

## MANUTENÇÃO EM DISJUNTORES GRANDE VOLUME DE ÓLEO DE ALTA TENSÃO

*FREITAS, Renê Cunha<sup>1</sup>*  
*Centro Universitário Academia – UniAcademia*  
*PICCININI, Marco Aurélio<sup>2</sup>*  
*Centro Universitário Academia – UniAcademia*

Linha de pesquisa: Sistemas de Energia Elétrica

### RESUMO

O presente trabalho visa abordar a importância da manutenção preventiva em um disjuntor de alta tensão com isolamento a Grande Volume de Óleo. Nesse sentido, destaca o papel desse equipamento para a confiabilidade e a segurança do sistema elétrico de potência. O estudo de caso analisa as condições reais que o equipamento se encontra através de ensaios elétricos e dinâmicos com o propósito de verificar as principais falhas que podem ocorrer nesse disjuntor como a baixa resistência de isolamento, o baixo valor de rigidez dielétrica do óleo mineral isolante e demonstrar estratégias eficientes de manutenção a serem realizadas para retorno do equipamento com segurança. Sendo assim, o trabalho contribui para o avanço no campo da manutenção de equipamentos elétricos em subestações de energia, demonstrando as técnicas utilizadas seguindo os procedimentos técnicos e a eficácia dos processos de manutenção preventiva, promovendo a eficiência operacional no Sistema Elétrico de Potência, o SEP.

**Palavras-chave:** Disjuntor. Disjuntor Grande Volume de Óleo. Manutenção. Rigidez Dielétrica. SEP.

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Academia – UniAcademia.

<sup>2</sup> Professor do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Academia – UniAcademia.

## 1 INTRODUÇÃO

Na atual situação econômica do Brasil, a substituição de equipamentos relevantes para o sistema elétrico pode acarretar custos à empresa responsável pela operação dos ativos. Sob essa ótica, este estudo de caso visa demonstrar a efetividade de uma manutenção ocorrida em um disjuntor de alta tensão com isolamento a Grande Volume de Óleo (GVO), garantindo a disponibilidade de geração de energia dos geradores do complexo hidrelétrico em estudo.

A motivação para a realização deste Trabalho de Conclusão de Curso deve-se ao empenho em adquirir conhecimento acerca de um equipamento que não é encontrado em grandes quantidades, em funcionamento, hoje em dia. Contudo, aqueles que ainda continuam em atividade necessitam de manutenção periódica constante, a fim de se evitarem falhas que causem a interrupção da geração de energia elétrica e, por conseguinte, prejuízos à empresa.

### 1.1 ESTRUTURA DO ARTIGO

O presente trabalho organiza-se em seis seções. Na primeira, apresentam-se a introdução, a motivação e a estrutura do trabalho.

Na segunda seção constam as definições e as principais funções de disjuntores, bem como os componentes que os constituem e os princípios de funcionamento.

Na terceira seção, descrevem-se as características construtivas e os meios de extinção do arco elétrico de alguns modelos de disjuntores, quais sejam Grande Volume de Óleo (GVO), Pequeno Volume de Óleo (PVO), a Vácuo e a hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>).

Já na quarta seção, abordam-se a história da manutenção e sua atuação para a confiabilidade na indústria, destacando-se suas atribuições, o planejamento e os tipos de manutenção.

Na quinta seção apresenta-se o estudo de caso, o qual se dedica à manutenção no disjuntor Grande Volume de Óleo (GVO). Demonstrem-se, assim, os ensaios coletados, as verificações com dados anteriores de histórico de manutenção e os procedimentos realizados para a recuperação do referido disjuntor.

Por fim, na sexta seção, faz-se uma breve conclusão dos serviços realizados no disjuntor, explicitando-se a efetividade da manutenção efetuada.

Convém pontuar que, durante o processo de análise para iniciar a intervenção no equipamento, encontrou-se dificuldade em adquirir informações, ilustrações e fotos do interior do disjuntor com isolamento a Grande Volume de Óleo (GVO). Isso porque, conforme sinalizado, não se encontra o equipamento em grandes quantidades, uma vez que ele demanda constante manutenção. Os que ainda persistem em funcionamento, por sua vez, carecem de manutenção adequada, a fim de assegurar a continuidade e a confiabilidade dos ativos da geração. Posto isso, após pesquisa em manuais do fabricante do disjuntor, General Eletric, no arquivo digital da empresa, foi possível iniciar a manutenção.

## **2 CONCEITOS BÁSICOS DE UM DISJUNTOR**

Um disjuntor de alta tensão é um dispositivo elétrico utilizado em sistemas de distribuição de energia elétrica de alta voltagem para proteger o sistema contra sobrecargas, curtos-circuitos e outras condições anormais que podem ocorrer na rede elétrica. Segundo Mamede Filho (2013), esses dispositivos desempenham um papel crítico na manutenção da segurança e da confiabilidade do sistema elétrico de alta tensão.

Ao ser detectada a falha, os contatos devem ser abertos, utilizando-se alguma forma de energia mecânica armazenada no equipamento (pela ação de molas, por exemplo). Em alguns casos, a energia necessária pode ser obtida a partir da própria corrente de falta. Os disjuntores são controlados eletricamente, podendo abrir e fechar circuitos de alta tensão, e podem ser operados manual, remota ou automaticamente, a depender das necessidades da rede elétrica.

Os disjuntores de alta tensão são construídos com a capacidade de interrupção de corrente, que consiste na quantidade máxima de corrente que o disjuntor pode interromper de forma segura, sem sofrer danos. Dessa forma, os disjuntores são projetados para interromper correntes de curto-circuito, que podem ser extremamente altas, evitando, assim, danos ao sistema elétrico e a equipamentos.

Frontin (2013) explica que tais disjuntores usam um meio isolante para extinguir o arco elétrico que se forma quando o circuito é interrompido. Isso evita o desgaste

excessivo dos contatos e protege o disjuntor contra danos. Nesse caso, os meios isolantes comuns incluem óleo, ar comprimido, gás SF<sub>6</sub> e vácuo. Por sua vez, os contatos por onde fluem as correntes elétricas em um disjuntor são denominados contatos fixos e contatos móveis e são construídos em cobre ou ligas de cobre, ligas de prata ou materiais condutores. Sua vida útil é limitada pela deformação do material, em razão do arco elétrico que se forma ao se interromper uma corrente. Eles são, pois, os responsáveis por abrir e fechar os circuitos elétricos o qual o disjuntor está seccionando e são projetados para suportar altas correntes e tensões.

Nesse cenário, na Figura 1 representa-se um disjuntor modelo FK 449, demonstrando seus três polos individuais e sua robusta construção física.

**Figura 1** – Disjuntor FK 449 General Eletric GVO



Fonte: O autor, 2022.

Em suma, as características construtivas dos disjuntores são semelhantes, independentemente do tipo e da forma de extinção de arco. Sendo assim, possuem contatos fixos e móveis por onde fluem as correntes do circuito no qual está inserido, câmara de extinção de arco, buchas de entrada e saída, bobinas e/ou molas para comandos de fechamento e abertura do dispositivo etc.

## 2.1 ARCO ELÉTRICO

O arco elétrico, de acordo com Mamede Filho (2013), é um fenômeno que ocorre quando se separam dois terminais de um circuito que conduz uma corrente de carga, sobrecarga ou de defeito. Do mesmo modo, define-se como um canal condutor, formado em um meio ionizado, o que provoca um intenso brilho e eleva, de modo considerável, a temperatura do meio em que se desenvolve. Isso acontece no interior da câmara de extinção de arco dos disjuntores, uma vez que os contatos fixo e móvel são abertos. Nesse sentido, apresentam-se, na Figura 2, os contatos fixo e móvel de um disjuntor, bem como a deterioração causada neles pelo efeito do arco elétrico.

**Figura 2** – Contato móvel e contato fixo do disjuntor FK 439 General Electric



Fonte: O autor, 2022.

A formação de um arco elétrico depende de diversos fatores, a exemplo de tensão elétrica aplicada, distância entre os eletrodos, meio isolante, geometria dos eletrodos e corrente elétrica envolvida. Portanto, quando a tensão entre os eletrodos atinge um valor crítico, o meio isolante não pode mais conter a corrente elétrica, e ocorre a quebra dielétrica, criando uma descarga luminosa e calor, conhecida como arco elétrico.

