo funcionando perfeitamente
Piscando pausado (a cada 3 seg.) 2x	Sem crédito no chip
Piscando pausado (a cada 3 seg.) 3x	Relógio não está ajustado
Piscando regularmente (todo segundo) 1x	Módulo em estado inicial, não configurado
Piscando regularmente (todo segundo) 2x	Erro de configuração/SIM bloqueado
Piscando regularmente (todo segundo) 3x	Erro de comunicação

Fonte: Comat SMS Relay: Instruções de operação, 2019.

O checklist prevê a troca de antena da discadora, caso a mesma esteja danificada ou incapaz de obter o sinal, sendo substituída por uma antena escama de peixe, de alta diretividade e, a substituição do cartão SIM (Figura 30) caso necessário.

Figura 30 - Abertura do Relé para Inspeção do Cartão SIM



Discadora com tampa

Discadora sem tampa

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

O LUP elaborado apresenta os procedimentos de verificação para atestar a condição de funcionamento do equipamento e limpeza dos componentes auxiliares, como as antenas externas e a estrutura de fixação, com maiores detalhes.

A Figura 31 representa os possíveis dados que podem aparecer no decorrer do teste via software, já o Quadro 10 apresenta o possível erro que ocorreu de acordo com o código de erro (apresentado na Figura 31) caso seja detectada alguma falha no funcionamento da discadora.

Figura 31: Tela de Diagnóstico do Software da COMAT



Fonte: Comat SMS Relay: Instruções de operação, 2019.

Quadro 10 - Códigos de Erro.

Código Erro	Significado	Razão	Solução
1	Sem crédito	Cartão pré-pago vazio	Carregar chip
2	Tempo não ajustado	Tempo não ajustado	Configurar hora
3	Configuração não encontrada.	Configuração não carregada.	Carregar arquivo
4	Erro de configuração	Arquivo incompleto	Repita o carregamento do arquivo
5	Erro de comunicação	Conexão do relé ao PC foi interrompida por um breve momento durante a transferência de dados. A função do SMS Relay, contudo, permanece funcionando completamente. O LED de status pisca 2 x por segundo	Repita o carregamento do arquivo
1001	Cartão SIM bloqueado.	Código PIN inserido errado 3 vezes	Cartão SIM deve ser inserido em um celular -> para limpar o código PUK -> inserir novamente no SMS Relay
1002	Sem cartão.	Cartão não inserido ou posição incorreta, ou superfície contaminada	Inserir corretamente o cartão, ou limpar.

Fonte: Comat SMS Relay: Instruções de operação, 2019.

4.6 SUBESTAÇÃO

Para o projeto em questão, com relação aos documentos da subestação da PetroRecôncavo, assim como do Centro de Controle de Motores (CCM), julgou-se mais

enriquecedor contribuir com informações normativas, juntamente à engenheira responsável no momento, acompanhando sempre o processo de elaboração e fazendo questionamentos, ou mesmo dando sugestões, visto que, são sistemas que possuem riscos mais eminentes exigindo uma maior experiência dos elaboradores.

No caso de subestações, na planta industrial do local há duas: uma localizada em Mata de São João, operando com tensões até 13,8kV e uma na região conhecida como área sul de operação, em Cassarangongo, operando com tensões até 69kV. Explicita-se então, a diferença em elaborar uma ordem padrão para um procedimento de manutenção para equipamentos como motores, cuja tensão máxima de operação encontrada foram 440V, com configurações pouco variantes de um modelo para outro e extensos manuais de fabricante de um sistema elétrico como subestação, cuja configuração pode ser considerada sempre passando por alterações e a compreensão está ligada a expertise.

Se tratando de subestações consumidoras, são sistemas elétricos de média (13,8kV) e alta (69kV) tensões, com uma série de equipamentos utilizados para fornecer a energia elétrica necessária ao funcionamento da planta, além de equipamentos destinados ao monitoramento da energia que está sendo recebida da concessionária ou grupo gerador, para o local onde será consumida. Ou seja, na subestação, há todas as interligações necessárias para que uma determinada região consumidora mantenha sua operação, dispensando exaustivas argumentações referentes à importância de padronização da manutenção e busca por altíssimo nível de disponibilidade e confiabilidade – pois os primeiros parágrafos já aludiram a questão da segurança operacional, que é o ponto de maior eminência, que também pode ser estendido igualmente para o CCM.

4.6.1 Ordem Padrão de Inspeção Preditiva

Para ordem de padrão de inspeção preditiva da subestação considerou-se os procedimentos com os equipamentos em operação. Ações como a inspeção do estado geral de conservação dos maquinários, verificação da existência de vazamentos de líquido isolante e de ponto de aterramento e também a medição da resistência de aterramento foram contempladas neste documento. Os materiais utilizados para tais práticas foram o multímetro e o alicate terrômetro (utilizado para medição da resistência de aterramento).

Para os limites de temperatura de conexões, barramentos e contatos, analisa-se o Quadro 10:

Quadro 11 - Limites de Conexões, Barramentos e Contatos.

