



Grupo de Estudo de Subestações e Equipamentos de Alta Tensão-GSE

Seccionador Monopolar Móvel para auxílio na desconexão ou conexão de equipamentos com a instalação energizada.

OAIRES JOSE BECK (1)
Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica - CEEE-GT (1)

RESUMO

O presente informe técnico descreve o desenvolvimento de uma solução técnica para a energização e desenergização de equipamentos de até 230 kV, que apresentam risco de explosão durante esse tipo de manobra, como Para-raios, TPs e TCs.

Aspectos inovadores como sua praticidade e versatilidade a diferenciam, no que se refere à sua aplicação e formas de instalação. É possível sua instalação nas posições horizontal e vertical, o que representa uma grande vantagem, ampliando assim seu campo de aplicação. Seu acionamento remoto independente, garante um afastamento adequado e seguro aos trabalhadores durante as manobras, conferindo maior segurança na utilização.

PALAVRAS-CHAVE

Energização, desenergização, equipamentos, versatilidade e segurança.

1.0 - INTRODUÇÃO

Em eletricidade, independente da classe de tensão, todo corpo condutivo ao ser energizado ou desenergizado, sofre um efeito físico/elétrico chamado de sobretensão. Esse fenômeno ocorre em todos os casos, desde o simples ato de acender uma lâmpada, bem como a energização de um elemento para-raios em uma subestação de alta tensão.

Segundo preconiza a NR-10, as instalações elétricas devem ser construídas, montadas, operadas, reformadas, ampliadas, reparadas e inspecionadas mantendo a segurança e a saúde dos trabalhadores e dos usuários. Nos trabalhos realizados no Sistema Elétrico de Potência – SEP devem ser adotadas medidas preventivas dedicadas ao controle dos riscos adicionais, especialmente quanto a campos elétricos, magnéticos e explosividade.

Nos trabalhos em equipamentos passíveis de explosão, a segurança dos trabalhadores deverá ser priorizada, e para tanto as manobras de energização e desenergização deste tipo de equipamento deverão ser realizadas por dispositivos ou técnicas, que mantenha os trabalhadores protegidos dos efeitos danosos, tanto elétricos quanto mecânicos.

A atividade de manutenção preventiva ou corretiva de equipamentos em subestações de energia elétrica implica, muitas vezes, na necessidade de desconectar o equipamento do módulo ou barramento. Tendo em vista questões

(*) Av. Joaquim Porto Villanova, n° 201 – Prédio F – Sala 2016 - CEP 91.410-400 – Bairro Jardim do Salso -
Porto Alegre, RS – Brasil

Tel: (+55 51) 3382-2419 – Email: oaioresb@ceee.com.br / oaioresbeck@gmail.com

operacionais e/ou financeira - Parcela Variável (ANEEL - Resolução normativa Nº 782. 2017) - há restrições para a realização do desligamento da função transmissão. Nessa situação, as empresas transmissoras precisam se valer de técnicas de trabalho mantendo a instalação energizada para realizar a atividade de desconexão, conexão e também de manutenção, como nos pontos quentes identificados nas conexões dos equipamentos.

2.0 - MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS COM A INSTALAÇÃO ENERGIZADA – MÉTODOS DE TRABALHO

Na maioria dos casos a desconexão e conexão dos equipamentos são realizadas utilizando-se de métodos de trabalho à distância e ao potencial. Em determinadas situações somente é possível mediante o acesso direto do eletricitista direto ao equipamento para a realização dos serviços, e para tanto, aplicando o método de trabalho ao potencial.

Método de trabalho à distância consiste na execução dos serviços com auxílio de bastões isolantes, mantendo distâncias seguras dos pontos energizados.

O método de trabalho ao potencial é baseado no princípio da “Gaiola de Faraday”, quando o eletricitista utiliza uma vestimenta condutiva, acessa ao ponto energizado utilizando-se de um meio isolante (andaime, escada ou cesto aéreo) e se conecta diretamente ao ponto energizado, ficando no mesmo potencial do circuito para realizar o serviço.