## 2.2 ÓLEO MINERAL ISOLANTE

O óleo isolante é um líquido dielétrico que possui alta resistência elétrica e é utilizado para evitar a passagem de corrente elétrica entre os componentes internos do disjuntor. Ao aumentar a corrente elétrica no sistema, o disjuntor é acionado, e o óleo isolante é usado para extinguir o arco elétrico gerado durante a interrupção da corrente.

A extinção do arco elétrico com auxílio do óleo mineral isolante começa na separação dos contatos, que inicia um aumento excessivo da temperatura. Logo, as primeiras camadas de óleo, que estão próximas aos contatos, decompõem-se e gaseificam-se, resultando na formação de acetileno e metano. A tendência dos gases é elevarem-se para a superfície do óleo. Nessa trajetória, levam consigo o próprio arco, o qual se alonga e se resfria nas imediações dos contatos. Dessa maneira, extingue-se, em geral, na primeira passagem da corrente pelo zero natural.

Nos processos de manutenção, efetuam-se diversos ensaios no óleo mineral isolante dos disjuntores, a fim de detectar anomalias que causem distúrbios em sua composição e a ineficiência durante a extinção do arco elétrico. Nesse cenário, destaca-se o ensaio de rigidez dielétrica em óleo mineral isolante, cujo equipamento encontra-se ilustrado na Figura 3.

**Figura 3** – Equipamento de ensaio de rigidez dielétrica do óleo mineral isolante



Fonte: O autor, 2022.

Portanto, na Figura 3, indicou-se o valor de tensão no display digital no momento da ruptura da rigidez dielétrica do óleo mineral isolante em 22kV.

### **3 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DE UM DISJUNTOR**

#### **3.1 DISJUNTOR GRANDE VOLUME DE ÓLEO (GVO)**

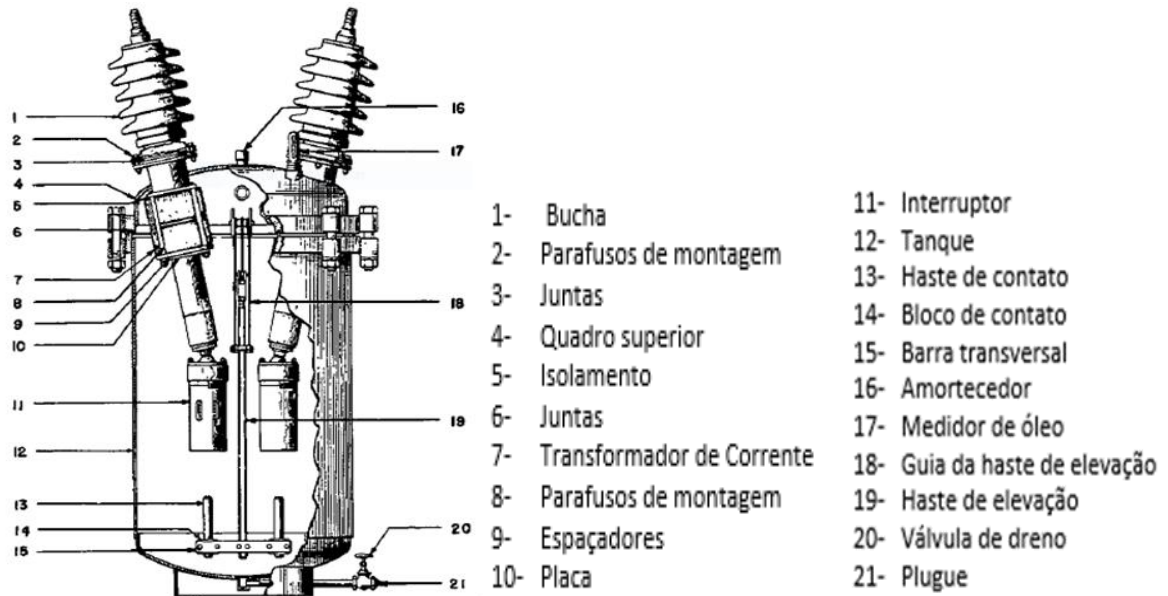
Os disjuntores do tipo GVO são os que utilizam óleo mineral isolante para extinção do arco elétrico (MAMEDE, 2013). São dotados de um tanque metálico, no qual se armazena o óleo mineral e que é mantido no potencial da terra. Em seu interior, são imersos os contatos principais (fixos e móveis), a câmara de extinção e parte do mecanismo de acionamento dos contatos móveis.

Possuem como característica principal a capacidade de interrupção em curto-circuito. No caso das aplicações em alta tensão, cada polo desse tipo de disjuntor conta com uma unidade individual. Os três polos são, então, conectados de forma mecânica, por meio do acionamento dos contatos móveis, o qual é responsável pelo acionamento simultâneo dos três polos nas operações de abertura e fechamento. Além disso, cada polo é dotado de uma câmara com duas buchas condensivas de saída, na parte superior, e duas câmaras de interrupção suspensas presas na parte inferior de cada bucha de saída.

Os contatos móveis são montados em um elemento que liga as duas câmaras de interrupção. Seu acionamento ocorre através de uma bobina alimentada em corrente contínua de grande porte, possibilitando o fechamento das fases do disjuntor.

Na Figura 4, representa-se um corte lateral de um disjuntor GVO, identificando seus componentes internos.

Portanto, ilustraram-se as características construtivas e os acionamentos de um disjuntor GVO.

**Figura 4 – Esquema de um disjuntor GVO**


Fonte: Manual disjuntor FK 439-23-1 General Eletric.

### 3.2 DISJUNTOR PEQUENO VOLUME DE ÓLEO (PVO)

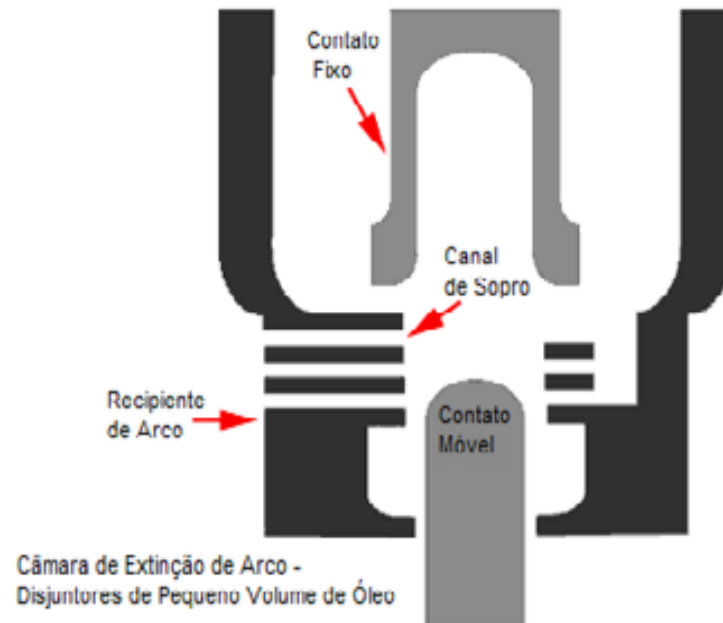
Nesse tipo de disjuntor, segundo Carvalho (1995), os contatos são instalados no interior de câmaras de extinção, separadas de modo individual e montadas junto à caixa do mecanismo de comando. Os polos onde se encontram a câmara, os contatos e o líquido de extinção do arco consistem nos principais elementos do disjuntor.

Nesse sentido, na Figura 5, identificam-se o formato cilíndrico dos contatos utilizados em disjuntores PVO e a câmara de extinção de arco elétrico.

Desse modo, foi possível visualizar, na Figura 5, os conceitos de um disjuntor PVO, enfatizando-se sua construção interna e seus principais elementos de acionamento.