Natureza da parte do equipamento (ver notas a, b e c)		Temperatura (°C)
Contatos (ver nota d)	Cobre nu ou liga de cobre nu	75
	Prateados ou niquelados (ver nota f)	105
	Estanhados (ver nota f)	90
Conexões aparafusadas ou equivalentes (ver nota e)	Cobre nu, liga de cobre nu ou liga de alumínio nu	90
	Prateadas ou niqueladas	115
	Estanhadas	105
Outros contatos ou conexões feitas de metais nus ou revestidos de outros materiais		Ver nota g
Terminais para conexão a condutores externos através de parafusos (ver nota h)	Nus	90
	Prateados, niquelados ou estanhados	105
	Outros revestimentos	Ver nota g
Partes metálicas atuando como molas		Ver nota i
Materiais usados como isolamento e partes metálicas em contato com isolamento das seguintes classes (ver nota j)	Y	90
	A	105
	E	120
	B	130
	F	155
	Esmalte: à base de óleo	100
	Esmalte: Sintético	120
	H	180
	C	Ver nota k
Partes acessíveis	Com possibilidade de toque em operação normal	70
	Sem necessidade de toque em operação normal	80

Fonte: ~~OBJ:OBJ:OBJ~~ NBR IEC 60694, 2006.

Outro importante método de inspeção levado em conta foi a realização da termografia dos equipamentos. Levando em consideração a NBR 14039:2003 que diz que "a corrente transportada por qualquer condutor, durante períodos prolongados em funcionamento normal, deve ser tal que a temperatura máxima para serviço contínuo dada na Tabela não seja ultrapassada", sendo assim, nos procedimentos de termografia à serem realizados, deve-se levar em consideração os seguintes limites apresentados no Quadro 11.

Quadro 12 - Temperaturas Características dos Condutores

Tipo de isolamento	Temperatura máxima para serviço contínuo (condutor) °C	Temperatura limite de sobrecarga (condutor) °C	Temperatura limite de curto-circuito (condutor) °C
Cloreto de polivinila (PVC)	70	100	160
Polietileno (PE)	70	100	160
Borracha etileno-propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250
Borracha etileno-propileno (EPR 105)	105	140	250

Fonte: NBR 14039, 2003.

No LUP confeccionado, encontram-se tabelas que informam os valores limite de temperatura para equipamentos como transformadores de corrente e de potencial. Nele também foi mostrado os processos de manutenção preventiva em subestações bem como a apresentação dos limites adotados para as resistências de contato e isolamento.

4.6.2 Ordem Padrão de Manutenção Preventiva

Visto que a subestação é um local extremamente crítico, os processos que englobam a ordem padrão de manutenção preventiva são minuciosos e de extrema importância para seu bom funcionamento. Sendo assim, dispostos os maquinários a serem considerados, o desenvolvimento do documento ocorreu de forma que foram examinados fatores relevantes à situação bem como expostos os procedimentos preliminares necessários para tais ações e os equipamentos/materiais necessários.

Para os processos que ocorrerão com o local desenergizado, fora considerado, inicialmente, uma periodicidade de 2 (dois) anos, podendo ser antecipada a depender dos resultados das inspeções preditivas. A realização de atividades como limpeza e reaperto dos barramentos e conexões, medição da resistência de isolamento dos equipamentos e da resistência Ôhmica dos contatos podem ser encontrados no LUP referente a este processo.

Realizadas as medições, é importante a comparação dos valores com os limites assegurados na norma internacional NETA/2015, como apresentado no Quadro 12 e no Quadro 13.

Quadro 13 - Limites Resistência de Isolação para Equipamentos Elétricos - Exceto Transformador.

Tensão nominal do equipamento (KV)	Mínima tensão de teste (DC) em KV	Mínima resistência de isolação recomendada (Megaohms)
0,25	0,5	25
0,6	1	100
1	1	100
2,5	1	500
5	2,5	1500
8	2,5	2500
15	2,5	5000
25	5	10000
34	5	100000
46 ou acima	5	100000

Fonte: NETA, 2015.

Quadro 14 - Limites Resistência de Isolação para Transformadores.

Classificação da bobina do transformador (KV)	Mínima tensão de teste (DC) em KV	Mínima resistência de isolação recomendada (Megaohms)	
		Transformador a óleo	Transformador a seco
0 à 0,6	1	100	500
0,601 à 5	2,5	1000	5000
Maior que 5	5	5000	25000

Fonte: NETA, 2015.

4.7 CENTRO DE CONTROLE DE MOTORES - CCM

As inspeções para este conjunto, representado na Figura 32, englobam itens baseados e em conformidade com as normas vigentes e contemplam atividades como, por exemplo, a inspeção do cabeamento do conjunto, vistoria das conexões e terminais dos circuitos, medição da temperatura do local o qual a instalação está submetida, averiguação de parâmetros como tensão, corrente e frequência do sistema, dentre outros fatores que, funcionando harmonicamente, contribuem para a vida útil dos equipamentos e para a confiabilidade dos processos.

