

Estudo de Caso: Manutenção Preventiva E Corretiva Em Pannel Elétrico De Média Tensão De Uma Usina Siderúrgica

Joao Vitor Maia da Silva ^[1], Humberto Dionisio de Andrade ^[2]

^[1] Universidade Federal Rural do Semi-Árido; joao.silva23441@alunos.ufersa.edu.br

^[2] Universidade Federal Rural do Semi-Árido; humbertodionisio@ufersa.edu.br

Resumo: Este estudo aborda a manutenção de painéis elétricos de 23kV em uma siderúrgica no Ceará, com foco nas inspeções realizadas após a identificação do efeito corona. A manutenção é essencial para garantir o funcionamento contínuo de áreas críticas, como a estação de tratamento de água e a trefilaria. Durante as inspeções, verificou-se a presença de descargas parciais nos isoladores do painel, principalmente devido à alta umidade e à proximidade com torres de resfriamento. As ações corretivas incluíram a limpeza dos componentes com álcool 70%, aplicação de revestimento de silicone e uso de desumidificador. Testes de isolamento elétrica foram realizados antes e após a intervenção, revelando melhorias significativas nos valores de resistência. O estudo destaca a importância de manutenções preventivas e corretivas em ambientes industriais agressivos, reforçando a necessidade de monitoramento constante e intervenções planejadas.

Palavras-chave: painel elétrico; manutenção; descargas parciais; confiabilidade.

Abstract: This study discusses the maintenance of 23kV electrical panels in a steel plant in Ceará, focusing on inspections after identifying the corona effect. Maintenance is crucial to ensure the continuous operation of critical areas, such as the Water Treatment Station and Wire Drawing Unit. Partial discharges in the panel's insulators, mainly caused by high humidity, were detected. Corrective actions included cleaning components with 70% alcohol, applying silicone coating, and using a dehumidifier. Electrical insulation tests were performed before and after the intervention, showing significant improvements. The study emphasizes the importance of preventive and corrective maintenance in harsh industrial environments, highlighting the need for constant monitoring and planned interventions.

Key-words: electrical panels; maintenance; partial discharges; reliability.

1. INTRODUÇÃO

Para que uma usina siderúrgica se mantenha competitiva no mercado, é fundamental que todas as suas áreas operacionais garantam uma consistência em suas atividades. A disponibilidade de energia elétrica é crucial para o funcionamento ininterrupto dos equipamentos, impactando diretamente a produção e a qualidade dos produtos do aço (vergalhão, fio máquina, telas e treliças). Quando a energia é interrompida ou instável, o processo industrial é comprometido, o que pode resultar em perdas significativas de tempo, materiais e, consequentemente, na redução dos lucros.

A definição de estratégias de manutenção que assegurem a confiabilidade dos ativos e sistemas de fornecimento de energia é essencial para que a usina opere com eficiência máxima. Otimizar esses recursos garante que a produção seja ampliada de forma sustentável e com o menor risco de interrupções. E são nessas circunstâncias que entra a manutenção como função chave no processo industrial. A manutenção refere-se ao conjunto de atividades que garantem a funcionalidade dos equipamentos. O termo vem do latim e pode ser interpretado como "manter o que se tem em mãos". [1]

A manutenção industrial evoluiu em seis fases principais. Na 1ª fase, pré-revolução industrial, no século XVIII, o próprio operador era responsável pela manutenção do seu maquinário simples, sem grandes impactos econômicos. Na 2ª fase, no século XIX, com a Revolução Industrial e invenções como a eletricidade e as máquinas a vapor, a complexidade dos equipamentos aumentou, exigindo equipes especializadas. [2]

Na 3ª fase, no início do século XX, com a produção em série, surgiu a manutenção corretiva, focada em reparar falhas rapidamente para evitar paradas produtivas. Na 4ª fase, entre 1920 e 1950, impulsionada pela segunda guerra mundial, a manutenção preventiva se tornou crucial para prevenir falhas, especialmente em indústrias como a aeronáutica. Na 5ª fase, a racionalização (1950-1970), surgiu a engenharia de manutenção,

que planejava e controlava atividades preventivas e adotava a Manutenção Preditiva, baseada no monitoramento regular das condições dos equipamentos. A partir dos anos 1970, na 6ª fase, com o aumento da competitividade global, a manutenção produtiva total tornou-se essencial para aumentar a produtividade, tornando a manutenção uma ferramenta estratégica para a sobrevivência das indústrias. [3, 4]

A manutenção evoluiu de simples trocas de equipamentos defeituosos para um processo altamente planejado, com supervisão e controle de parâmetros. Hoje, são utilizados instrumentos de diagnóstico para prevenir falhas, fornecendo dados periódicos e em tempo real sobre o desempenho dos equipamentos. [5]

Ao decorrer do trabalho será aprofundado sobre manutenção do sistema elétrico de potência em uma siderurgia tratando de alguns equipamentos importantes, focando em painéis elétricos. Os painéis elétricos constituem elementos fundamentais para o funcionamento seguro e eficiente de sistemas elétricos complexos. Aplicados em ambientes industriais, comerciais e residenciais, esses painéis desempenham papel essencial na distribuição, proteção e controle da energia elétrica. Este estudo analisa a importância dos painéis elétricos, suas funcionalidades centrais e suas aplicações em diversos setores, com impacto direto na confiabilidade e modernização das infraestruturas elétricas. Um painel elétrico, é um dispositivo centralizado que acomoda componentes essenciais para o controle, distribuição e proteção da energia elétrica em uma instalação. Atua como um ponto de conexão e gerenciamento para múltiplos circuitos elétricos e equipamentos, assegurando o fornecimento seguro e eficiente de eletricidade para diversos dispositivos e máquinas. [6]

Este artigo tem como objetivo desenvolver e implementar um sistema de planejamento de inspeções semanais para a manutenção preventiva de painéis elétricos de média tensão em uma usina siderúrgica. A pesquisa visa identificar e tratar não conformidades detectadas durante as inspeções, abordando a análise das causas raiz, a avaliação da gravidade dos problemas e a definição de estratégias corretivas para restabelecer as condições adequadas de operação. Espera-se que o sistema proposto contribua para a melhoria da confiabilidade e segurança dos painéis elétricos, além de otimizar o desempenho e a durabilidade dos equipamentos em um ambiente industrial de alta demanda.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo caracteriza-se como exploratório, com o objetivo de acompanhar a implementação de uma rotina de inspeção em um painel elétrico de média tensão em uma usina siderúrgica localizada em Caucaia - CE, Brasil. A manutenção adequada de painéis elétricos é fundamental para o desempenho operacional das instalações, impactando diretamente a produtividade e a confiabilidade do sistema. A escolha deste tema se justifica pela relevância das práticas de manutenção corretiva em ambientes industriais complexos.