**Figura 5** – Tipo de contato de forma cilíndrica



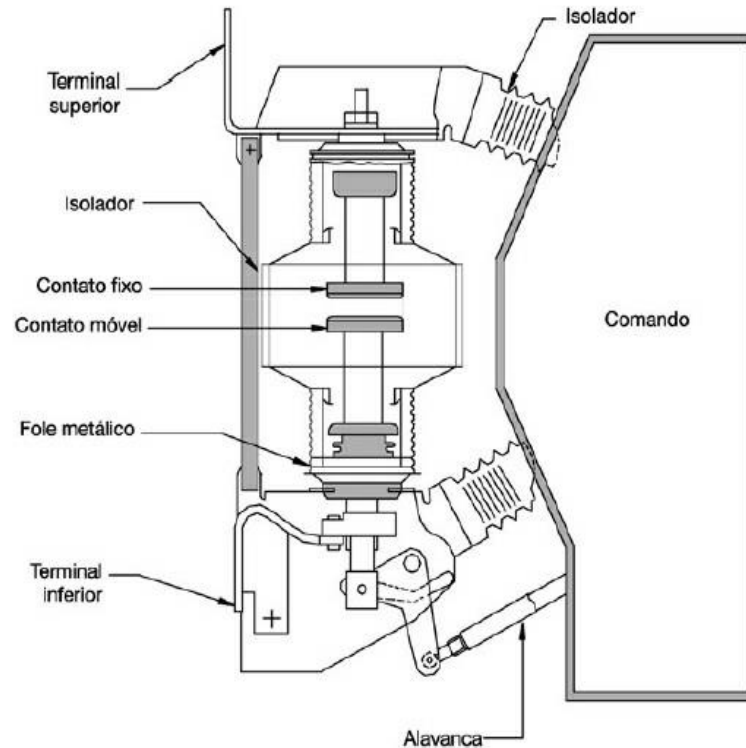
Fonte: Equipamentos de Alta Tensão, pág. 536, 2013

### 3.3 DISJUNTORES A VÁCUO

Frontin (2013) explica que disjuntores com isolamento a vácuo utilizam uma câmara de vácuo para a extinção do arco elétrico. Constituem-se de três polos separadamente instalados por isoladores com suporte em material epóxi na caixa de manobra, onde estão os mecanismos destinados à operação do disjuntor. Na Figura 6, exemplificam-se os componentes da câmara desse dispositivo.

Assim, verificam-se os contatos fixo e móvel presentes na câmara de extinção de arco elétrico, os terminais inferior e superior de conexão e a alavanca de acionamento do referido disjuntor.

**Figura 6** – Componentes da câmara de um disjuntor a vácuo



Fonte: Manual de Equipamentos Elétricos, pág. 558, 2013

### 3.4 DISJUNTORES A SF6

Por último, há disjuntores que lançam mão do gás hexafluoreto de enxofre (SF6) como meio de interrupção do arco elétrico que se forma durante o processo de abertura dos contatos (MAMEDE FILHO, 2013). Esse tipo deriva dos disjuntores que utilizam ar comprimido como meio de extinção. Com isso, o SF6 é um dos gases mais pesados conhecidos, sendo cinco vezes mais pesado que o ar. Isso porque, à pressão atmosférica, o gás apresenta uma rigidez dielétrica 2,5 vezes superior à do ar.

## 4 HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO

As atividades de manutenção objetivam evitar a deterioração de equipamentos e instalações causada pelo mau uso e pelo desgaste natural, em razão do tempo em serviço. As degradações podem se manifestar como perdas de desempenho, paradas da produção, fabricação de produtos de má qualidade ou poluição ambiental. Tais

manifestações influenciam de forma negativa a produtividade e colocam em situações de risco a sobrevivência e o desempenho da empresa (XENOS, 1998).

Para Kardec e Nascif (2009, p. 9), “a manutenção existe para que evite a manutenção corretiva ou não programada e não planejada”. Tal posicionamento enobrece o trabalho de manutenção, já que são necessários trabalhadores e equipamentos qualificados para se evitarem falhas.

Monchy (1987) complementa declarando que a manutenção é fator primordial para a confiabilidade e a garantia de operação dos equipamentos. O autor ainda compara a saúde humana à saúde da máquina, afirmando que a manutenção é a “medicina das máquinas”.

A primeira geração dos processos de manutenção abrange o período anterior à Segunda Guerra Mundial, quando a indústria ainda era pouco mecanizada, com equipamentos simples e superdimensionados. A manutenção, nesse cenário, era um reparo não planejado (KARDEC e NASCIF, 2009).

A segunda geração, por sua vez, ocorreu entre 1950 e 1970, período pós-Segunda Guerra, no qual houve aumento expressivo da mecanização e da sofisticação das instalações industriais. Surgiu, então, o conceito de manutenção preventiva, a qual, à época, consistia em intervenções nos equipamentos feitas em intervalos periódicos. Os sistemas de planejamento e controle de manutenção começaram a ser utilizados de modo amplo, bem como encontraram-se formas de aumentar a vida útil dos itens físicos (KARDEC e NASCIF, 2009).

A terceira geração iniciou-se na década de 1970, quando o processo de mudança das indústrias acelerou-se. Houve um reforço do conceito e da utilização da manutenção preditiva e o desenvolvimento de softwares para permitir melhores planejamentos, controle e acompanhamento dos serviços de manutenção. Nesse sentido, foca-se o conceito de confiabilidade. No Brasil, por exemplo, implanta-se o processo de Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC ou RCM, em inglês) na década de 1990. Porém, apesar dessa busca por uma maior confiabilidade, a falta de interação entre as áreas de Engenharia, Manutenção e Operação impedia melhores resultados. Logo, as taxas de falhas precoces elevaram-se (KARDEC e NASCIF, 2009).

A quarta geração integra atividades da Engenharia da Manutenção, que encontra na Disponibilidade, na Confiabilidade e na Manutenibilidade os três pilares de sua existência. A manutenção, nesse esteio, prioriza a menor taxa de falhas prematuras. Por isso, a análise de falhas é uma metodologia eficaz, capaz de melhorar a performance de equipamentos e empresa.

A manutenção preditiva, por outro lado, é cada dia mais frequente nas empresas nas quais se nota uma tendência à redução do uso da manutenção preventiva, pois esta demanda paralisação de equipamentos e sistemas.

Por fim, convém destacar que uma mudança dessa geração foi o aprimoramento da terceirização e a busca por um relacionamento cooperativo e de parceria de longo prazo (KARDEC e NASCIF, 2009).

#### 4.1 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Existem vários tipos de manutenção na indústria. Eles se classificam quanto à forma como são realizadas as intervenções nos equipamentos. Assim, ressaltam-se a manutenção corretiva, a manutenção preventiva e a manutenção preditiva.

##### 4.1.1 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva é a forma mais antiga de manutenção. Baseia-se em correções de falhas ocorridas ou na queda de rendimento previsto. É a manutenção realizada em caráter de emergência e pode ser dividida em duas classes: não planejada e planejada.

A manutenção corretiva não planejada corrige a falha de maneira aleatória, a exemplo de uma quebra inesperada, sempre após a ocorrência do fato, sem acompanhamento ou planejamento prévio. Kardec e Nascif (2009) argumentam que, como esse tipo de manutenção é realizado com um fato já ocorrido, não há tempo para provisionamento do serviço.

Essa modalidade é comum em alguns ambientes de trabalho, o que gera custos elevados, já que a falha inesperada acarreta perdas na produção, descontinuidade da prestação de serviços e custos não previstos no orçamento. Ademais, pode ter consequências inesperadas para o equipamento, visto que a extensão dos danos pode ser maior, levando, assim, à inutilização de equipamentos de custo elevado.

Quando a maior parte da manutenção da empresa baseia-se na corretiva não programada, o setor responsável pelo controle de manutenções fica refém dos equipamentos e é comandado por eles. O correto, entretanto, seria o setor de manutenção coordenar os equipamentos. Isso pode levar a organização a perder competitividade.

Por seu turno, a manutenção corretiva planejada distingue-se da primeira por ser uma decisão tomada pelo setor responsável pelas manutenções. Caracteriza-se, também, pela correção de uma falha ou de uma queda de desempenho maior que o esperado. Contudo, apoia-se na modificação dos parâmetros de condição observados pela manutenção preditiva (KARDEC e NASCIF, 2009). Conforme sua nomenclatura propõe, é planejada e, com o planejamento, é capaz de evitar gastos que a manutenção não planejada não teria.

Xenos (1998) encerra esclarecendo que, embora a administração do setor de manutenção opte pela manutenção corretiva, não se pode apenas encarar a ocorrência de uma falha como um evento natural e esperado. É crucial identificar com precisão as causas raízes das falhas e interrompê-las antes que aconteçam.

#### **4.1.2 Manutenção preventiva**

Esse tipo de manutenção destina-se a evitar a ocorrência de falhas ou quedas de desempenho que levem os equipamentos a apresentarem baixo rendimento. Em geral, realizam-se essas manutenções em intervalos de tempo predefinidos e obedecendo a um plano previamente elaborado. O que difere a manutenção preventiva da corretiva é a capacidade de prevenir e evitar a ocorrência de falhas, antecipando-se a elas.

Xenos (1998) destaca a vantagem do uso da manutenção preventiva em comparação à manutenção corretiva. Nesse sentido, relaciona a queda da frequência de falhas e interrupções inesperadas com o aumento da disponibilidade dos equipamentos. Dessa forma, demonstra o custo/benefício e a efetividade da manutenção preventiva.