Discorrido sobre o conceito de CCM e englobando os equipamentos que o compõem juntamente com suas respectivas funcionalidades, pode-se perceber que este assemelha-se bastante com os processos e equipamentos que constituem a subestação permitindo, desta

forma, uma interconexão entre as técnicas de um e outro. Visto isso, os checklists e LUPs referentes aos procedimentos à serem realizados em um centro de controle de motores são similares aos que ocorrem na subestação, tendo como exceção os dispositivos/equipamentos que não são comuns aos mesmos.

Uma observação importante a ser levada em conta é a medição da temperatura local: considerando-se uma instalação abrigada, a temperatura do ar ambiente não deve exceder 40°C e sua média sobre um período de 24 horas não deve exceder a 35°C. Já a temperatura mínima é de -5°C. Em instalações outdoor, a temperatura ambiente máxima não deve exceder o mesmo limite que para ambientes indoors. Já a temperatura ambiente mínima neste tipo de instalação é -25°C para clima temperado e -50°C para clima ártico.

Figura 32 - Exemplo de um Centro de Controle de Motores.



Fonte: Vemom - Painéis Elétricos, 2019.

4.8 ATERRAMENTO

Para a confecção da ordem padrão de inspeção preditiva do sistema de aterramento utilizou-se como referência a norma NBR-15749:2009 - Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento assim como, o documento de procedimento de aterramento elétrico em poços de petróleo disponibilizado pela PetroRecôncavo, e informações disponibilizadas pela empresa de consultoria Termo técnica para-raios as quais estão em conformidade com as normas NBR 5410, NBR 5419 e NR 10.

Também, foi realizada uma visita onde foi possível acompanhar a instalação do sistema de aterramento no poço SP-07, procedimento este que foi realizado de acordo com as instruções apresentadas no documento citado.

4.8.1 Ordem padrão de inspeção preditiva

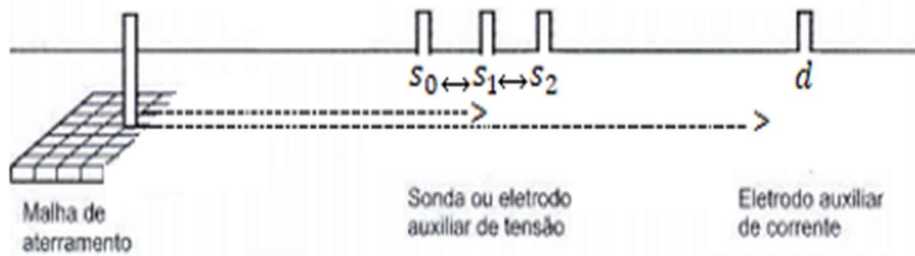
Antes de iniciar os procedimentos de inspeção do sistema de aterramento é importante certificar-se que a condição climática está propícia visto que, estas análises não devem ser realizadas em condições climáticas adversas devido aos riscos da ocorrência de descargas atmosféricas e, posteriormente que o sistema encontra-se desenergizado garantindo, através da medição, a ausência de tensão na gaiola do inversor, no sistema antifurto e em outros equipamentos elétricos de superfície do poço de petróleo. Durante esta análise devem ser realizados registros fotográficos das medições de tensão das carcaças dos equipamentos de superfície dos poços para o ponto de aterramento de modo que sejam registrados e identificados elementos que estejam com aterramento comprometido, como é indicado no documento de procedimento de aterramento elétrico em poços de petróleo da empresa. Também, deve ser realizada a inspeção das partes metálicas dos equipamentos elétricos de superfície do poço de petróleo para verificar o estado dos mesmos.

Com base nas informações presentes na documentação da empresa, identificou-se que há a instalação de etiquetas ou plaquetas de advertência nos pontos de conexão dos condutores de equipotencialização por isso, requisita-se que as etiquetas de advertência sejam vistoriadas.

Posteriormente, deve ser iniciada a inspeção dos conectores e/ou soldas entre os condutores e os eletrodos de aterramento. E, verificar o estado de conservação, a fixação e a distância entre os eletrodos assim como, a identificação do elemento de maior dimensão do sistema de aterramento sob ensaio e o seu tamanho ou distância. Sendo estes dados necessários para realizar a análise da resistência de aterramento conforme os procedimentos

indicados no LUP desenvolvido, onde deve-se determinar as posições dos eletrodos auxiliares de acordo com a Figura 33.

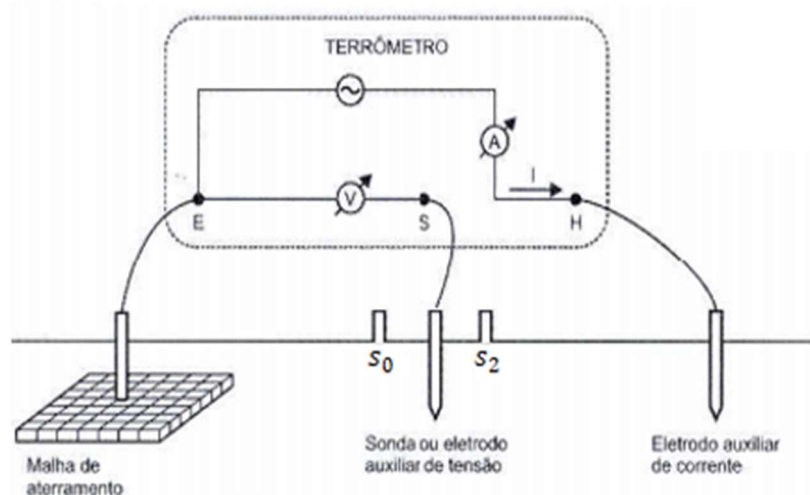
Figura 33 - Posição dos Eletrodos Auxiliares de Potencial e de Corrente do Terrômetro



Fonte: Elaborada pelo autor.