A pesquisa foi conduzida em um segmento específico do sistema elétrico da usina, devido às limitações de recursos, este trecho do sistema corresponde a uma das salas elétricas de média tensão. Visitas regulares foram realizadas para a inspeção do painel, documentando condições operacionais, falhas e a eficácia das intervenções com o auxílio de um software de gestão de ativos. A coleta de dados será complementada por uma revisão da literatura sobre manutenção de painéis elétricos, fornecendo uma base teórica, mas com ênfase nas evidências práticas observadas na usina.

A análise dos dados foi qualitativa, buscando identificar as causas raízes dos problemas identificados nas inspeções. Foram utilizados métodos de análise de conteúdo para interpretar as informações, com foco nas práticas corretivas e na avaliação da eficácia dessas ações. Portanto, permitirá uma compreensão abrangente das condições do painel elétrico e de suas demandas de manutenção. Por fim, é importante ressaltar que o estudo se limita a um segmento do sistema elétrico, o que poderá restringir a generalização dos resultados. No entanto, tal abordagem oferece uma análise detalhada da performance e das necessidades de manutenção do painel em questão.

2.1 GESTÃO DE ATIVOS E MANUTENÇÃO PREVENTIVA

As rotinas de manutenção e inspeção dos painéis elétricos foram iniciadas no começo de 2024, através de um software de gestão de ativos para o planejamento e a execução das atividades de manutenção preventiva e corretiva. O software de gestão empresarial é uma ferramenta fundamental no suporte à gestão de processos de negócios, sendo utilizado por diversas organizações para integrar áreas como finanças, logística, vendas e recursos humanos em uma única plataforma tecnológica. Além das funcionalidades de gestão integrada, esse tipo de software também oferece soluções em nuvem, análise de dados, inteligência artificial e Internet das Coisas (IoT), permitindo que empresas de diferentes setores melhorem sua eficiência, tomem decisões baseadas em dados e se adaptem rapidamente a mudanças de mercado.

O modelo mencionado concentra-se na gestão da manutenção, permitindo que as empresas gerenciem eficientemente suas operações de manutenção e aumentem a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos. Com funcionalidades que abrangem a criação de ordens de serviço, planejamento de manutenção preventiva, controle de custos e gerenciamento de inventário, este módulo integra-se a outras ferramentas do sistema, otimizando o fluxo de informações e a tomada de decisões. Entre suas principais funcionalidades, estão: 1) Criação de ordens de manutenção; 2) Gestão de planos de manutenção; 3) Gestão de ativos; 4) Notificações de manutenção; 5) Integração com outros módulos de software, otimizando o gerenciamento de materiais e o planejamento de produção; 6) Cadastro de equipamentos, localizações e equipes; 7) Entre outras funções.

O roteiro de inspeção implementado com o auxílio do software teve como objeto uma sala elétrica da estação de tratamento de água (ETA) que possui três painéis elétricos do tipo SIMOSEC, modelo 3AH6403, fabricados pela Siemens, com especificações de 24 kV e correntes de 1250/630 A. Esses painéis estão localizados na sala elétrica que fornece energia para sistemas críticos, incluindo a laminação de tarugos, o resfriamento de equipamentos nas áreas produtivas e toda a alimentação da área de trefilaria. O plano de inspeção pode ser observado no Apêndice A. A estrutura e os principais componentes desses painéis são apresentados na Figura 1, que oferece uma visão geral da sua configuração. Na Figura 1 pode-se observar a representação dos 3 painéis elétricos na sala elétrica da ETA (Estação de Tratamento de Água) 23kV.

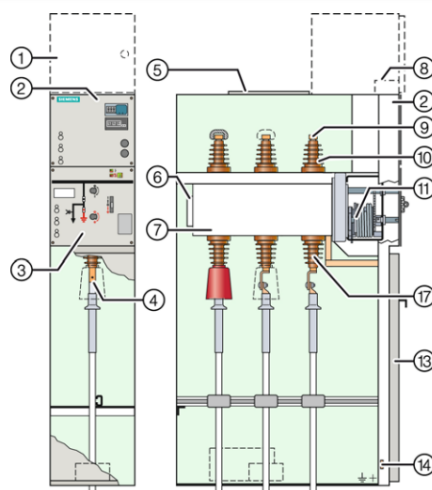


FIGURA 1. Visão frontal e lateral do painel elétrico tipo SIMOSEC. [7]

Os painéis elétricos são compostos por:

- | | |
|---|--|
| 1.Compartimento de baixa tensão (opcional); | 8.Opção canal de cabos (removível); |
| 2.Compartimento de baixa tensão; | 9.Barramento; |
| 3.Placa de controle; | 10.Bucha para as barras coletoras; |
| 4.Conexão de cabos; | 11.Mecanismo de operação do equipamento; |
| 5.Tampa do compartimento do barramento; | 13.Tampa do compartimento de cabos; |
| 6.Dispositivo de alívio de pressão; | 14.Barramento de aterramento; |
| 7.Invólucro do dispositivo de manobra; | 17.Bucha para o alimentador; |

Destacam-se nas atividades a inspeção visual através da janela de inspeção como ilustrado na Figura 2.



FIGURA 2. Visão frontal do painel elétrico mostrando a janela de inspeção. [Autoria própria]

2.2 EFEITO CORONA

Durante as rotinas de inspeção foi observado o efeito corona no interior do painel de entrada. O efeito corona se caracteriza pela aplicação de uma diferença de potencial entre eletrodos separados por um material dielétrico gera um campo elétrico na região entre eles. Com o aumento dessa diferença de potencial, o campo elétrico se intensifica e pode, em algumas situações, exceder a rigidez dielétrica do isolante, levando à ruptura dielétrica, que resulta na circulação de corrente entre os eletrodos. Quando essa ruptura ocorre localmente em um dielétrico gasoso, geralmente no ar, é frequentemente provocada por um campo elétrico não uniforme ou pela presença de irregularidades, o que pode desencadear descargas elétricas. A ruptura parcial de um dielétrico é classificada como descarga parcial, e o efeito corona representa uma forma específica desse tipo de descarga, caracterizando-se pela emissão de um brilho luminoso associado a uma corrente de baixa intensidade. [8]

Na Figura 3 pode-se observar a formação das descargas parciais características do efeito corona.