Em muitos casos, as empresas negligenciam a realização dos planos de manutenções preventivas (XENOS, 1998). Assim, realocam o tempo a ser dedicado a essa manutenção nos equipamentos em outras atividades e falhas ocorridas no dia

a dia. Desse modo, ocupam tempo e custos de mão de obra que poderiam ter sido evitados.

#### **4.1.3 Manutenção preditiva**

Segundo Machado (2006), a manutenção preditiva é o tipo que realiza o acompanhamento de variáveis e parâmetros de desempenho de máquinas e equipamentos, definindo o melhor momento para a intervenção, com o máximo aproveitamento do ativo. Em outras palavras, intervém o mínimo possível na planta, oferecendo os melhores resultados.

A manutenção preditiva foca em identificar e prevenir as falhas de operação dos equipamentos, através de acompanhamento constante dos parâmetros predefinidos pelo fabricante, visando ao funcionamento correto e contínuo em um maior tempo possível (KARDEC e NASCIF, 2009).

Posto isso, a detecção antecipada de uma anomalia permite um diagnóstico precoce da falha, o que possibilita a execução de um plano de ações corretivas, no momento e na intensidade adequados ao tipo de falha (TOAZZA e SELLITO, 2015). Algumas das técnicas mais usadas em estratégias de manutenção preditiva são a inspeção sensitiva, a análise de vibração, a termografia e a ferrografia (TOAZZA e SELLITO, 2015).

## **5 ESTUDO DO CASO DA MANUTENÇÃO NO DISJUNTOR GVO**

O disjuntor com isolamento a Grande Volume de Óleo está em funcionamento em uma usina hidrelétrica com data de instalação de meados de 1955. Trata-se de um disjuntor do fabricante General Eletric (GE), modelo FK 439, com tensão de trabalho em 23kV. Sua função é garantir o escoamento da geração de energia da usina hidrelétrica para o sistema elétrico, por meio da interligação do barramento ao qual os geradores estão interligados ao barramento principal da subestação de energia da usina.

Este estudo de caso visa descrever a relevância dos processos de manutenção, os quais serão demonstrados através de relatórios anexos, e a real

condição do equipamento que estava em operação. Este pode incorrer em falha grave, interrompendo a geração da usina e ocasionando danos ao meio ambiente, com a contaminação do solo pelo vazamento do óleo mineral isolante.

O guia Manutenção C2, disponibilizado pela empresa responsável por manter os ativos da geração, sugere um *checklist* de manutenção do disjuntor GVO. Realizado o *checklist*, coletaram-se dados e parâmetros do equipamento, através de ensaios elétricos e dinâmicos, para análise das condições operativas e tomada de decisão quanto a intervenções ou não no equipamento. Nesse sentido, realizaram-se os seguintes ensaios elétricos: Medição de Resistência de Isolamento, Medição de Resistência de Contato, Teste de Rigidez Dielétrica do Óleo Isolante e Oscilografia – ensaio de tempo de abertura e fechamento dos contatos.

A Norma Brasileira (NBR) da *International Electrotechnical Commission* (Comissão Eletrotécnica Internacional – IEC) nº 62271-100 apresenta e descreve os métodos e as formas dos ensaios realizados no disjuntor de alta tensão GVO. Com base nela, este trabalho almejou determinar se as condições de operação estavam dentro dos parâmetros permitidos. Por sua vez, esses ensaios devem atender princípios normativos de grandezas elétricas aplicáveis, de acordo com as características próprias do disjuntor e com relatórios antigos. Assim, assegura-se a qualidade dos ensaios, levando em consideração, do mesmo modo, as condições de temperatura e umidade do ambiente no qual ele está em operação.

## 5.1 ENSAIOS REALIZADOS

### 5.1.1 Medição da resistência de isolamento

O ensaio de medição da resistência de isolamento detalha as condições do meio isolante que separa a alta tensão de elementos que, em situação normal de operação, inserem-se em uma condição de potencial de tensão diferente. Este ensaio traz como grandeza de medida valores de resistência. Dessa maneira, é capaz de detectar a condição da isolação que separa cada polo das partes metálicas dos mecanismos de operação daquela que deverá existir na câmara de extinção de arco

quando o disjuntor estiver na condição fora de operação com os seus contatos abertos.

Utilizado para o ensaio de resistência de isolamento, o megôhmetro, através da aplicação de um nível elevado de tensão VCC, faz circular uma corrente pelo meio isolante, a qual é medida para, então, calcular o valor de resistência do meio dielétrico. O equipamento encontra-se ilustrado na Figura 7.

**Figura 7** – Megôhmetro utilizado para medição de resistência de isolamento



Fonte: O autor, 2022.

No ensaio de resistência de isolamento com o megôhmetro, aplica-se um valor de tensão em corrente contínua VCC de acordo com a classe de tensão de trabalho do equipamento, fixado por norma e apresentado na Tabela 1. Após a aplicação da tensão VCC, o equipamento mede a corrente circulante entre os terminais e utiliza os princípios da lei de Ohm para calcular o valor de resistência que se mede.

**Tabela 1** – Valor de tensão mínimo a ser aplicado com o megôhmetro às classes de tensão

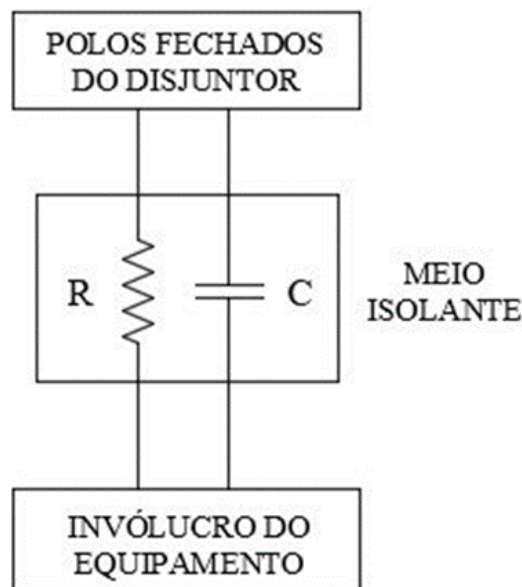
CLASSE DE TENSÃO	TENSÃO CC MÍNIMA APLICADA
Menor ou igual a 1kV	500V
Maior que 1kV e menor ou igual a 69kV	1.000V
Maior que 69kV e menor ou igual a 230kV	2.500V
Maior que 230kV	5.000V

Fonte: (ABNT NBR IEC 62271-1, 2020).



Na Figura 8, apresenta-se um circuito equivalente que representa os polos e as cubas do disjuntor submetidos ao ensaio. Nota-se a existência de uma capacitância inserida no meio isolante, uma vez que o ensaio é aplicado em dois elementos metálicos separados por um meio isolante. Portanto, é necessário manter um tempo de ensaio determinado por volta de um minuto até que a corrente proveniente desse efeito capacitivo cesse. Desse modo, resta apenas a parte resistiva da corrente, o que garante um resultado correto à realidade presenciada.

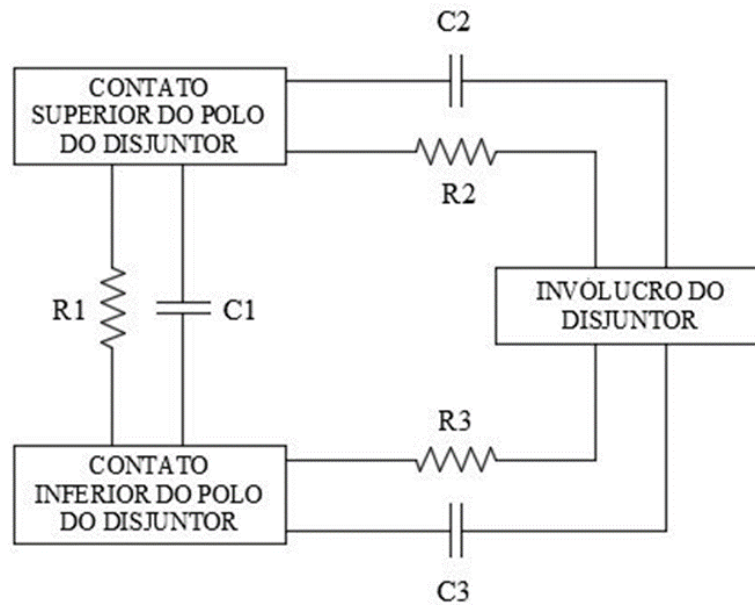
**Figura 8** – Modelo de circuito equivalente com contatos fechados



Fonte: Manual ME.C MA.P. Cemig. (Método de controle e manutenção programada)

Outra condição que se percebe na análise do circuito equivalente formado, representado na Figura 9, é uma situação de resistência de isolamento em paralelo que levará os resultados do ensaio a um valor errado. Isso ocorre na realização do ensaio na condição em que os polos do disjuntor encontram-se abertos (medição da rigidez dielétrica da câmara de extinção de arco).