Independentemente do método utilizado os trabalhadores permanecem por longo tempo próximo ao equipamento sob intervenção. Ver Figuras 1 e 2.



FIGURA 1 – Método a distância

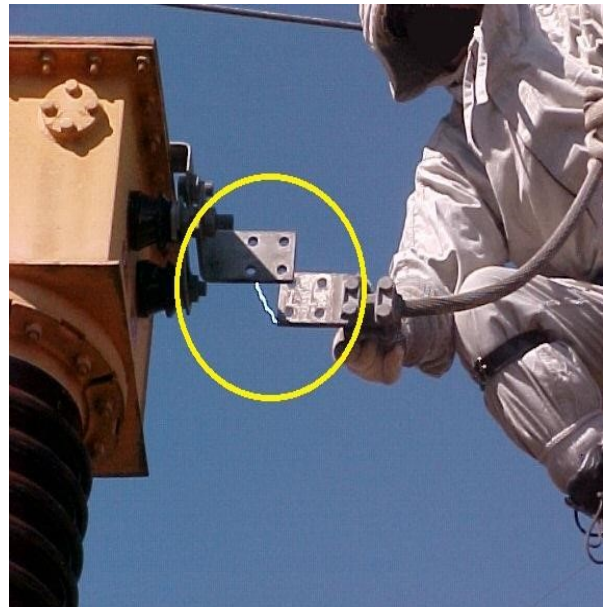


FIGURA 2 – Método ao potencial

3.0 - AUMENTO DA DEMANDA

3.1 TRABALHOS EM SUBESTAÇÕES

A partir da década de 80 os serviços em subestações energizadas tiveram um grande impulso no Brasil. Entretanto, alguns equipamentos como para-raios, transformadores de potencial e transformadores de corrente ainda causam muita preocupação entre as equipes de manutenção, devido ao longo tempo a que ficam expostos os trabalhadores durante as manobras de energização e desenergização desses equipamentos e aos riscos que isso representa.

Dados demonstram que independentemente da marca, do uso, das condições operacionais ou de variações climáticas, estes tipos de equipamentos, estão sujeitos falhas internas que podem levá-los a colapso, tornando-os suscetíveis a explosão a qualquer momento. Os riscos são acentuados principalmente no momento de sua energização ou desenergização, devido às possíveis sobretensões de manobra.

3.2 TRABALHOS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO

As atividades em linhas de transmissão também tiveram um grande aumento, principalmente nas tensões de 69 kV, 138 kV e 230 kV, a partir da década de 80. Ocorreu uma evolução no número e tipos de serviços realizados.

Algumas atividades, que até então não eram realizadas com o método à distância devido a algumas limitações, passaram a ser possíveis através da aplicação do método de trabalho ao potencial. Atividades como desenergização de trechos de linhas de transmissão se tornou comum no setor de linhas de transmissão.

Durante as manobras de desenergização ou energização de trechos de linhas de transmissão identificou-se a exposição do trabalhador aos efeitos do arco capacitivo provocado durante as manobras e a necessidade em desenvolver técnicas e/ou ferramentas para proporcionar a segurança necessária. Ver Figura 3.



FIGURA 3 – Abertura de trecho de 6 Km de linha de transmissão de 230 kV da CEEE-GT

4.0 - AÇÕES PARA DIMINUIR A EXPOSIÇÃO DOS TRABALHADORES DAS EQUIPES DE MANUTENÇÃO AOS RISCOS

Tendo em vista os riscos inerentes a este tipo de atividade e como forma de diminuir a exposição dos trabalhadores aos riscos, durante as atividades de manutenção, as empresas iniciaram a busca por uma solução que aumentasse o nível de segurança durante os serviços.