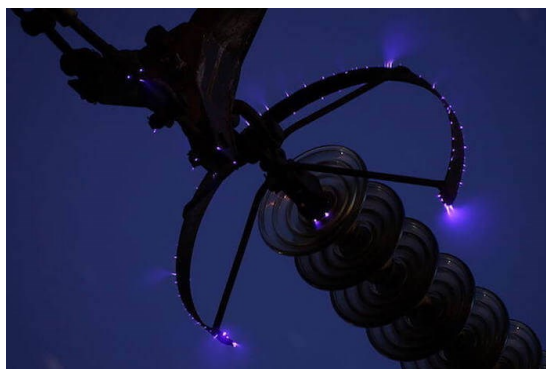


FIGURA 3. Descarga Corona em uma linha de energia aérea de 500 kV. [9]

O efeito corona caracteriza-se por descargas parciais que ocorrem quando o gradiente de potencial na superfície de um condutor excede o valor crítico local, produzindo ruídos e luminescência. Esse fenômeno pode ocorrer em diversos equipamentos elétricos. [10]

Nas condições atmosféricas, o ar é um ótimo isolante elétrico. Contudo, uma intensa concentração de campo elétrico em terminais que estejam inseridos em ambientes específicos pode resultar em descargas parciais pela capacidade que esta concentração intensa possui de ionizar as moléculas de ar. Quando a tensão elétrica exceder a rigidez dielétrica do ar, que pode ser entendida como a capacidade de isolamento do ar (estimada em aproximadamente 30 kV/cm) pode surgir o efeito corona. É importante notar que este fenômeno é diferente de um arco elétrico, já que as descargas parciais representam uma fase preliminar à ruptura dielétrica. Vários elementos podem tornar o ambiente mais suscetível para este fenômeno. [11, 12]

Além disso, as condições atmosféricas também desempenham um papel muito influente nesse fenômeno. Fatores como alta umidade, presença de poeira e poluição do ar reduzem a isolamento elétrica do ar, o que permite que seja ionizado com maior facilidade. A presença de impurezas no ambiente, como partículas de poeira e poluentes, agrava essa condição, facilitando ainda mais a ionização. Outro fator significativo é o estado físico dos isoladores e condutores. A presença de sujeira, ferrugem ou estrutura física comprometida (como superfície amassada) pode criar pontos de alta concentração de campo elétrico. A combinação desses fatores atua como estimulante para a formação de descargas parciais, que são manifestações características do efeito corona. A manutenção e limpeza regulares dos componentes elétricos são, portanto, essenciais para mitigar a ocorrência desse fenômeno. [13]

Foi observado que o efeito corona estava concentrado mais especificamente no isolador da fase R como mostrado na Figura 4.

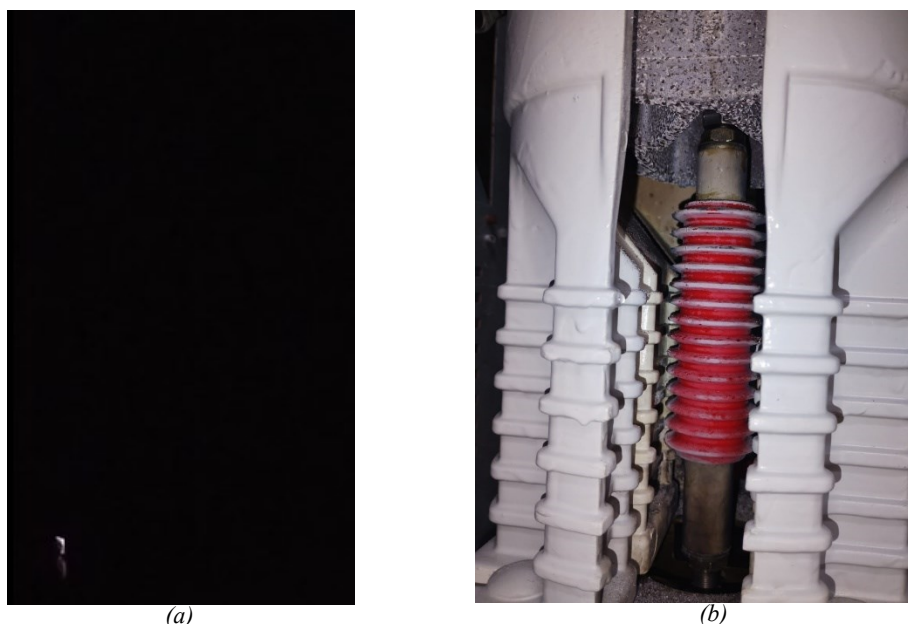


FIGURA 4. (a) É possível ver as descargas parciais capturadas em um vídeo através da janela de inspeção do painel elétrico, e (b) uma imagem do isolador da fase R evidenciando as descargas parciais no corpo do isolador com as manchas de cor pretas, características deste fenômeno. [Autoria própria]

Após as investigações iniciais foi constatado que os principais fatores deste fenômeno colocando em risco a integridade física do sistema elétrico de potência e de colaboradores, era o alto teor de umidade e o ambiente agressivo. A sala elétrica está próxima das torres de resfriamento das águas de contato e não contato com o processo produtiva, tornando o ambiente bastante úmido. Outro fator que colaborou com a umidade foi a estrutura da sala que não possuía um teto adequado permitindo vazamento e escoamento de águas de chuva.

Localizado na região metropolitana de Fortaleza, Caucaia possui um regime de chuvas típico da região tropical semiárida. Em contraste, os meses de agosto a outubro são os mais secos, com precipitações abaixo de 10 mm. [14]

Os meses de maior precipitação na cidade de Caucaia, assim como em várias outras regiões do Brasil, geralmente ocorrem entre março e maio, período que coincide com a estação chuvosa da Região Nordeste do país. É importante salientar que a intensidade das chuvas pode apresentar variações significativas a cada ano.