**Figura 9** – Circuito equivalente formado pelas resistências de isolamento em um disjuntor aberto



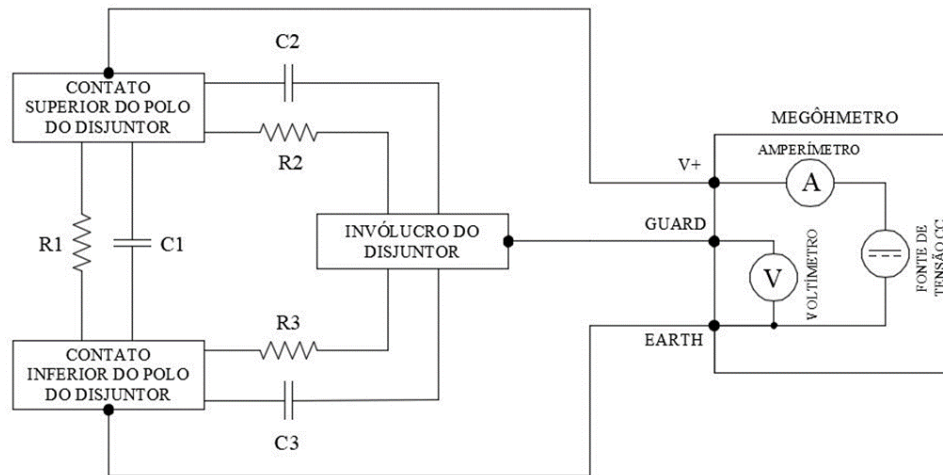
Fonte: Manual ME.C MA.P. Cemig. (Método de controle e manutenção programada)

Para que essa condição seja compensada, utiliza-se o terceiro cabo de teste do megôhmetro, chamado *GUARD*. Ele será o responsável pela medição que deverá fornecer os dados ao equipamento, a fim de que o megôhmetro efetue os ajustes, apresentando apenas o valor de resistência de isolamento desejada.

Em continuidade, na Figura 10, demonstra-se como deverá ser feita a ligação utilizando o megôhmetro como cabo *GUARD*, para que as resistências de isolamento indesejadas sejam desconsideradas.

Tais procedimentos garantem, pois, que o equipamento esteja com os valores de resistência de isolamento adequados ao nível de tensão de trabalho.

**Figura 10** – Circuito equivalente de ensaio de resistência de isolamento utilizando o cabo *GUARD*



Fonte: Manual ME.C MA.P. Cemig. (Método de controle e manutenção programada)

### 5.1.2 Ensaio de resistência de contato

O objetivo do ensaio de resistência ôhmica dos contatos é determinar a resistência existente entre os contatos fixo e móvel de um disjuntor, ao se encontrarem na posição fechada. O resultado, em geral, é representado em micro ou miliohms. Em posse desses resultados, é possível estabelecer a condição de preservação dos contatos, os quais são responsáveis pela condução de grandes valores de corrente.

Para o ensaio de resistência ôhmica de contatos, utiliza-se microhmímetro, equipamento recomendado para medições de resistências de micro e miliohms. Uma vez que a resistência a ser medida é de baixo valor ôhmico, é necessária a injeção de um valor de corrente inversamente proporcional ao valor de resistência que se deseja medir. Dessa forma, com amparo na lei de Ohm, o equipamento calculará a resistência.

A título de ilustração, observa-se na Figura 11 um modelo de microhmímetro utilizado para ensaios de resistência de contato.

**Figura 11** – Principais elementos de um microhmímetro digital

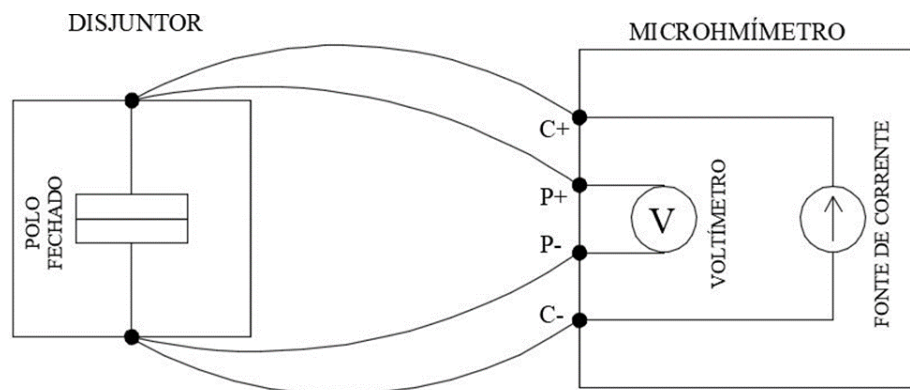


Fonte: O autor, 2022.

O princípio de funcionamento do microhmímetro é utilizar a lei de Ohm para mensurar o valor de resistência de contato.

Além disso, na Figura 12, encontra-se o esquema de medição de resistência de contato no polo do disjuntor, cujos contatos estão fechados.

**Figura 12** – Circuito equivalente de medição de resistência de contato



Fonte: Manual ME.C MA.P. Cemig. (Método de controle e manutenção programada)

Portanto, esse tipo de ensaio é essencial para confirmar as condições operativas dos contatos dos disjuntores, evitando o mau funcionamento através de uma resistência elevada, causando perda de rendimento e efeito joule.

### 5.1.3 Ensaio de oscilografia

O ensaio de oscilografia visa verificar a simultaneidade de abertura e fechamento dos polos do disjuntor no momento da operação. A perfeita simultaneidade de abertura dos polos de um disjuntor garante a extinção do arco elétrico formado durante o processo. A falha, por sua vez, acarreta envelhecimento precoce da capacidade de interrupção e vida útil das operações que o disjuntor é capaz de realizar. Nesse cenário, tal situação pode provocar a explosão e a consequente perda total do disjuntor. O ensaio é realizado com o auxílio de um oscilógrafo digital, observado na Figura 13.

**Figura 13** – Modelo de um oscilógrafo digital utilizado no ensaio

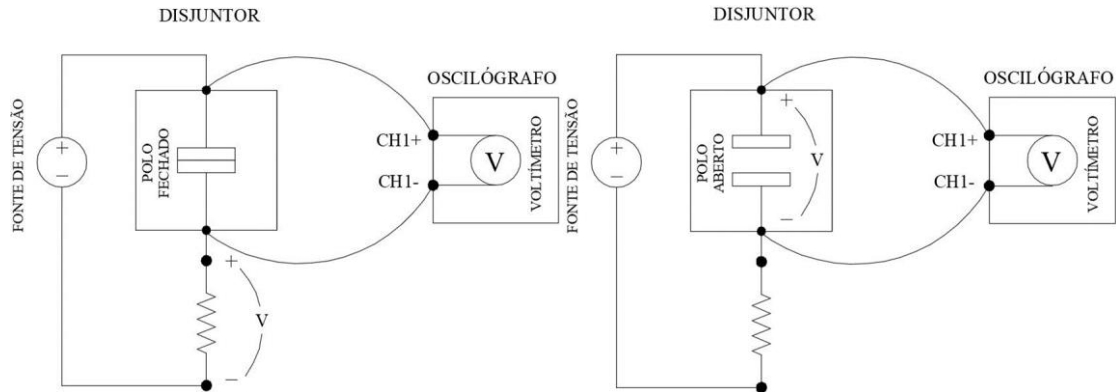


Fonte: O autor, 2022.

O ensaio de simultaneidade de abertura e fechamento dos contatos é de vital importância para garantir o correto funcionamento do equipamento. Tal sincronismo está representado na Figura 14.

Apesar do esquemático simplificado apresentado na figura 14, este procedimento deverá ser realizado nos três polos do disjuntor.