Assim, no LUP que explica os procedimentos para medição da resistência de aterramento, conforme a NBR 15749, é apresentado o método da queda de potencial (Figura 34) no qual é requisitado que a distância do eletrodo auxiliar de corrente do terrômetro (instrumento destinado a medir a resistência de terra) para a haste do sistema de aterramento, denominada como “ d ” no LUP, deve ser de no mínimo igual a três vezes a maior dimensão do sistema de aterramento sob ensaio podendo esta medida ser o tamanho da haste, por exemplo (34).

Figura 34 - Método da Queda de Potencial.

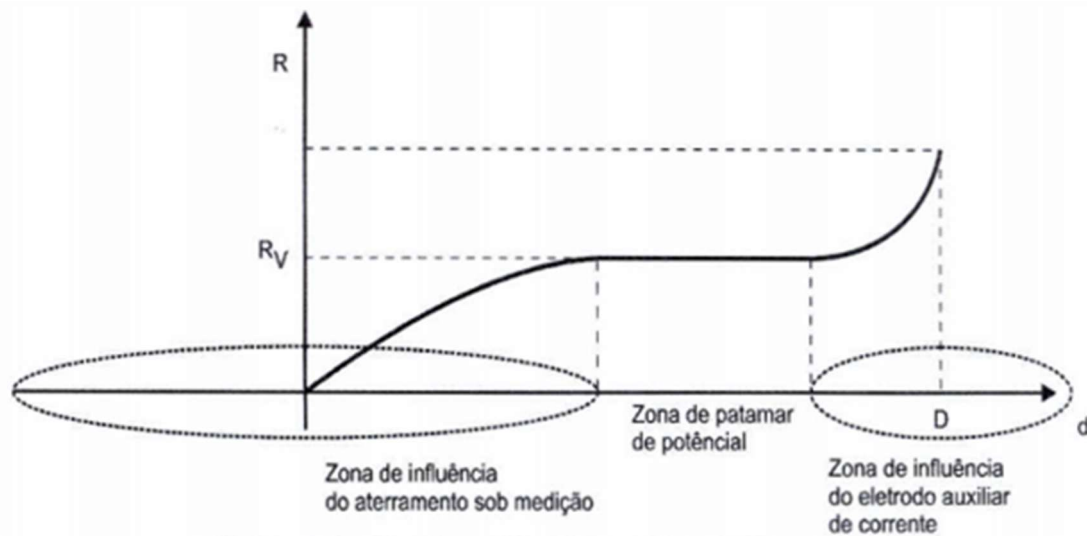


Fonte: NBR 15749, 2009.

Também indica-se que a distância do eletrodo auxiliar de potencial do terrômetro para a haste do sistema de aterramento, denominada S1 no LUP, deve ser cerca de 62% da

distância do eletrodo auxiliar de corrente e , devem ser realizadas mais duas medições deslocando a posição do eletrodo de potencial a uma distância de 5% da distância d para a direita e para a esquerda da distância inicial $S1$. Isto deve ser realizado para garantir que as medições estão sendo executadas sem sobreposição das áreas de influência do sistema de aterramento sob ensaio e o eletrodo de corrente, o equivalente a zona de patamar indicada na Figura 35 (34).

Figura 35 - Curva Característica Teórica da Resistência de Aterramento de um Eletrodo Pontual.



Fonte: NBR 15749, 2009.

Após, realizar a medição nos três pontos deve ser calculado a média dos valores obtidos, sendo este o valor da resistência de aterramento do sistema.

Como indicado no documento de procedimento de aterramento elétrico em poços de petróleo considerou-se como referência o valor limite para resistência de aterramento de 10Ω . Apesar que as normas não adotam mais esse valor limite, devendo-se considerar que a resistência de aterramento deve ser a menor possível (34).

4.9 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA)

Com relação à manutenção do SPDA foi desenvolvido um parecer técnico com o objetivo de explicitar e detalhar todos os requisitos mínimos no que diz respeito a manutenção em sistemas de proteção contra descargas atmosféricas de acordo com a norma ABNT NBR 5419-3 Proteção contra descargas atmosféricas Parte 3: Danos físicos a estruturas e perigos à vida.

4.9.1 Parecer técnico

A inspeção no SPDA tem como objetivo assegurar que o projeto do mesmo esteja conforme a norma NBR 5419, assim como seus materiais e componentes, além de garantir que todo o sistema esteja em boas condições e funcionais. É utilizada também quando há reforma, nova construção ou adaptações no layout do SPDA, visando adequar essa nova configuração na norma vigente.