A pluviosidade média histórica de Caucaia mostra variação significativa ao longo do ano, com os meses de março e abril sendo os mais chuvosos, registrando uma média de 180 mm e 214 mm, respectivamente como pode ser visto na Figura 5. [15]

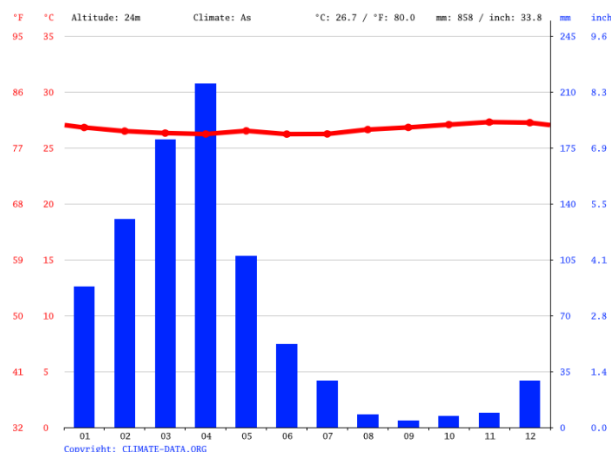


FIGURA 5. Temperatura (linha com pontos) e precipitação (gráfico de barras) média ao longo dos meses de Caucaia CE. [15]

Os primeiros indícios do efeito corona foram observados no final de março e início de abril o que corrobora com o histórico de chuvas do município.

2.3. MANUTENÇÃO CORRETIVA

Devido a produção que foi provisionada e avaliar os riscos envolvidos, foi tomada a decisão de aguardar uma oportunidade de parada 0kV para realizar testes e possivelmente uma manutenção corretiva. Em paralelo foram definidas ações estratégicas para intervir corretivamente:

- Acompanhamento diário da evolução do efeito corona no interior do painel através da inspeção visual e sonora;
- Acompanhamento diário das ações propostas para correção;
- Medição e controle de temperatura e umidade da sala elétrica;
- Contratação de empresa especializada para reforma do telhado da sala elétrica;
- Buscar proposta com fabricante Siemens de painel elétrico similar como reserva, uma vez que não existe sobressalente para o equipamento;
- Providenciar desumidificador industrial para a sala elétrica;
- Alinhar com as áreas produtivas uma parada 0kV significando interrompimento na produção das duas áreas operacionais;
- Providenciar revestimento em silicone para os isoladores de alta tensão.

Uma intervenção foi planejada para o mês de junho onde havia programação de grande parada de manutenção onde uma das áreas produtivas da unidade diminuindo o impacto nos valores acumulados de produção. Com esse período também seria possível mobilizar os recursos anteriormente mencionados.

Entretanto no dia 27 de maio, após um desligamento não planejado provocado por oscilações no fornecimento de energia da concessionária ENEL, houve um desarme do disjuntor de 69kV da Subestação principal da usina e o retorno não foi imediato. Após algumas horas o fornecimento de energia elétrica pela concessionária foi reestabelecido. Durante as manobras para rearmar o sistema elétrico de potência das áreas industriais o painel da sala elétrica da ETA não foi energizado, o relé de segurança atuou desarmando o disjuntor na subestação principal de 69kV que alimentaria a sala elétrica da ETA 23kV ainda na subestação principal.

3. RESULTADOS

Após o contato com o eletricitista responsável da área e a engenheira eletricitista da unidade foram realizadas algumas suposições para serem averiguadas. A principal linha de suspeita segue que a sala elétrica da ETA 23kV esteja com seu painel comprometido realizando fuga de corrente no momento da reenergização da subestação principal. A seção que alimenta a ETA foi bloqueada na subestação principal para garantir a segurança dos colaboradores durante a realização dos testes seguindo as normas da NR10.

Foi averiguado através de um Relógio Termo-higrômetro da fabricante Minipa uma umidade de 70%, e as paredes da sala bem úmidas, devida a forte chuva que ocorrera no domingo.

O relógio termo-higrômetro digital int/ext mt-241 da fabricante Minipa é um dispositivo projetado para medir e monitorar a temperatura e a umidade relativa do ar em ambientes internos e externos. Suas principais funções e utilidades são medidas de temperatura, medidas de umidade. Essas funções são exibidas em display junto com outras informações triviais como data e hora. [18] A Figura 6 mostra este equipamento auxiliar genérico.



FIGURA 6. Relógio termo-hidrômetro MT-241, Minipa. [16]

A próxima etapa definida foi realizar o teste de isolamento elétrica com auxílio de megômetro. O ensaio de isolamento elétrico utilizando um megômetro é um método amplamente empregado para verificar a integridade do isolamento de componentes elétricos, como cabos, motores e painéis. Esse teste visa identificar possíveis falhas no isolamento que possam gerar fugas de corrente ou comprometimentos operacionais. Para sua realização, o circuito ou equipamento a ser testado deve estar desenergizado e isolado do sistema, assegurando que fatores externos, como umidade, não interfiram nos resultados. [17]

O Megômetro HMMG 5 da fabricante Highmed foi mobilizado para realização dos testes de resistência de isolamento. Megômetro Digital de 5kV com tensões fixas de 500V, 1kV, 2,5kV e 5kV.

Na Figura 7 pode-se observar o equipamento.



FIGURA 7. Megômetro digital Highmed HMMG-5. [17]

O megômetro aplica uma tensão de teste, que pode variar conforme a classificação do equipamento, entre 250 V e 5 kV. Equipamentos de baixa tensão, por exemplo, costuma ser testados com 500 V ou 1 kV, enquanto dispositivos de média tensão podem exigir tensões superiores. Durante o teste, um dos cabos do megômetro é conectado ao condutor energizado e o outro à parte aterrada ou não energizada. A resistência de isolamento entre essas partes é então medida em mega ohms (MΩ). No manual do equipamento está descrito uma lista de instruções que informam como manusear o equipamento, está contida no Anexo A – Instruções de operação de Megômetro Digital HMMG-5.

Com auxílio do megômetro foi averiguado a resistência de isolamento elétrica das fases no painel de entrada da sala elétrica ETA 23kV, os valores estão apresentados na tabela 1.

TABELA 1. Medição de isolamento elétrica fases e terra (GND, abreviação de *ground*, que em tradução livre significa terra em inglês) nos cabos de entrada da sala elétrica da ETA com auxílio de megômetro. [Autoria própria]

<i>L1-GND</i>	<i>L2-GND</i>	<i>L3-GND</i>
<1kΩ	<1kΩ	<1kΩ

Os valores de resistência de isolamento são um indicativo crítico da condição do material isolante. Valores elevados de resistência indicam um bom estado do isolamento, enquanto valores baixos podem apontar problemas como contaminação, umidade, envelhecimento ou degradação do material isolante.