**Figura 14** – Representação de oscilografia em abertura e fechamento do disjuntor



Fonte: Manual ME.C MA.P. Cemig. (Método de controle e manutenção programada)

#### 5.1.4 Ensaio de rigidez dielétrica do óleo isolante

Emprega-se este ensaio para avaliar a capacidade de o óleo isolante suportar tensões elétricas sem falhar. Nesse modo, a presença de partículas e/ou água no óleo isolante o influencia. Ademais, ele é utilizado como referencial para indicar o momento em que se deve recondicionar o óleo isolante através de filtragem ou tratamento com uma máquina que utiliza termo vácuo.

Na Figura 15, há o equipamento de ensaio de rigidez dielétrica do óleo, enfatizando-se a cuba com a amostra do óleo a ser ensaiado.

**Figura 15** – Equipamento de ensaio de rigidez dielétrica do óleo isolante



Fonte: O autor, 2022.

Como se depreende da leitura da Figura 15, coleta-se uma amostra do óleo a ensaiar em uma cuba em que estão dispostos dois eletrodos separados entre si por uma distância padrão, a depender da norma a seguir. Após, recoloca-se no ensaiador de rigidez dielétrica, onde é submetido a uma elevação de tensão até que haja uma ruptura da rigidez do óleo, por meio da descarga de corrente entre os eletrodos. Nesse momento, o valor de tensão em que há a ruptura da rigidez é anotada ou armazenada, sendo este o valor da rigidez dielétrica do óleo em amostra.

## 5.2 VERIFICAÇÃO DE DADOS E COMPARAÇÃO COM RELATÓRIOS ARQUIVADOS

Após realizados os ensaios no disjuntor, ficou evidente que a resistência de isolamento e o valor de rigidez dielétrica do óleo isolante estavam baixas em relação aos ensaios anteriores arquivados como poderemos observar mais adiante na tabela de valores de referência para análises do equipamento.

Sob essa ótica, observa-se, na Figura 16, um ponto na parte interior da cuba, local onde, em ocorrências anteriores, houve fuga de corrente para terra, causando falha de operação no disjuntor causada pelo baixo valor de rigidez dielétrica do óleo.

**Figura 16** – Falta a terra pela baixa rigidez dielétrica do óleo isolante



Fonte: O autor, 2022.

Tendo em conta o grau de risco de uma ocorrência de falha grave que pode levar o equipamento a ficar fora de operação ou, até mesmo, a um risco ambiental, como vazamento de óleo, optou-se pela desmontagem completa das três fases do disjuntor para verificação das condições interiores, além da limpeza total das cubas e câmaras de extinção de arco, como também pela regeneração do óleo mineral isolante através de filtragem em filtro prensa. Na Tabela 2, apresentam-se os valores obtidos no ensaio de rigidez dielétrica do óleo do equipamento em estudo.

**Tabela 2** – Ensaio de rigidez dielétrica do óleo mineral isolante antes da manutenção

Ensaio de Rigidez Dielétrica do óleo			
ENSAIOS REALIZADOS	FASE A	FASE B	FASE C
RIGIDEZ DIELÉTRICA DO ÓLEO	29,2 kV	26,4 kV	25,0 kV

Fonte: O autor.

Em continuidade, na Tabela 3, descrevem-se os resultados dos ensaios referentes à resistência de isolamento e os valores de resistência de contato do disjuntor.



**Tabela 3** – Ensaio elétrico de resistência de isolamento e de contato antes da manutenção

**ENSAIO RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO COM O DISJUNTOR FECHADO**

Line	Eart	Guard	Fase	Res. Medida
A1	M	-	Vm	672 MΩ
B1	M	-	Az	980 MΩ
C1	M	-	Br	240 MΩ

**ENSAIOS RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO COM O DISJUNTOR ABERTO**

Line	Eart	Guard	Fase	Res. Medida
A1	A2	M	Vm	126,9 GΩ
B1	B2	M	Az	314 GΩ
C1	C2	M	Br	240 GΩ

**RESISTÊNCIA DE CONTATO**

Cabo Corrente I1	Cabo Tensão V1	Cabo Corrente I2	Cabo Tensão V2	Fase	Resist. Medida
A1	A1	A2	A2	Vm	2300 μΩ
B1	B1	B2	B2	Az	484 μΩ
C1	C1	C2	C2	Br	771 μΩ

Fonte: O autor.

Ademais, na Tabela 4, encontrar-se-ão os resultados do último ensaio geral realizado no disjuntor, comparando-os com os valores obtidos nos ensaios recentes.

**Tabela 4** – Valores de referência para análises do equipamento

Valores obtidos em relatórios anteriores			
ENSAIOS REALIZADOS	FASE A	FASE B	FASE C
RESIST. ISOLAMENTO POLO ABERTO	22,5 GΩ	28,9 GΩ	21,8 GΩ
RESIST. ISOLAMENTO POLO FECHADO	3,95 GΩ	3,10 GΩ	2,95 GΩ
RESISTÊNCIA DE CONTATOS	255 μΩ	290 μΩ	387 μΩ
RIGIDEZ DIELÉTRICA DO ÓLEO	35 kV	38 kV	41 kV

Fonte: Adaptado do Relatório de ensaios Elétrico de Manutenção, Cemig (REEM).

Por fim, na Tabela 5, adaptaram-se os resultados do último ensaio geral realizado no disjuntor, estabelecendo um comparativo com os valores obtidos nos ensaios recentes.

**Tabela – 5** Comparação de resultados

Comparação de resultados dos ensaios							
ENSAIOS REALIZADOS	Ensaio de referência			↔	Ensaio atual		
	FASE A	FASE B	FASE C		FASE A	FASE B	FASE C
RESIST. ISOLAMENTO POLO ABERTO	22,5 GΩ	28,9 GΩ	21,8 GΩ		126,9 GΩ	314 GΩ	240 GΩ
RESIST. ISOLAMENTO POLO FECHADO	3,95 GΩ	3,10 GΩ	2,95 GΩ		672 MΩ	980 MΩ	240 MΩ
RESISTÊNCIA DE CONTATOS	255 μΩ	290 μΩ	387 μΩ		2300 μΩ	484 μΩ	771 μΩ
RIGIDEZ DIELÉTRICA DO ÓLEO	35 kV	38 kV	41 kV		29,2 kV	26,4 kV	25,0 kV

Fonte: Adaptado do Relatório de ensaios Elétrico de Manutenção, Cemig (REEM).

Em suma, consideraram-se os valores dos ensaios de resistência de isolamento, de rigidez dielétrica do óleo e de resistência de contato fora do padrão, estando diferentes em relação aos arquivos existentes acerca dos ensaios anteriores. Já o ensaio de oscilografia permaneceu dentro dos limites aceitáveis.

### 5.3 PROCEDIMENTOS REALIZADOS PARA MANUTENÇÃO E DESMONTAGEM

O processo de manutenção do disjuntor começou com o desligamento e a retirada de operação, logo após o seccionamento dos cabos referente a cada fase. Realizados esses procedimentos, partiu-se para o teste de ausência de tensão, a fim de possibilitar o aterramento dos cabos para um trabalho seguro.

Com a tomada de decisão de desmontagem total das cubas do disjuntor para se ter acesso ao seu interior e aos demais equipamentos internos, iniciou-se a drenagem de todo o óleo isolante, acomodando-o em tambores identificados pertencentes à fase em operação. Observou-se, também, que o índice de umidade relativa do ar não poderia ser superior a 70%, pois isso acarretaria contaminação do óleo com partículas de água.

O destaque para a instalação dos dispositivos de movimentação das cubas instalados nas fases A e C do disjuntor estão representadas na Figura 17.

**Figura 17** – Instalação de dispositivos para desmontagem das cubas



Fonte: O autor, 2022.

Com as cubas desmontadas, constata-se em seu interior um tipo de borra de óleo, característica da queima do óleo durante a extinção do arco elétrico no momento de operação do disjuntor. Além dessa borra, verifica-se que as câmaras de extinção do arco elétrico, os mecanismos de acionamento dos contatos móveis, as buchas e os transformadores de corrente do disjuntor estão sujos com essas impurezas do óleo. Portanto, tal sujidade resulta na queda na resistência de isolamento do disjuntor.

Conforme Figura 18, o detalhe das borras de óleo no interior da cuba confirma a baixa rigidez dielétrica do óleo isolante, o qual, em sua forma ideal de trabalho, é um líquido de coloração quase transparente.

**Figura 18** – Interior da cuba do disjuntor



Fonte: O autor, 2022.