No documento é indicado a periodicidade das inspeções onde devem ser realizadas inspeções visuais em um regime de tempo semestral, apontando eventuais pontos deteriorados no sistema e inspeções gerais em um regime de tempo anual para ambientes industriais com atmosfera agressiva. Existem algumas situações específicas onde a inspeção deve ser realizada como, por exemplo, após alterações, reparos ou houver suspeita de que a estrutura foi atingida por uma descarga atmosférica. (35)

Nesta documentação também são indicados os principais itens que devem ser checados pela equipe contratada para realizar o serviço, sendo alguns deles a deterioração e corrosão dos captores, condutores de descida e conexões e a condição da equipotencialização. E, uma observação com relação aos instrumentos de medição para medir a continuidade elétrica, no qual, é desejável que a sua construção seja baseada em esquemas a quatro fios (dois para injeção de corrente e dois para medir a diferença de potencial), tipo ponte, por exemplo, micro ohmímetros. (35)

4.10 PAINEL DE LUZ E TOMADA

Para a confecção da ordem padrão de Inspeções Preditivas e Manutenção Preditiva em Quadros de Distribuição de Iluminação e Tomadas utilizou-se como referência as normas NBR 5410:2008 – Instalações elétricas de baixa tensão, NBR 15763:2009 – Ensaio não destrutivo - Termografia - Critérios de definição de periodicidade de inspeção em sistemas elétricos de potência e a IEC-60947-2:2013 – Dispositivo de manobra e comando de baixa tensão: Parte 2.

4.10.1 Ordem padrão de inspeção preditiva

O primeiro procedimento a ser realizado é a análise termográfica do painel elétrico onde este deve estar aberto e sem a proteção acrílica conforme a figura 36, caso os disjuntores e barramentos sejam protegidos, garantindo que a imagem abrange o painel inteiro certificando-se que as temperaturas do sistema estão de acordo com as temperaturas máximas admissíveis.

Figura 36 - Inspeção Termográfica em um Painel Elétrico.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Posteriormente, deve-se verificar a tensão de entrada do disjuntor geral e de saída dos disjuntores dos circuitos em comparação com a tensão de operação, com a ajuda de um multímetro e verificar a corrente de operação normal e atestar que o ajuste de proteção esteja em conformidade com esta corrente. Estas análises visam atestar o funcionamento do disjuntor garantindo que este está configurado corretamente e atuando de acordo com as características do sistema. (29)

Após estas medições o disjuntor geral do quadro deve ser desligado pois, os próximos procedimentos devem ser realizados com o painel desenergizado. Inicialmente deve ser realizada a inspeção visual para verificar as condições da parte externa do invólucro do quadro atentando-se à pintura, inexistência de rachaduras e corrosão. Assim como, deve-se garantir que o quadro está bem fixo e a integridade da fechadura e dobradiças da porta, visto que estes devem ser capazes de resistir a esforços mecânicos, elétricos e térmicos e, aos efeitos da umidade garantindo a integridade dos componentes que estão armazenados no seu interior.

Também, recomenda-se que seja realizada a verificação se o painel possui reserva para circuitos de ampliações futuras seguindo-se as referências indicadas na NBR 5410 (28). As quais estão apresentadas no Quadro 15:

Quadro 15 - Reservas em Função do Número de Circuitos.

Número de Circuitos	Quantidade de Reservas
Até 6	2
De 7 a 12	3
De 13 a 20	4
Acima de 30	15% do número de circuitos

Fonte: NBR 5410, 2004.

Deve-se verificar as condições dos condutores certificando-se que não existem rachaduras, ressecamentos, perda de isolamento, etc. E, realizar o reaperto das conexões com uma chave de fenda.

Por fim, os elementos dos painéis devem ser organizados garantindo que não haja cabos ou outros corpos soltos, além da sinalização dos circuitos com etiquetas identificadoras, conforme figura 37, e realizada a limpeza da parte interna e externa para evitar a proliferação de insetos e animais peçonhentos nos quadros, conforme Figura 38.

Figura 37 - Painel com Etiquetas Identificadoras.



Fonte: Mercado Livre, 2019.

Figura 38 – Limpeza do Painel Elétrico.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

4.11 RELATÓRIO INTERATIVO

4.11.1 Análise de Corretivas

Inicialmente, foram analisadas as ordens de serviço do cliente. Esta possuía os seguintes dados:

- Descrição;
- Nome do poço ou estação;

- Tipo do equipamento;
- Horário de início e término do serviço;
- Tipo de manutenção;
- Dados do solicitante;
- Dados do equipamento;
- Prioridade e criticidade;
- Descrição da inspeção anterior;
- Descrição da situação encontrada;
- Serviços executados;
- Pendências para reprogramação;
- Comentários e informações adicionais;
- Campos para assinaturas do executante responsável e supervisor ou engenheiro

Dentre os dados, foram extraídos a data, os dados do equipamento, as descrições da inspeção anterior, situação encontrada e os serviços realizados.

4.11.2 Filtragem e Categorização de Dados

Foram selecionadas as ordens de serviço referentes às manutenções corretivas dos equipamentos que fazem parte do escopo deste trabalho, identificados no relatório como objetos de falha. São estes:

- Bateria;
- CCM;
- Discadora;
- Gerador;
- Instalações Prediais;
- Inversor de Frequência;
- Motor;
- Painel;
- Rede AT;
- Resistência
- SPDA;
- Subestação;
- Transformador;
- Iluminação.