Inicialmente foram listados marcas e modelos de equipamentos que não oferecem segurança para realização qualquer tipo de intervenção mantendo a instalação energizada, as chamadas “Famílias de risco” de transformadores de corrente, por exemplo.

Posteriormente e paralelo a isso, foram desenvolvidos dispositivos e técnicas capazes de abrir o circuito a distância, isolando o equipamento para manutenção, e mantendo o restante da instalação energizada.

Devido à complexidade e diversidade, no que se referem a configuração das instalações, subestações e linhas de transmissão, mostrou-se necessário um estudo mais aprofundado, na busca por uma solução com maior amplitude de cobertura.

5.0 - AÇÕES PARA ENCONTRAR A SOLUÇÃO PARA O ATENDIMENTO PLENO ÀS EQUIPES

Considerando o fato de os produtos em oferta no mercado e das técnicas já desenvolvidas não atenderem plenamente às necessidades das equipes, foi realizado um estudo com o objetivo de suprir essa demanda.

Diante desse cenário, buscou-se desenvolver uma solução capaz de atender plenamente às necessidades das equipes, sem limitações dimensionais ou funcionais.

Como parte do desenvolvimento de uma solução para atender as demandas em serviços em subestações, levou-se em consideração a necessidade em desenvolver uma solução que atendesse determinadas demandas em linhas de transmissão.

Paralelamente ao estudo para o desenvolvimento de uma solução para o atendimento com maior amplitude em subestações, buscou-se uma solução aplicável também em linhas de transmissão, devido à expressiva demanda neste segmento, no que se refere à desenergização de pequenos trechos de LTs.

Identificadas às necessidades buscou-se desenvolver uma solução capaz de atendê-las. Inicialmente foi desenvolvido um protótipo. Foram realizados testes e melhorias, até se chegar ao produto no atual estágio de desenvolvimento.

Foi desenvolvido o Seccionador Monopolar Móvel - SMM, com várias alternativas quanto a sua aplicação, posição de instalação e operação. Ver Figura 4.

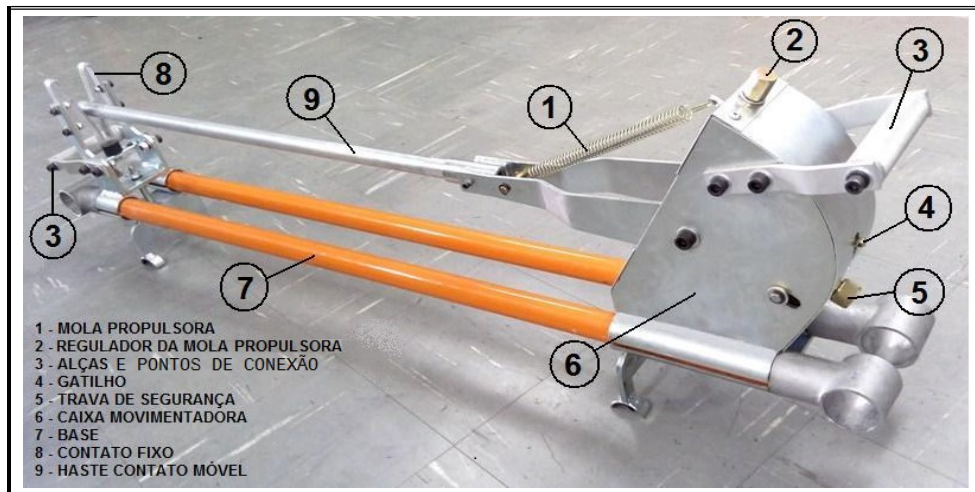


FIGURA 4 – Seccionador Monopolar Móvel – SMM

6.0 - DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO IDEAL

O Seccionador Monopolar Móvel – SMM trata-se de uma chave seccionadora monopolar portátil, comandada a distância, destinada a realizar manobras de desenergização ou energização de equipamentos como para-raios, transformadores de tensão, transformadores de corrente, bem como trechos de linhas de transmissão somente com tensão.