Após identificada cada câmara de extinção de arco referente à fase em operação para possibilitar a desmontagem e o acesso aos contatos fixos instalados no interior do disjuntor, verificou-se que os contatos fixo e móvel, constantes na Figura 19, apresentam irregularidades das faces, característica da degradação pelo arco elétrico no momento de operação do disjuntor. Identificado cada contato, inicia-se a retirada deles para a usinagem, a fim de eliminar as irregularidades e, em seguida, melhorar a resistência de contato do disjuntor.

Ademais, efetuou-se uma inspeção em todo o mecanismo de acionamento dos contatos, com vistas a identificar a integridade, bem como as possíveis trincas ou folgas no sistema. Isso, por sua vez, acarretaria uma falha de acionamento no futuro.

Com o disjuntor já desmontado e acessível para manutenção, a etapa seguinte consiste na limpeza interna do sistema, eliminando-se o óleo sujo e contaminado presente nas partes. Essa limpeza interna ocorre com a utilização do próprio óleo

isolante, para lavar as peças e os mecanismos, e de um filtro prensa com elementos filtrantes. Nele se conecta a saída de dreno da cuba metálica à entrada do filtro prensa e, com a mangueira de saída, lava-se o sistema.

**Figura 19** – Contatos do disjuntor com faces irregulares



Fonte: O autor, 2022.

Na Figura 20, detecta-se a quantidade de sujeira acumulada sobre a câmara de extinção de arco elétrico, confirmando a má qualidade do óleo isolante, o que leva ao baixo valor de rigidez dielétrica.

**Figura 20** – Acúmulo de óleo sujo no interior do disjuntor



Fonte: O autor, 2022.

Finalizado o processo de limpeza interna e dos mecanismos de acionamento, passa-se, então, à limpeza da cuba metálica, a qual também estava com borras de óleo e acúmulo de sujeiras em seu interior.

#### 5.4 TRATAMENTO DO ÓLEO ISOLANTE

Esse tipo de ação corretiva aplica-se quando o óleo mineral isolante apresenta elevado teor de água e/ou de partículas, acarretando a diminuição de sua rigidez dielétrica. No entanto, tal tratamento, além de sua ação corretiva, resulta na elevação da rigidez dielétrica do óleo mineral isolante, uma vez que os contaminantes (água e partículas) que diminuem a rigidez dielétrica são reduzidos a níveis adequados. Ele também culmina na redução de gases dissolvidos no óleo mineral isolante. Esse é um momento crucial da referida manutenção, já que a correta filtragem do óleo garantirá o sucesso da manutenção realizada.

Contudo, é preciso atentar-se a algumas particularidades no período de tratamento e filtragem do óleo. Como pontuado, esse tratamento está sendo realizado a fim de eliminar partículas e umidade presentes no óleo, o que causa a queda de seu valor de rigidez dielétrica. Portanto, em primeiro lugar, acompanha-se em tempo integral o índice de umidade relativa do ar no período de realização do tratamento. Umidade acima de 70% inviabiliza o processo, resultando em retrabalho.

Para realizar tal filtragem, usa-se um filtro prensa com elementos substituíveis, o qual retém as partículas presentes no óleo isolante durante o processo de filtragem. É o que se observa na Figura 21.

**Figura 21** – Filtragem do óleo isolante através do filtro prensa



Fonte: O autor, 2022.

Os elementos filtrantes que entram em contato com o óleo isolante também merecem atenção no que respeita à umidade. De nada adiantaria uma filtragem de partículas em um óleo isolante se, nesse mesmo procedimento, ele fosse contaminado com umidade através de elementos filtrantes sem tratamento. Para tanto, adota-se uma estufa para aquecimento dos elementos filtrantes, visando retirar por completo a umidade presente no corpo dos elementos filtrantes.

Sendo assim, expõem-se os elementos filtrantes na estufa para retirada de umidade, antes da filtragem do óleo (Figura 22), e os elementos filtrantes retirados após a filtragem do óleo, totalmente sujo com as impurezas (Figura 23).

**Figura 22** – Elementos filtrantes antes da filtragem



Fonte: O autor, 2022.

**Figura 23** – Elementos filtrantes após a filtragem do óleo



Fonte: O autor, 2022.

A princípio, utilizam-se tambores de óleo vazio e descontaminado para a filtragem entre um tambor e outro. Essa prática evita que o óleo ainda contaminado com impurezas retorne à cuba do disjuntor limpa, evitando o retorno de sujidades ao local.

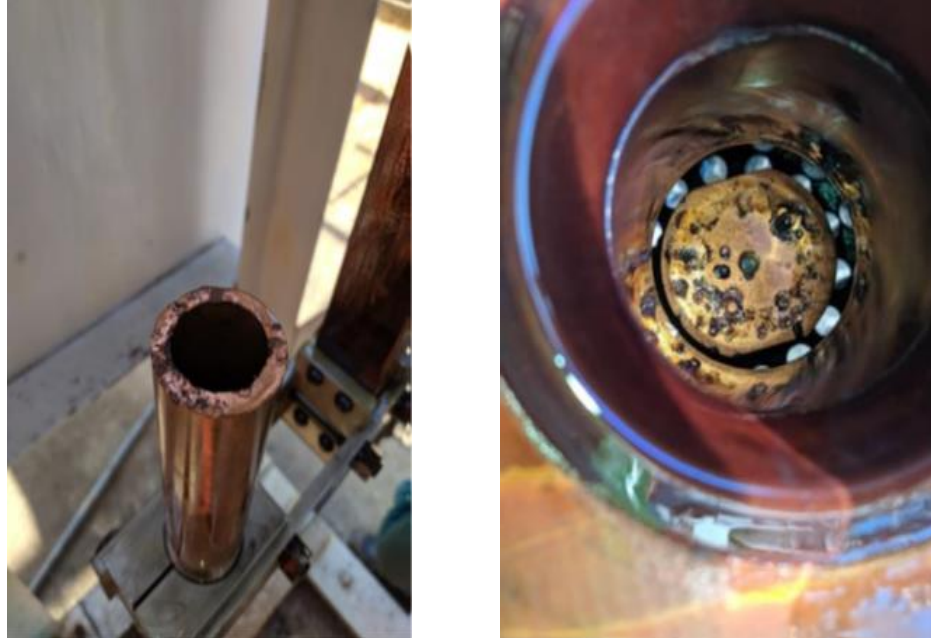
## 5.5 MELHORIA NAS FACES DOS CONTATOS FIXO E MÓVEL

Uma das principais preocupações que se deve ter com o disjuntor é ver como se encontra a condição dos contatos fixo e móvel. Os contatos dos disjuntores devem ter resistências ôhmicas muito baixas, a fim de que os altos valores de corrente que passam entre eles não criem pontos quentes, por meio do efeito Joule. Isso porque pode aumentar a temperatura, ocasionando a degradação do equipamento e, por conseguinte, tornar-se inoperante.

A resistência de contato depende do perfeito acoplamento entre os contatos fixo e móvel do disjuntor. Portanto, como esses contatos encontravam-se deteriorados, no âmbito visual, pela ação do arco elétrico, decidiu-se pela usinagem das faces, em prol da melhora do acoplamento e, como consequência, a melhora no ensaio de resistência de contato. É o que se nota na Figura 24.



**Figura 24** – Faces dos contatos danificados provenientes da ação do arco elétrico



Fonte: O autor, 2022.

Na Figura 25, por sua vez, estão as faces dos contatos móvel e fixo usinadas, promovendo um melhor resultado no ensaio de resistência de contato.

**Figura 25** – Contatos usinados com as faces regulares



Fonte: O autor, 2022.

Em continuidade, mediu-se o comprimento de cada contato, com intuito de verificar, após a usinagem, quantos milímetros haviam sido retirados de cada peça. Essa prática foi essencial no momento de remontagem dos contatos do disjuntor. Isso porque se teria em mãos os ajustes necessários a serem realizados em cada contato se o novo ensaio de oscilografia não atingisse os valores medidos antes desse tipo de intervenção.

## 5.6 PROCESSO DE MONTAGEM DO DISJUNTOR

Após concluídas as etapas de limpeza interna e usinagem dos contatos do disjuntor, remontou-o com a instalação dos contatos fixos dentro das câmaras de extinção de arco elétrico. Em seguida, instalou-se cada fase correspondente, conforme representado na Figura 26, tendo em vista as marcações realizadas antes da desmontagem, as câmaras de extinção de arco.

**Figura 26** – Interior do disjuntor demonstrando a reinstalação da câmara de extinção de arco



Fonte: O autor, 2022.

Logo após a montagem das câmaras de extinção de arco elétrico, reinstalaram-se os contatos móveis, cumprindo, de modo fiel, as identificações designadas a cada contato antes da desmontagem inicial, tal como se nota na Figura 27.