Foram excluídas todas as ordens de serviço que estavam com dados cruciais para a rastreabilidade não preenchidos, como data, nome da estação e descrição da situação encontrada que não fazia referência aos equipamentos citados neste documento.

Em seguida, as falhas descritas nas ordens de serviço foram classificadas com base nas similaridades entre as situações encontradas e serviços realizados. São estas:

- Perda total do equipamento;
- Falha na operação;
- Falhas diversas do sistema elétrico (como oscilações de rede ou queda de energia);
- Curto-circuito;
- Queima do componente;
- Configuração incorreta;
- Incidentes envolvendo animais;
- Temperatura de operação inadequada;
- Discadora sem sinal;
- Furto;
- Furto de equipamentos ou componentes.

Notou-se que nenhuma das ordens de serviço analisadas possuíam as TAGs dos equipamentos, porém os códigos de identificação do poço ou estação. Como não houve acesso à esta informação e ainda assim é necessário ter rastreabilidade, os equipamentos foram identificados utilizando a seguinte estrutura: “Nome do Equipamento” + “Nome do poço/estação”. (Exemplo: Instalações Prediais da Estação SRO”).

4.11.3 **Exibição**

Após as etapas de análise, filtragem e categorização das ordens de serviço, foi feito um programa em Excel capaz de gerar gráficos e tabelas relacionando todos os dados considerados na análise no período. Estes dados foram exibidos de três formas diferentes. São estas:

4.11.4 **Tabela com Filtragem**

Em forma de tabela, permitindo a filtragem por Local (nome do poço ou estação), Área, Ano e Mês, conforme a Tabela 1. Esta exibição permite que o cliente possa visualizar as faltas de maneira localizada.

Tabela 1 - Falhas mais Recorrentes

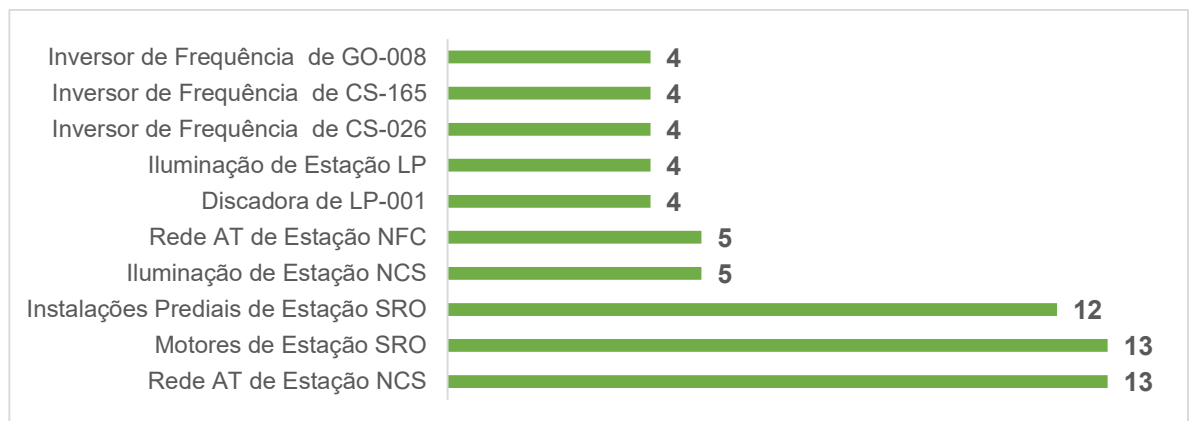
Local	Cassarangongo	
Área	Sul	
Ano	2019	
Mês	Março	
Campo	Contagem de Ocorrências	
Iluminação	1	
Perda total	1	
Inversor de Frequência	14	
Falha em componente	5	
Perda total	7	
Queima	2	
Motor	4	
Falha em componente	1	
Falha sistema elétrico	1	
Perda total	2	
Rede AT	13	
Falha em componente	8	
Falha sistema elétrico	4	
Perda total	1	
Resistência	1	
Vazamento	1	
Transformador	3	
Furto	2	
Perda total	1	
Total de Falhas	36	

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

4.11.5 Gráfico – Top 10 Problemas mais Recorrentes

Através do gráfico de Problemas mais Recorrentes, o qual aponta os 10 equipamentos que apresentaram as mesmas falhas, conforme Figura 39

Figura 39 - Problemas mais Recorrentes.