Sua função é a abertura ou fechamento de circuitos de 69 kV, 138 kV e 230 kV, somente com tensão. Seus movimentos de abertura e fechamento são impulsionados por meio de mola, o que torna a extinção do arco elétrico muito rápida e segura.

A mola é posicionada manualmente, através de uma chave, para abertura ou fechamento. A posição de carregamento da mola é definida pela posição de instalação e haste utilizada.

O acionamento do gatilho que libera a atuação da mola é através da central de comando, composta por um sistema eletroeletrônico alimentado eletricamente por meio de baterias, que ficam instalados junto ao SMM.

A mola propulsora é regulada de acordo com a haste utilizada. A configuração é definida de acordo com a classe de tensão e/ou característica do equipamento a ser energizado ou desenergizado. Possui ainda uma trava de segurança, que impede o seu acionamento involuntário. Característica indispensável para garantir a segurança durante as etapas de instalação.

Seu acionamento é independente, por meio de controle remoto, o que permite o afastamento da equipe a distâncias seguras, pois não depende de mecanismos de movimentação atrelados ao solo. Opera na frequência de 433 MHz, ficando isento de interferências externas decorrentes de campos eletromagnéticos sempre presentes em subestações e linhas de transmissão.

A solução apresentada possui um sistema de acionamento e movimentação independentes, o que possibilita sua instalação em diversos meios isolantes (andaimas, escadas ou bastões isolantes), permite inclusive sua fixação diretamente ao barramento.

6.1 VERSATILIDADE E PRATICIDADE

A solução desenvolvida possibilita a instalação em diversos casos, como subestações com módulos dispostos de forma que não possibilitam a montagem e acesso por meio de andaimes isolantes, em que o acesso ao ponto de trabalho se dá somente por meio de cesto aéreo isolante, ou ainda em linhas de transmissão.

Seu peso reduzido em torno de 14 Kg, aliando a sua característica desmontável, o torna portátil e facilita seu transporte. Sua fixação pode ser em andaimes, escadas ou bastões isolantes e até mesmo preso a condutores de barramentos de subestações ou linhas de transmissão. Possibilita sua instalação em andaimes, escadas isolantes, nas posições horizontal e vertical. Ver figuras 5 e 6.