As normas técnicas que regulam esses ensaios, como a NBR 5383 (motores elétricos), a NBR 14039 (redes de distribuição de média tensão) e a IEEE Std 43-2013, especificam limites de resistência de isolamento aceitáveis em conjunto com as especificações do fabricante. [18, 19, 20]

Para o caso estudado, o fabricante recomenda o valor é de 10 MΩ como limite mínimo para a resistência de isolamento. Já para equipamentos de baixa tensão, o valor mínimo é de 1 MΩ, podendo variar conforme a classe de tensão e o ambiente operacional. Outros equipamentos como barramentos, transformadores de corrente e tensão, disjuntor dos painéis, foram testados para isolamento elétrica e os valores foram ótimos. Devido a urgência da intervenção não houve registro destes números em nenhuma documentação.

Após testes foi aberto o painel para avaliação de próximas ações. Na Figura 8 pode-se observar alguns dos registros.



FIGURA 8. Painel SIMOSEC de entrada aberto para manutenção corretiva. [Autoria própria]

Na Figura 9 pode-se observar com mais detalhes o estado físico dos isoladores do painel elétrico.

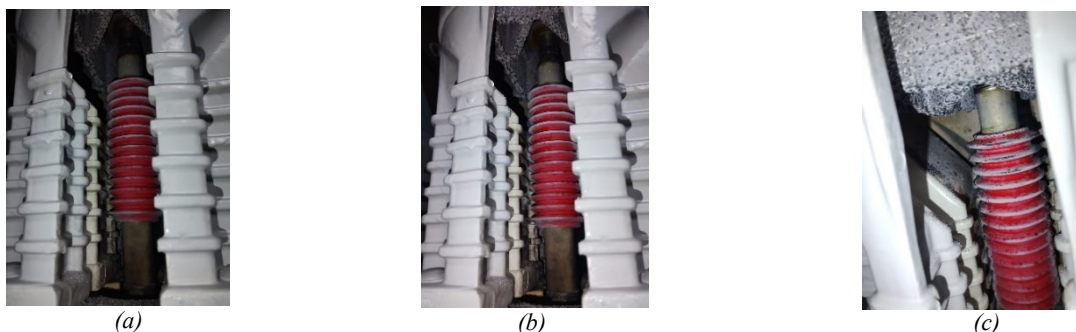


FIGURA 9. (a) Estado físico do isolante da fase R; (b) Estado físico do isolante da fase S; (c) Estado físico do isolante da fase T. [Autoria própria]

Foi iniciado o trabalho de limpeza do interior do painel elétrico e dos isoladores utilizando álcool 70%. O álcool 70% são amplamente utilizados na limpeza de componentes elétricos devido à sua capacidade de remover sujeira, óleo, poeira e umidade sem deixar resíduos que possam comprometer o isolamento. Sua concentração de 70% é ideal, pois equilibra a eficácia na desinfecção com uma evaporação relativamente rápida, minimizando a chance de umidade residual. Além disso, o álcool 70% têm baixa condutividade elétrica, o que o torna seguro para a limpeza de superfícies e componentes sensíveis sem o risco de causar curto-circuito ou danos aos materiais isolantes. Seguindo o mesmo princípio, o revestimento em silicone que havia sido mobilizado para uma futura parada no mês seguinte conseguiu ser antecipado, e, foi utilizado nesta manutenção corretiva.

Na Figura 10 pode ser observado o material.



Figura 10. Balde de 20 kg referente a Si-Coat 570 HVIC da fabricante CSL Silicones Inc. [Autoria própria]

O Si-COAT 570 HVIC é um revestimento de silicone desenvolvido para isoladores de alta tensão, caracterizado por sua composição de polissiloxano de silicone que vulcaniza em temperatura ambiente (RTV). Este revestimento se destaca por sua resistência a produtos químicos, corrosão, altas temperaturas, salinidade e radiação ultravioleta, proporcionando durabilidade em ambientes agressivos. Além disso, sua propriedade hidrofóbica reduz significativamente a corrente de fuga em isoladores de alta tensão, aumentando a eficiência e a segurança das operações elétricas. [21]

O Si-COAT 570 HVIC pode ser aplicado tanto em isoladores novos quanto em equipamentos antigos que necessitam de reforma. Um dos seus principais benefícios é que não exige calor para curar, eliminando o risco de reações adicionais durante o processo de cura. Sua aplicação é suave e fácil, o que promove economia de material e aprimora o desempenho final. Além disso, o produto é fornecido pronto para uso, dispensando a necessidade de diluição ou mistura antes da aplicação, o que facilita ainda mais seu manuseio. A Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) do material estava disponível fisicamente no momento da aplicação como medida de segurança.

Antes de novos testes de isolamento elétrica a fim de certificar as condições satisfatórias para retorno foi mobilizado um desumidificador portátil para a sala elétrica da ETA 23kV. Na Figura 11 podemos ver o resultado dessa intervenção.

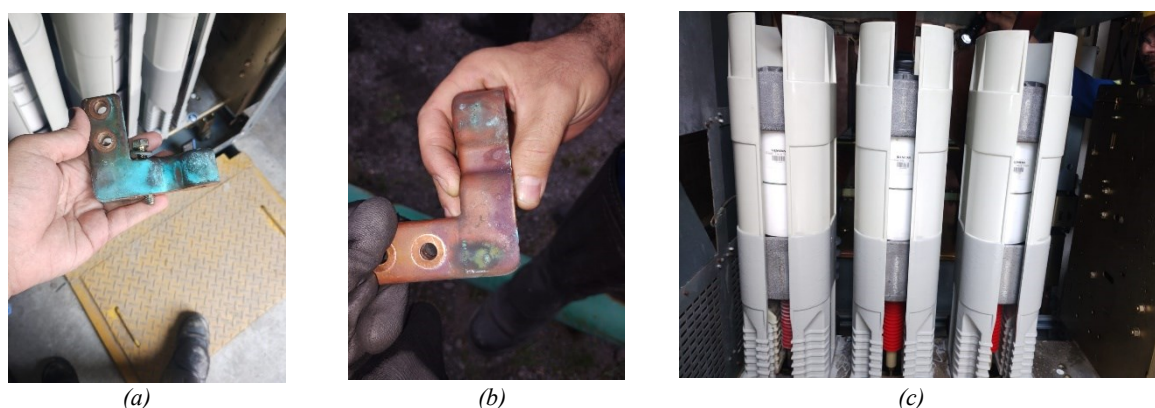


FIGURA 11. (a) Estado físico do conector de cabos antes da limpeza; (b) Estado físico do conector de cabos após a limpeza; (c) Estado físico dos isolantes pós limpeza fases R, S, e T. [Autoria própria]

Com auxílio do mesmo megômetro foram realizados novos testes de resistência de isolamento elétrica das fases no painel de entrada da sala elétrica ETA 23kV, como pode ser observado na Figura 12.