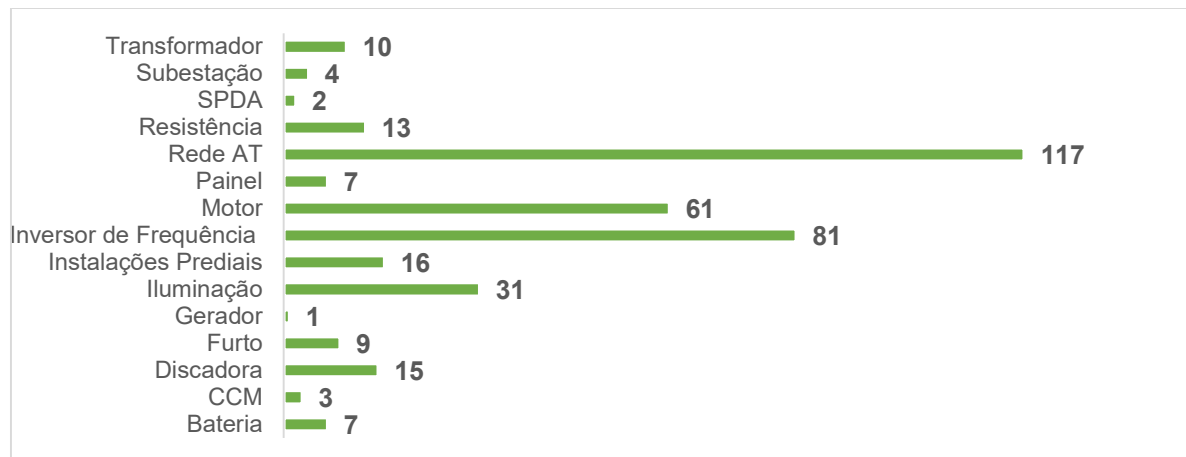


Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

4.11.6 Gráfico – Falhas por Categoria

Através do Quantitativo de Falhas por Categoria, apresentadas conforme a Figura 40, que permite que o cliente veja todas as falhas com base em sua categoria. É permitido filtrá-las por período.

Figura 40 - Quantitativo de Falhas por Categoria



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

4.12 OBSERVAÇÕES

Mediante apresentação de como foram desenvolvidas as soluções, estas serão apresentadas em forma de mídia podendo ser comparadas com os documentos anteriores. É importante salientar que os documentos resultantes elaborados foram devidamente alinhados com a engenheira eletricista responsável da época, com os operadores na medida do possível bem como aprovados e implementados ao *software* de gestão de manutenção que a empresa utiliza atualmente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Disposto do que fora apresentado e entregue, espera-se que as soluções de otimização propostas pela equipe atendam às expectativas de forma que a confiabilidade do sistema seja algo predominante a partir das manutenções. Acrescenta-se ainda que a tabela de análise das falhas representa um importante fator comparativo para a investigação das anomalias que ocorrem em equipamentos elétricos do local, como pode ser demonstrado no decorrer de toda a explicação do relatório interativo realizado para explicação e demonstração da tabela criada.

Porém, esta seria melhor fundamentada e executada em um contexto no qual as ordens de serviços oferecessem uma melhor descrição dos equipamentos em questão (como, por exemplo, TAG, modelo e fabricante), o local e a melhor descrição possível do tipo de falha e de sua respectiva solução, bem como o tempo necessário para realização e finalização de tal procedimento.

Sendo assim, visando cada vez mais a confiabilidade, disponibilidade e segurança da produção, torna-se necessário que as novas ordens de serviços sejam minuciosamente executadas e preenchidas para que, desta forma, ocorra uma melhor rastreabilidade das falhas dos locais e seus respectivos equipamentos e um melhor discernimento no que tange a vida útil e funcionamento de um equipamento.

Espera-se ainda que, através da transferência de informações que as lições de um ponto (LUPs) oferecem, os procedimentos de checklists dos equipamentos tornem-se mais esclarecedores e direcionados ao que deve ser realizado e que os processos, desta forma, sejam executados de maneira eficaz.

6 REFERÊNCIAS

1. U.S. Energy Information Administration. **Statistical review**, 2018.
2. BP Energy Outlook. **Insights do cenário de Transição em Evolução** – Brasil, 2019.
3. KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Petrobras, 2009.
4. Técnicas, Associação Brasileira de Normas. **IEC 60079 – Atmosferas explosivas - Parte 10-1: Classificação de áreas - Atmosferas explosivas de gás**. Rio de Janeiro : s.n., 2019.
5. JORDÃO, DÁCIO. **Pequeno Manual de Instalações Elétricas em Atmosferas Potencialmente Explosivas**. 2. São Paulo : s.n., 2018.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR IEC 60079-14 – Atmosferas explosivas - Parte 14: Projeto, seleção e montagem de instalações elétricas**. Rio de Janeiro : s.n., 2016.
7. Universidade Federal do Ceará. **Curso de engenharia de petróleo: Elevação**, 2019.
8. LEONEZ, Ronnifan. **Métodos de elevação utilizados na engenharia de petróleo – Uma revisão de literatura**. UFERSA, 2011.