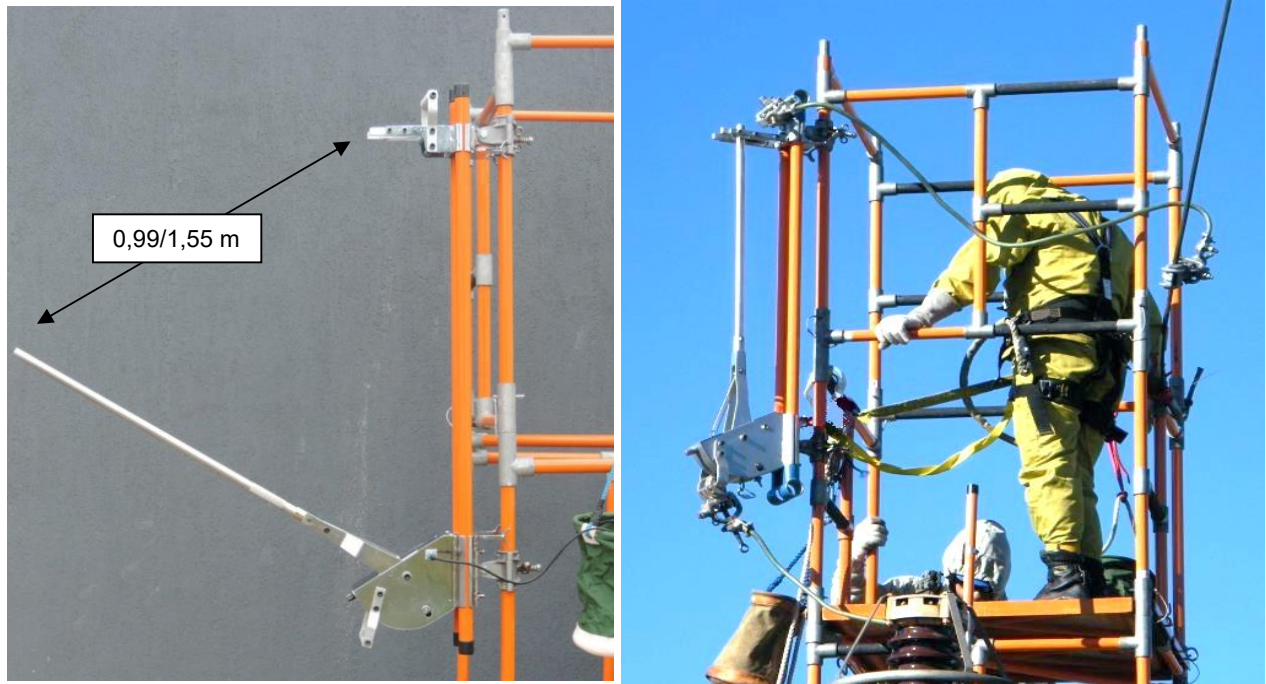


FIGURA 5 – Instalação na vertical - aberta com 0,99 m

NOTA: A instalação na posição vertical possibilita a movimentação da posição da mola propulsora à distância por meio de bastões isolantes, permitindo a mudança do sentido de movimentação do SMM. Alternar entre abertura e fechamento.

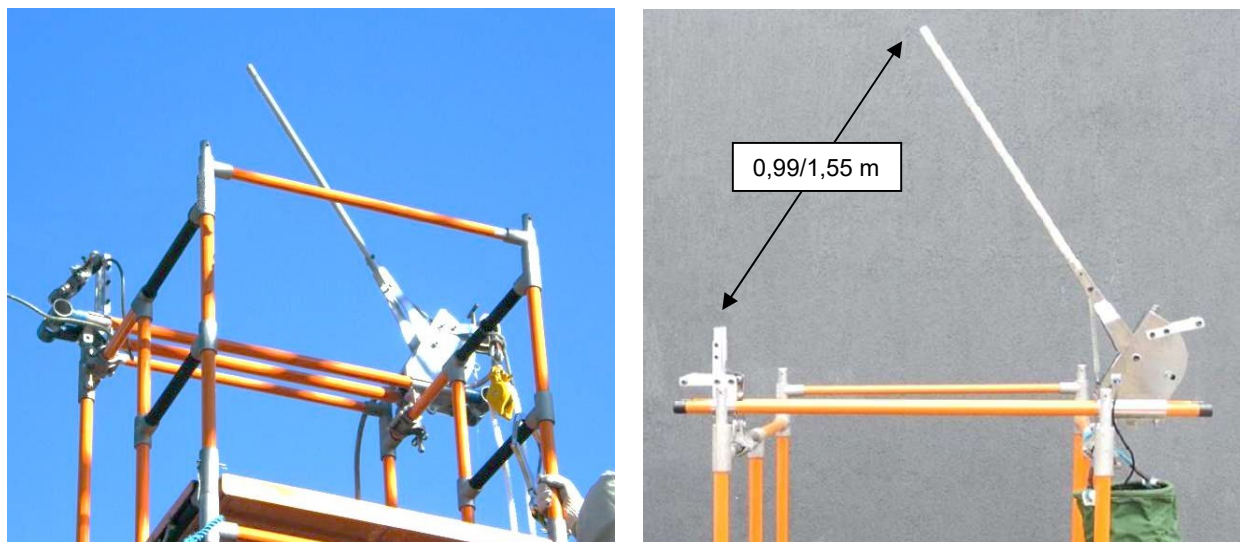


FIGURA 6 – Instalação na horizontal - aberta com 0,99 m

A solução apresentada foi desenvolvida com duas opções de haste contato móvel, o que permite duas opções de distância de abertura. A primeira opção, utilizando a haste com 0,90 m, permite uma abertura de 0,99 m. A segunda opção, com a haste de 1,40 m permite uma abertura de 1,55 m entre os pontos. Ver Figuras 7 e 8.