FIGURA 12. Operação de megômetro 5kV Highmed para novos testes de isolamento elétrica após manutenção corretiva; [Autoria própria]

Os resultados podem ser consultados na Tabela 2.

TABELA 2. Medição de isolamento elétrica fase-fase nos cabos de entrada da sala elétrica da ETA com auxílio de megômetro. [Autoria própria]

<i>L1-GND</i>	<i>L2-GND</i>	<i>L3-GND</i>
196M Ω	57 M Ω	45M Ω

Após a conclusão dos testes de isolamento elétrica dos isoladores do painel de entrada da sala elétrica da ETA 23kV o equipamento foi liberado para reenergização e as manobras ocorreram sem eventos constatando a eficácia da intervenção de manutenção.

Algumas ações foram concluídas, como por exemplo, a reforma do telhado que foi finalizada durante a grande parada de manutenção no mês de junho, como pode ser observado na Figura 13.

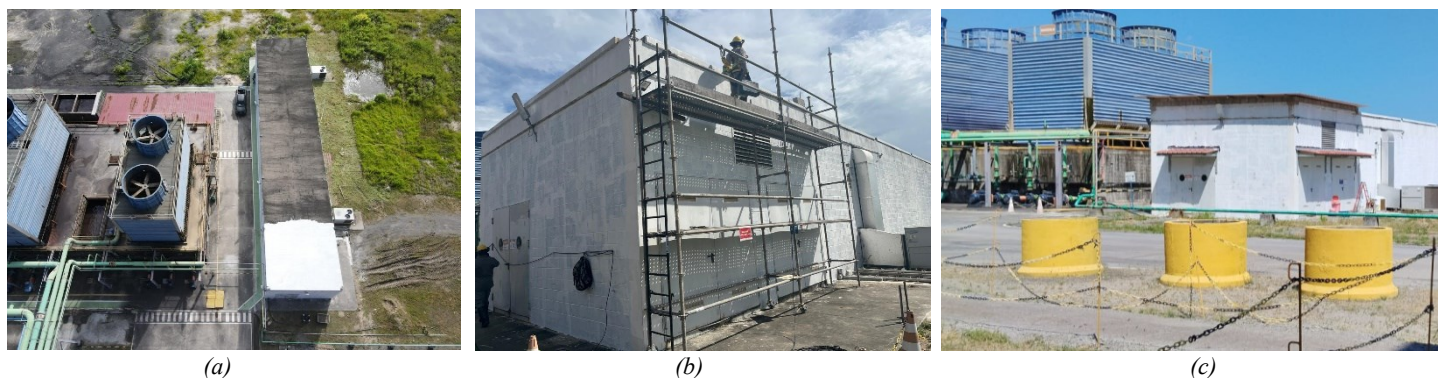


FIGURA 13. Podemos ver as 3 etapas da realização do serviço da reforma do telhado: (a) imagem aérea antes da elaboração do serviço; (b) imagem retratando a estrutura do andaime que auxiliou na reforma do telhado; (c) imagem retrata o resultado do telhado reformado. [Autoria própria]

Outras ações seguem em andamento, como a tratativa com a Siemens para aquisição de um painel elétrico reserva, tal ativo necessita de um sobressalente.

4. CONCLUSÃO

É possível afirmar que o estudo destaca a importância da manutenção preventiva e corretiva em sistemas elétricos de potência, especialmente em ambientes industriais desafiadores, como siderúrgicas. Inspeções regulares e o monitoramento contínuo de umidade e temperatura foram essenciais para identificar e mitigar problemas relacionados ao efeito corona. A identificação desse fenômeno em painéis de alta tensão, como no sistema da ETA de 23 kV, revela a necessidade de intervenções rápidas para evitar danos aos equipamentos e garantir a segurança dos colaboradores.

Um planejamento cuidadoso, respaldado por dados coletados com megômetro, foi fundamental para avaliar as condições dos isoladores e tomar decisões acertadas durante as intervenções. A aplicação de revestimentos de silicone de alta performance, como o Si-COAT 570 HVIC, mostrou-se eficaz na melhoria das propriedades de isolamento e na durabilidade dos componentes em ambientes úmidos e expostos a intempéries.

A interrupção inesperada do sistema, causada por oscilações externas, ressaltou a necessidade de uma abordagem proativa na manutenção elétrica. A rápida resposta da equipe técnica e a implementação de soluções corretivas, como limpeza e aplicação de revestimento isolante, foram cruciais para restaurar a confiabilidade operacional do painel SIMOSEC.

Os resultados dos testes de isolamento pós-intervenção indicaram uma melhora significativa nas condições dos componentes, garantindo a continuidade das operações na usina siderúrgica. Este estudo enfatiza a importância de uma gestão eficaz da manutenção que integre tecnologia e boas práticas, visando minimizar riscos operacionais e otimizar o desempenho do sistema elétrico em ambientes industriais.