9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade.** Rio de Janeiro, 1994.
10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17094: Máquinas elétricas girantes Parte 3: Motores de indução trifásicos - Métodos de ensaio.** Rio de Janeiro, 2018.
11. Paulino, Marcelo. **Ensaio de resistência de isolamento e de rigidez dielétrica.** s.l. : Revista O Setor Elétrico. .
12. **Análise Termográfica e sua importância na vida útil das máquinas. MMtec: Inspeções Industriais.** [Online] [Citado em: 03 de abril de 2019.] www.mmtec.com.br/analise-termografica-e-sua-importancia-na-vida-util-das-maquinas/.
13. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15572: Ensaio não destrutivo - Termografia - Guia para inspeção de equipamentos elétricos e mecânicos.** Rio de Janeiro, 2013.
14. SOUZA, G. R.; NOBRE I. C.; POSSI, M. **Ensaio termográfico.** Revista O Setor Elétrico, 2014.
15. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15763: Ensaio não destrutivo - Termografia - Critérios de definição de periodicidade de inspeção em sistemas elétricos de potência .** Rio de Janeiro, 2009.
16. LEGRAND. **Mantendo seu quadro resistente à água e poeira.** [Online] 2017. <http://www.legrand.com.br/blog/noticias/referencias/mantendo-seu-quadro-resistente-a-agua-e-poeira>.
17. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7094: Máquinas elétricas girantes - Motores de indução - Especificação .** Rio de Janeiro, 2003.
18. WEG. **Inversor de frequência CFW 11: Manual de instruções.** Jaraguá do Sul. 2019.
19. MOURA. **Catálogo de Baterias: Aplicações 2011.** Belo Jardim, 2011.
20. MARDEGAN, Cláudio. **Proteção de Motores.** Revista O Setor Elétrico. 2010.
21. MAMEDE, João. **Manual de equipamentos elétricos.:** LTC, 2017.
22. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7274: Interpretação da análise dos gases de transformadores em serviço.** Rio de Janeiro, 2012.

23. Franchi, Claiton Moro. **Inversores de frequência: Teoria e aplicações**. s.l. : Érica. .
24. AGEON, Eletronic Controls. **Dicas sobre o Inversor de Frequência**. <http://blog.ageon.com.br/> 05 de setembro de 2019.
25. COMAT RELECO. **Comat SMS Relay: Manual de instruções**. Madrid, 2019.
26. Energisa. **Manutenção Industrial**.
27. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14039: Instalações Elétricas de Média Tensão de 1,0 kV a 36,2 kV**. Rio de Janeiro. 2003.
28. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Proteção e segurança**. Rio de Janeiro, 2004.
29. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 60947: Dispositivos de manobra e comando de baixa tensão**. Rio de Janeiro. 1998.
30. WEG. **Manual geral de instalação, operação e manutenção de motores elétricos**. Jaraguá do Sul. 2019.
31. LORENCINI. **Coleta de óleo isolante – Saiba como proceder**. [Online] <http://www.lorencini.com.br/blog/entenda-o-procedimento-para-coleta-de-oleo-isolante-em-transformadores/>.
32. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO DO BRASIL. **NR 10: Segurança em instalações e serviços em eletricidade**, 2016.
33. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO DO BRASIL. **NR 12: Segurança no Trabalho**, 2016.
34. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15749: Sistemas de aterramento - Projeto, construção, medições e manutenção** . Rio de Janeiro, 2009.
35. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419 - Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 1: Princípios Gerais**. Rio de Janeiro : s.n., 2015.
36. Federação de indústrias do Rio de Janeiro. **Anuário da indústria de petróleo no rio de janeiro: PANORAMA 2019**, 2019.
37. THOMAS, José Eduardo. **Fundamentos de engenharia de petróleo**. 2. ed. s.l. : Rio de Janeiro: Interciência, 2004.
38. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419: Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas**. Rio de Janeiro, 2015.

39. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO DO BRASIL. **NR 6: Equipamento de proteção individual**, 2018.
40. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5416: Aplicação de cargas em transformadores de potência - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1997.
41. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 60694: Especificações comuns para normas de equipamentos de manobra de alta tensão e mecanismos de comando**. Rio de Janeiro. 2007.
42. International Electrical Testing Association. **Standard for maintenance testing specification for electrical power equipment and systems**. Portage. 2015.
43. UNIPOWER, **Bateria Selada VRLA: Entenda como ela funciona**. [Online] 18 de agosto de 2019. <https://unipower.com.br/bateria-selada-vrla/>.
44. Amaral, Fernando. **Gestão da Manutenção na Indústria**. Lisboa: Lidel. 2016.
45. **Manutenção Preventiva em Instalações Elétrica**. Eletro Energia: Materiais Elétricos. [Online]<https://www.eletoenergia.com.br/instalacoes-eletricas/manutencao-preventiva-em-instalacoes-eletricas/>.
46. **O que é e para que serve uma Subestação Elétrica?** P3 Engenharia Elétrica: Projetos Elétricos. [Online] [Citado em: 16 de 08 de 2019.] <https://p3engenharia.com.br/blog/o-que-e-e-para-que-serve-uma-subestacao-eletrica/>.
47. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6855: Transformador de Potencial Indutivo**. Rio de Janeiro.
48. G. da Costa, Edson, et al. MARCELO J. A. MAIA EDSON G. DA COSTA ESTÁCIO T. W. NETO RONIMACK T. DE SOUZA. **Monitoramento da Degradação de Para-raios de Óxido de Zinco (ZnO)**, Campina Grande. 2016. .
49. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT IEC 60079 – Classificação de áreas - Atmosferas explosivas de gás**. Rio de Janeiro : s.n., 2015.
50. PETROBRAS. **Bombeio Centrífugo Submerso**. Salvador : s.n., 2015.