FIGURA 7 - SMM com haste de 0,90m



FIGURA 8 - SMM com haste de 1,40 m

A solução desenvolvida, utilizando a haste de 0,90 m possibilita sua instalação em diversos casos, inclusive internamente em andaimes isolantes. Ver Figura 9.

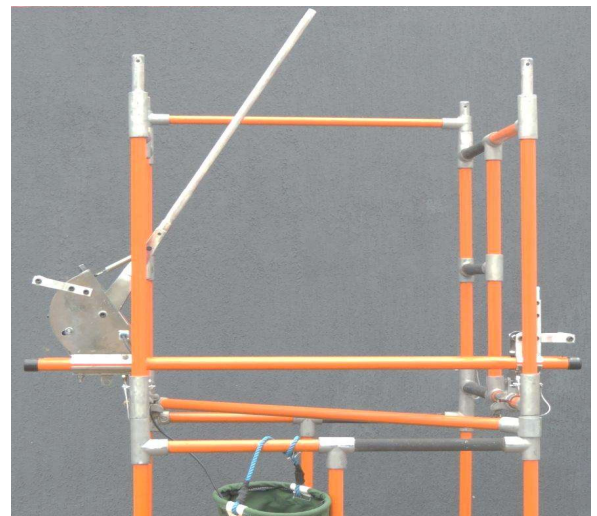


FIGURA 9 – Instalação na horizontal dentro do andaime isolante

NOTA: Essa alternativa é muito utilizada, para os casos em que a desenergização seja realizada próximo ao equipamento, com outras atividades na parte superior, como a remoção da derivação.

6.2 ENSAIOS ELÉTRICOS

Foram realizados ensaios elétricos, de resistência de contato com o objetivo de determinar eficiência condutiva dos materiais utilizados no corpo do equipamento, contatos principais (fixos e móveis) bem como a pressão adequada de contato e limpeza do material. O ensaio permitiu também a verificação das condições de conectores e terminais, usados nas interligações.

Para o ensaio foram utilizados dois equipamentos. Os resultados foram idênticos em ambos. Foram utilizados o Micro ohmímetro, modelo MPK 203x, de fabricação da MEGABRAS – Equipamentos de teste e medição, e o Micro-ohmmeter MOM2, de fabricação da Megger – Electrical test equipment, ambos devidamente testados e aferidos.

A resistência ôhmica foi medida, com a chave fechada, junto aos contatos principais do equipamento, através da aplicação dos terminais do ohmímetro, aos pontos de conexão em torno das peças componentes dos contatos.

Os resultados dos ensaios de resistência de contato foram considerados satisfatórios, considerando que o valor admissível para a resistência de ôhmica dos contatos principais de chaves seccionadoras instaladas e em operação em subestações, corresponde a 100 $\mu\Omega$. Ver Tabelas 1 e 2.