REFERÊNCIAS

- [1] Ferraz Junior, J.E. *Mapeamento das Percepções de Desempenho da Gestão da Manutenção de Sistemas de Climatização Prediais – O Caso do Inmetro*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Fluminense (UFF), 2009.
- [2] Morán, A.V. *Manutenção Elétrica Industrial*. VM Editora: Salvador, 2005
- [3] Tavares, L.A. *Administração Moderna da Manutenção*. Rio de Janeiro: Novo Pólo Publicações e Assessoria Ltda, 1999.
- [4] Zaions, D.R. *Gestão da Manutenção*. Joaçaba: UNOESC Virtual, 2011.
- [5] Ribeiro, A. *Manutenção de Equipamentos em Empresa Siderúrgica*. Monografia, Universidade de Taubaté, 2004.
- [6] Mamede Filho, J. *Manual de equipamentos elétricos*. 4. ed.; LTC: Rio de Janeiro, 2013.
- [7] Siemens Energy. *Painéis do Tipo SIMOSEC até 24 kV, isolados a Ar, Ampliáveis: Painéis de Média Tensão*. Erlangen: Siemens AG, 2017. 76 p.
- [8] Souza, A.L. Efeito corona em isoladores poliméricos sob condições adversas. Dissertação de pós-doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 18 de março de 2016.
- [9] RIVER GLEN, A. *Corona discharge: what is the corona effect?* Disponível em: <https://riverglennapts.com/pt/transmission-effect/919-corona-discharge-what-is-the-corona-effect.html>. Acesso em: [24/10/2024].
- [10] RODRIGUES, D. C. *Efeito Corona: caracterização e cálculo do gradiente crítico visual*. 2014. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.
- [11] Silva, H.A.B.; Mota, A.A.; Mota, L.T.M. Interferência da Variação do Anel Anti-Corona na Distribuição do Campo Elétrico em Isoladores da Classe de Tensão de 500 kV. In: *IV Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE)*, Goiânia, Brasil, 2012.
- [12] DINIZ, Larissa. Análise do efeito corona em uma cadeia de isoladores de vidro de 69 kV: simulação computacional e ensaios experimentais. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.
- [13] Gianelli, B.F. *Caracterização do Efeito Corona em Isoladores Poliméricos do Tipo Bastão Submetidos à Poluição Salínica*. UNESP: Bauru, 2008.
- [14] Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). *Dados Meteorológicos do Município de Caucaia-CE*. Disponível online: <https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/2024/05/24/inmet-emite-alerta-de-perigo-potencial-para-tempestade-no-litoral-do-ceara.ghtml> (acesso em 20 de junho de 2024).
- [15] CLIMATE-DATA.ORG. Disponível em: climate-data.org. Acesso em: [24/10/2024].
- [16] MINIPA. Termo-higrômetro Digital Int/Ext MT-241. Disponível em: https://www.minipa.com.br/temperatura-e-ambiente/termo-higrometros/402-mt-241#proposta_tecnica. Acesso em: [24/10/2024].
- [17] HIGHMED. Manual de Instruções: Megômetro Digital HMMG-5. São Paulo: Highmed, 2022.
- [18] ABNT. *NBR 5383: Isoladores elétricos - Terminologia e generalidades*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2002.
- [19] Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 14039 - Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV*. ABNT: Rio de Janeiro, 2005.
- [20] INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. *IEEE Std 43-2013: IEEE Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Electric Machinery*. New York: IEEE, 2013.
- [21] Silicones Inc. FISPQ Si-Coat 570 RTV Silicone High Voltage Insulator Coating. Guelph: Silicones Inc., 2023.

APÊNDICE A- INSPEÇÃO SUBESTAÇÃO ETA 23KV

Ordem: 5768223	Tipo Ordem: Inspeção	Local de Inst.: 1425-UT1-SEL-E-ETA23	LI Desc: SUBESTACAO ETA PAINEIS ALTA TENSÃO 23KV
Desc. ordem: I C 10 - INSPEÇÃO SUBESTAÇÃO ETA 23KV	Tipo Atividade: 109 - Inspeção	Equipamento:	Pr
Status sist.: LIB. CAPC DMV/ NOLO SODM	Status usuário: OMRD-11-Programação	Sistema Cond: Em TrabalhoCom Carga	
C. trabalho: UT-MA-ME	Grupo Plan.: ZLA - Planej. Laminção	Especialidade:	Responsavel:
Data Inicio: 15/10/2024	Data Final: 15/10/2024	Revisão:	Duração: 36,00 MIN

Seq	Oper	Centro	Descrição da Operação	Local de Instalação	Dur.	Nº	Trab.	UOM	Cost	Descrição	Limite Inferior PM	Limite Superior PM	Res
1	0010	UT-MA-ME	RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA REALIZAÇÃO DA APR: - UTILIZAÇÃO DO CORRIÃO PARA USO DE ESCADA - RISCO DE QUINTES - QUESA DE MESMO NÍVEL; - BATERIA CONTRA - UTILIZAR LUVAS E VESTIMENTAS ADEQUADAS; - OBSERVAR MOVIMENTAÇÃO DE CARGA E SUBSTÂNCIA; - OBSERVAR PONTOS DE AQUECIMENTO E REGULARIDADE NO USO PROXIMO AO EQUIPAMENTO; - OBSERVAR ATENTAMENTE O AMBIENTE ANTES DE INICIAR AS ATIVIDADES; - UTILIZAR OS EPIs DE ACORDO COM A ATIVIDADE A SER REALIZADA.		15,00	1,0	15,0	MIN					
2	0020	UT-MA-ME	INSPEÇÃO NOS PAINÉIS DE AT - Verificar presença de cheiro comum; - Verificar anormalidade dos valores de temperatura dos cabos no rele de terminais; - Verificar limpeza, oxidação e danos na estrutura do painel; - Verificar funcionamento das sinalizações sonoras e visuais; - Verificar nível dos disjuntores; - Verificar presença de tensão no barramento através do amperímetro.		20,00	1,0	20,0	MIN					

Ordem: 5768223	Tipo Ordem: Inspeção	Local de Inst.: 1425-UT1-SEL-E-ETA23	LI Desc: SUBESTACAO ETA PAINEIS ALTA TENSÃO 23KV
Desc. ordem: I C 10 - INSPEÇÃO SUBESTAÇÃO ETA 23KV	Tipo Atividade: 109 - Inspeção	Equipamento:	Prior
Status sist.: LIB. CAPC DMV/ NOLO SODM	Status usuário: OMRD-11-Programação	Sistema Cond: Em TrabalhoCom Carga	
C. trabalho: UT-MA-ME	Grupo Plan.: ZLA - Planej. Laminção	Especialidade:	Responsavel:
Data Inicio: 15/10/2024	Data Final: 15/10/2024	Revisão:	Duração: 36,00 MIN

Seq	Oper	Centro	Descrição da Operação	Local de Instalação	Dur.	Nº	Trab.	UOM	Cost	Descrição	Limite Inferior PM	Limite Superior PM	Res
4	0040	UT-MA-ME	SISTEMA DE DETECÇÃO DE INCÊNDIO (SDI) - Verificar funcionamento do SDI; - Verificar alarmadores visuais e sonoros do SDI (som e LCD intermitente); - Verificar status dos sensores de fumaça; - Verificar se há presença de falhas na central do módulo.		15,00	1,0	15,0	MIN					
5	0050	UT-MA-ME	ESTRUTURA DA SALA - Inspeção visual na lâmina da sala (presença de poeira e/ou material); - Verificar se todos os terminais da sala estão funcionando normalmente; - Inspeção o funcionamento das lâmpadas de emergência; - Verificar se o sistema de refrigeração da sala está funcionando perfeitamente; - Verificar se a temperatura da sala está de acordo com padrão; - Verificar se a unidade da sala está de acordo com padrão; - Verificar presença de goteiras ou vazamentos de água; - Verificar presença de água no gabinete do cabo;		15,00	1,0	15,0	MIN					
6	0060	UT-MA-ME	SALA DO TRAFEGO A SECO			1,0	10,0	MIN					