**Figura 27** – Reinstalação dos contatos móveis do disjuntor após usinagem



Fonte: O autor, 2022.

Em seguida, reinstalaram-se as cubas metálicas do disjuntor para possibilitar o abastecimento com o óleo isolante pré-filtrado, conferindo o aperto uniforme de todos os parafusos que vedam a cuba. Desse modo, evitam-se o derramamento e o vazamento do óleo ao ser completado.

Com auxílio do filtro prensa, inicia-se o processo de reabastecimento das cubas do disjuntor, observando-se as identificações realizadas previamente à drenagem do óleo. Em seguida, retornou-se às cubas o óleo que estava em operação antes do início da manutenção. Tal prática também ajudará a conclusão após os ensaios, verificando se a filtragem foi satisfatória ou não.

Após o reabastecimento e a conferência de nível exato nas cubas, tal como presente na Figura 28, começou o processo de filtragem do óleo isolante, analisando-se o clima e as condições atmosféricas. Isso porque, consoante mencionado neste estudo, com a umidade relativa do ar acima de 70%, o processo de filtragem é contaminado por partículas de água.

**Figura 28** – Indicação de nível de óleo



Fonte: O autor, 2022.

Os elementos filtrantes do filtro prensa estavam acomodados em uma estufa, o que serviu para mitigar a umidade presente neles. Sendo assim, colocaram-se dois elementos por compartimento, inseridos no filtro prensa, e iniciou-se a filtragem do óleo isolante de cada fase do disjuntor. Essa etapa durou cerca de duas horas em cada cuba. Durante esse processo, substituíram-se os elementos filtrantes do filtro prensa a cada 30 minutos, melhorando, assim, a capacidade de retenção de partículas sólidas, sujidades e a retirada de umidade do óleo isolante.

Posteriormente à realização da filtragem do óleo isolante em todas as cubas, deliberou-se que o disjuntor estaria disponível para a realização de novos ensaios

elétricos, a fim de verificar a eficácia ou não dos procedimentos realizados nessa manutenção.

De acordo com resultados obtidos e descritos nas Tabelas 6 e 7, comprovou-se a eficiência das manutenções. Assim, o disjuntor estaria apto a voltar à operação normalmente, sem colocar em risco a integridade física do equipamento e do meio ambiente.

A realização correta dos procedimentos e a observância das particularidades de cada passo no ensaio e no período de tratamento do óleo contribuíram para o sucesso dessa manutenção. Dessa forma, evita-se o retrabalho de atividades e garante-se o retorno do equipamento no prazo adequado.

**Tabela 6** – Ensaio de rigidez dielétrica pós-manutenção

Ensaio de Rigidez Dielétrica do óleo			
ENSAIOS REALIZADOS	FASE A	FASE B	FASE C
RIGIDEZ DIELÉTRICA DO ÓLEO	49,1 kV	52,1 kV	58,0 kV

Fonte: O autor.

**Tabela 7 – Ensaio Elétrico resistência de isolamento e de contato pós-manutenção**
**ENSAIO RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO COM O DISJUNTOR FECHADO**

Line	Eart	Guard	Fase	Res. Medida
A1	M	-	Vm	1,84 GΩ
B1	M	-	Az	5,74 GΩ
C1	M	-	Br	1,80 GΩ

**ENSAIO RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO COM O DISJUNTOR ABERTO**

Line	Eart	Guard	Fase	Res. Medida
A1	A2	M	Vm	$\geq 15T\Omega$
B1	B2	M	Az	$\geq 15T\Omega$
C1	C2	M	Br	$\geq 15T\Omega$

**RESISTÊNCIA DE CONTATO**

Cabo Corrente I1	Cabo Tensão V1	Cabo Corrente I2	Cabo Tensão V2	Fase	Resist. Medida
A1	A1	A2	A2	Vm	447 $\mu\Omega$
B1	B1	B2	B2	Az	276 $\mu\Omega$
C1	C1	C2	C2	Br	610 $\mu\Omega$

Fonte: O autor.

## 6 CONCLUSÕES

Com base na análise das tabelas referentes aos ensaios realizados no disjuntor, concluiu-se que os processos de manutenção foram satisfatórios no que se refere à saúde do equipamento e à garantia de continuidade de operação contínua sem ocorrências indesejadas, o que, com certeza, acarretaria prejuízos econômicos à empresa e com grande potencial de uma ocorrência ambiental. Isso porque, em se tratando de grande volume de óleo, o derramamento desse óleo levaria a um acidente ambiental o que, nos dias de hoje, é inaceitável acontecer.

A confiabilidade e a disponibilidade do equipamento garantem à empresa responsável pelo disjuntor um alto índice de disponibilidade dos geradores da usina, uma vez dito que o disjuntor em estudo é a principal ligação da barra geradora à barra da subestação de energia.

No tocante ao custo-benefício dessa manutenção, é possível mencionar que a substituição de tal equipamento por um mais moderno não está nos planejamentos estratégicos da empresa para os próximos anos. Então o emprego da manutenção utilizando a mão de obra de dois técnicos durante o período de cinco dias mostrou-se favorável à realização. Além disso, os equipamentos para ensaios elétricos, que são complexos e possuem custo elevado para aquisição, são de propriedade da empresa responsável pelo disjuntor, eliminando-se, assim, um custo extra de locação.

Os produtos consumidos durante o processo de filtragem do óleo, no caso os elementos filtrantes, são de custo muito baixo, sendo insignificante em relação ao benefício que a manutenção proporcionou.

## ***ABSTRACT***

The present work aims to address the importance of preventive maintenance in a high voltage circuit breaker with Large Oil Volume insulation. In this sense, it highlights the role of this equipment for the reliability and safety of the electrical power system. The case study analyzes the real conditions that the equipment is in through electrical and dynamic tests with the purpose of verifying the main failures that can occur in this circuit breaker, such as low insulation resistance, the low dielectric strength value of the insulating mineral oil and demonstrate efficient maintenance strategies to be carried out to safely return the equipment. Therefore, the work contributes to advancements in the field of maintenance of electrical equipment in power substations, demonstrating the techniques used following technical procedures and the effectiveness of preventive maintenance processes, promoting operational efficiency in the Electric Power System, the SEP.

**Keywords:** Circuit breaker. Maintenance. Large Oil Volume Circuit Breaker. SEP. Dielectric strength.

## REFERÊNCIAS

CARVALHO, Antônio Carlos Cavalcanti de; PUENTE, Antônio Perez; FUCHS, Artur; PORTELA, Carlos Medeiros et al. **Disjuntores e Chaves**: Aplicação em Sistemas de Potência. UFF - 1995.

FOLGLIATTO, Flávio Sanson **Confiabilidade e manutenção industrial** [recurso eletrônico] / Flávio Sanson Folgliatto e José Luis Ribeiro Duarte. - Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2011.

FRONTIN, Sérgio de Oliveira. **Equipamentos de alta tensão – prospecção e hierarquização de inovações tecnológicas**. 1. ed. Brasília: Teixeira, 2013.

IEC 62271. **High-voltage switchgear and controlgear** – Part 1: Common specifications for alternating current switchgear and controlgear. IEC Std 62271-1 - 2021, 2021.

IEC 62271. **High-voltage switchgear and controlgear** – Part 100: Alternating-current circuitbreakers. IEC Std 62271-100 - 2021, 2021.

IEC 62271. **High-voltage switchgear and controlgear** – Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches. IEC Std 62271-102 - 2022, 2022.

KARDEC, Alan; NASCIF Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 3.ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2009.

MACHADO, Leila Câmara. **Gerenciamento diário e controle analítico do processo de pintura “Coil Coating”**. 2006. 43f. Relatório de Estágio Curricular (Graduação em Engenharia Química). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

MAMEDE FILHO, João. **Manual de equipamentos elétricos**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

MONCHY, François. **A Função Manutenção: Formação para a gerência da Manutenção Industrial**. 1.ed. São Paulo: Ed. Durban, 1987.

TOAZZA, Guilherme Francez; SELLITO, Miguel Afonso. **Estratégia de Manutenção Preditiva no Departamento Gráfico de uma Empresa do Ramo Fumageiro**. *Revista Produção Online*. V.15, n.3, 2015. Disponível em: <http://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/1623/1298>. Acesso em 05 out. 2023.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva: O Caminho para Eliminar Falhas nos Equipamentos e Aumentar a Produtividade**. 1.ed. Rio de Janeiro: EDG, 1998.