TABELA 1 – Pontos de conexão entre os terminais do ohmímetro e o equipamento

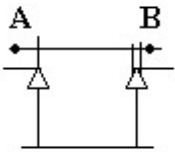
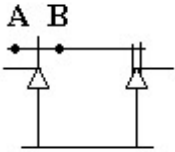
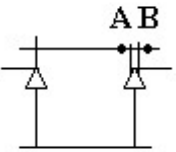
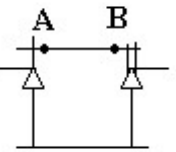
Pontos de conexão do ohmímetro (●)			
			
Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4

TABELA 2 – Valores de resistência entre os pontos A e B

Pontos de medição	Corrente aplicada (A)	Valor de resistência ($\mu\Omega$)
Ensaio 1	200	539
Ensaio 2	200	182
Ensaio 3	200	254
Ensaio 4	200	103

7.0 - CONCLUSÃO

Os resultados em campo comprovaram a eficiência da solução apresentada. As atividades de desenergização e energização de equipamentos à distância proporciona às equipes um afastamento seguro, o que elevou o nível de segurança dos trabalhadores.

Atividades desenvolvidas em campo comprovaram sua eficiência na energização e desenergização de módulos completos de entrada e saída de LTs em subestação de até 230 kV. É seguro a desenergização de pequenos trechos de linhas de transmissão desde que realizado um estudo, considerado aspectos como nível de tensão (69 kV, 138 kV ou 230 kV), bitola de condutor, trecho a ser desenergizado ou energizado, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento, etc.

Percebeu-se a possibilidade de aumentar sua versatilidade, no que se refere o deslocamento da posição da mola. É possível a inclusão de dispositivo motorizado instalado internamente ao SMM para realizar a movimentação.

O Seccionador Monopolar Móvel – SMM é um equipamento muito importante nas intervenções em Instalações Energizadas de alta tensão, pois proporciona o aumento da segurança dos trabalhadores.

Após a realização de diversos trabalhos, se mostrou muito eficiente e segura. Diante dos resultados satisfatórios.

Esta ferramenta foi multiplicada e são utilizadas pelas equipes de manutenção em subestações de alta tensão e equipes de manutenção de linhas de transmissão da CEEE-D e CEEE-GT.

Seu uso foi normatizado através de Rotina Técnica específica na CEEE-GT. Foram revisadas as Rotinas Técnicas incluindo o uso do Seccionador Monopolar Móvel -SMM em todas as atividades de energização e desenergização de transformadores de corrente, transformadores de potencial e para-raios de subestação de 69 kV, 138 kV e 230 kV. Seu uso deve ser considerado em todas as atividades de abertura de trechos de linhas de transmissão de 69 kV, 138 kV e 230 kV, somente com tensão, quando essas manobras representarem riscos aos trabalhadores.

8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Resolução normativa Nº 782. 2017. Brasil.

(2) MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Segurança em instalações e serviços em eletricidade - NR 10. Portaria MTb n.º 3.214. 1978. Brasil.

- (3) MEGABRAS – EQUIPAMENTOS DE TESTE E MEDIÇÃO - Manual de instruções do Microhmímetro MPK 203x. 2016.
- (4) ELECTRICAL TEST EQUIPMENT - Manual de instruções do Micro-ohmmeter MOM2. 2018.
- (5) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Determinação da resistência de isolamento de materiais isolantes sólidos - NBR 5407. 1980. Brasil.
- (6) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão - NBR 6936. 1992. Brasil.
- (7) JOÃO MAMEDE FILHO. Manual de equipamentos elétricos. 4ª edição. 2013.
- (8) CEEE-GT. INSTRUÇÃO DE PROCEDIMENTO – Instrução de Procedimento Medição da resistência de contatos em chaves seccionadoras - IP-SEC.02 – Área da manutenção. 2011. Brasil.
- (9) CEEE-GT. PARECER TÉCNICO – Realização de trabalhos ao potencial em transformadores de instrumentos - PAT-SE.TRI.01.

9.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Oaires José Beck, nascido em Cerro Largo/RS, em 1970;

Técnico em Eletrotécnica pela Escola Técnica Estadual Parobé, de Porto Alegre/RS, em 2017;

Atua na manutenção de linhas de transmissão energizadas desde o ano 1995, e atua na manutenção de linhas de transmissão e subestações energizadas desde o ano 2000, na Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica – CEEE-GT.