Ordem: 5768223	Tipo Ordem: Inspeção	Local de Inst.: 1425-UT1-SEL-E-ETA23	LI Desc: SUBESTACAO ETA PAINEIS ALTA TENSÃO 23KV
Desc. ordem: I C 10 - INSPEÇÃO SUBESTAÇÃO ETA 23KV	Tipo Atividade: 109 - Inspeção	Equipamento:	Prioridade: 24 Horas
Status sist.: LIB. CAPC DMV/ NOLO SODM	Status usuário: OMRD-11-Programação	Sistema Cond: Em TrabalhoCom Carga	
C. trabalho: UT-MA-ME	Grupo Plan.: ZLA - Planej. Laminção	Especialidade:	Responsavel:
Data Inicio: 15/10/2024	Data Final: 15/10/2024	Revisão:	Duração: 36,00 MIN

Seq	Oper	Centro	Descrição da Operação	Local de Instalação	Dur.	Nº	Trab.	UOM	Cost	Descrição	Limite Inferior PM	Limite Superior PM	Res
3	0030	UT-MA-ME	INSPEÇÃO BATERIAS E RETIFICADOR - Verificar atuação de falha no retificador; - Verificar presença de vazamentos de eletrólitos nos elementos do banco de bateria; - Verificar limpeza, oxidação e fumaça; - Verificar se há presença de oxidação nos terminais positivos e negativos das baterias; - Verificar se há elementos estufados ou presença de gases na atmosfera através do odor; - Verificar se o nível do eletrólito está dentro p		20,00	1,0	20,0	MIN					

Ordem: 5768223	Tipo Ordem: Inspeção	Local de Inst.: 1425-UT1-SEL-E-ETA23	LI Desc: SUBESTACAO ETA PAINEIS ALTA TENSÃO 23KV
Desc. ordem: I C 10 - INSPEÇÃO SUBESTAÇÃO ETA 23KV	Tipo Atividade: 109 - Inspeção	Equipamento:	Prioridade: 24 Horas
Status sist.: LIB. CAPC DMV/ NOLO SODM	Status usuário: OMRD-11-Programação	Sistema Cond: Em TrabalhoCom Carga	
C. trabalho: UT-MA-ME	Grupo Plan.: ZLA - Planej. Laminção	Especialidade:	Responsavel:
Data Inicio: 15/10/2024	Data Final: 15/10/2024	Revisão:	Duração: 36,00 MIN

Seq	Oper	Centro	Descrição da Operação	Local de Instalação	Dur.	Nº	Trab.	UOM	Cost	Descrição	Limite Inferior PM	Limite Superior PM	Res
7	0070	UT-MA-ME	INSPEÇÃO VISUAL NA LINHA DE SAÍDA DO TRANSFORMADOR E SAÍDA DA BATERIA - Inspeção visual na saída da bateria do transformador e saída da bateria do transformador e saída da bateria do transformador (condições de alta e baixa); - Verificar se a unidade da sala está dentro p		10,00								
7	0070	UT-MA-ME	INSPEÇÃO VISUAL NA LINHA DE SAÍDA DO TRANSFORMADOR E SAÍDA DA BATERIA - Inspeção visual na saída da bateria do transformador e saída da bateria do transformador (condições de alta e baixa); - Verificar se a unidade da sala está dentro p		1,00	1,0	1,0	MIN					

Materiais Auxiliares de Produção				Materiais			
Oper	Digitar	Descrição	Quantidade	Nome	Oper	Quant	Unid
Recursos Planejados				Materiais			
Oper	Nome	Quantidade	Nome	Oper	Quant	Unid	Nome
0010	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0020	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0030	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0040	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0050	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0060	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0070	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0080	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0090	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0100	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0110	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0120	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0130	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0140	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0150	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0160	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0170	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0180	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0190	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0200	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0210	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0220	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0230	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0240	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0250	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0260	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0270	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0280	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0290	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0300	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0310	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0320	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0330	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0340	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0350	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0360	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0370	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0380	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0390	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0400	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0410	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0420	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0430	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0440	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0450	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0460	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0470	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0480	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0490	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0500	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0510	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0520	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0530	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0540	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0550	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0560	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0570	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0580	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0590	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0600	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0610	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0620	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0630	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0640	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0650	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0660	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0670	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0680	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0690	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0700	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0710	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0720	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0730	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0740	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0750	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0760	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0770	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0780	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0790	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0800	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0810	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0820	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0830	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0840	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0850	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0860	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0870	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0880	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0890	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0900	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0910	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0920	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0930	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0940	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0950	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0960	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0970	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0980	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
0990	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			
1000	FABIO JUNIOR FERREIRA DE SOUSA	37126256	UT-MA-ME	0,5			

ANEXO B- INSTRUÇÃO DE OPERAÇÃO DE MEGÔMETRO HMMG-5



Instruções de operação

1. Com o auxílio de luvas emborrachadas e sem ligar o equipamento conecte as garras vermelha e preta no objeto a ser testado.
Obs.: Atente-se sempre com a conexão do cabo de aterramento, pois ele que irá fazer a proteção do usuário e do equipamento.
2. Conecte os cabos no aparelho.
3. Ligue o equipamento.
4. Selecione a tensão que o teste irá ser feito. A seleção é feita nos botões 12*.
5. Selecione uma faixa de medição nos botões 14*.
6. Caso o instrumento indique fora de alcance (1____) deve-se ao fato do valor ôhmico ter ultrapassado o limite de escala, para verificar se a medição está alta selecione outra escala de resistência nos botões 14*.
Obs.: A troca de escalas de resistência pode ser feita com o equipamento ligado e com a seleção de tensão acionada.
7. Se na escala de 2TΩ o instrumento indicar fora de alcance (1____), desligue o equipamento e revise a conexão das garras e refaça as medições.
8. Para fazer a troca de objeto de teste desligue o equipamento aguarde 10 segundos para que toda a tensão que foi armazenada seja dissipada.

Exemplo de conexão:

