



GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTOS DE ALTA TENSÃO - GSE

AValiação de Desligamentos em Bays de 69 KV de uma Subestação de 230 KV devido a Linhas de Pipa, Proximidade a Porto Petroquímico e Indústria de Celulose - Inspeção Instrumental, Ensaio Elétrico, Avaliação da Poluição e Medidas para Mitigação.

**RICARDO DA CUNHA BEZERRA(1); FRANCISCO FIGUEIREDO SILVA NETO(2); JULIO ANTONIO SALHEB DO NASCIMENTO(2); FÁBIO LUIS CASTRO MARINHO(1); FÁBIO VINÍCIUS VIEIRA BEZERRA(1); JOSÉ MARIA TAVARES TEIXEIRA JUNIOR(3)
ELETROBRAS - ELETRONORTE(1); ELETROBRAS ELETRONORTE(2); ELETRONORTE ELETROBRÁS(3)**

RESUMO

Este trabalho apresenta o estudo realizado para verificação das causas dos desligamentos ocorridos em pátio de 69 KV de uma subestação da Eletronorte contendo avaliação do projeto dos isoladores, inspeção visual e instrumental utilizando câmera de detecção UV e medidor de ruído ultrassônico, coleta de poluentes, ensaios elétricos de hot collar e as melhorias implementadas. Serão apresentadas as soluções implementadas para mitigação deste problema tais como a pintura dos isoladores das chaves com material polimérico de elevada hidrofobicidade e a instalação de uma tela isolante sobre o pátio de 69KV da Subestação. Após as melhorias implementadas não ocorreram mais desligamentos.

PALAVRAS-CHAVE

inspeção instrumental, isoladores, ensaios, linhas de pipa, revestimento polimérico.

1.0 INTRODUÇÃO

Dentre as tecnologias de isoladores utilizadas em equipamentos de Subestações de Alta tensão podemos destacar os isoladores de porcelana. Um tipo de defeito encontrado neste tipo de isolador é o derretimento do esmalte da porcelana em decorrência de arcos elétricos, provocando o surgimento de uma superfície rugosa. Os isoladores de porcelana podem sofrer também rachaduras e perfurações [1]. A existência de porosidades no isolador submetido ao estresse (elétrico, térmico e mecânico) provoca microfissuras que podem evoluir ao longo do tempo.

O processo de poluição de isoladores ocorre de forma complexa e a avaliação dos poluentes que interferem em uma subestação é fundamental para a escolha do melhor projeto considerando parâmetros tais como a sua distância de escoamento e o perfil adequado para cada ambiente de utilização [2].

Devido a ocorrência de desligamentos localizados no setor de 69 kV de uma Subestação da Eletronorte de 230 kV localizada em área urbana no município de Belém-PA foi criado um grupo de trabalho para análise das causas dos desligamentos e a proposição de medidas para mitigação do problema. Na análise da falta observou-se que em ambos os casos ocorreu afundamento de tensão e os desligamentos ocorreram pela manhã por volta das 08:30 horas. Verificou-se ainda marcas de descargas entre estruturas aterradas e as chaves seccionadoras de 69 KV provocando fusão de material metálico das chaves além de três isoladores com marcas de descargas que provocaram danos no esmalte.

A subestação de 230 kV da Eletrobras Eletronorte está localizada em área urbana de periferia e tem a característica da existência de uma grande quantidade de quedas de linhas de pipas e restos de pipas na subestação.

Foram realizadas inspeções visual e instrumental utilizando, máquina fotográfica de alta resolução, câmera de detecção ultravioleta e medidor de ruído ultrassônico.

A inspeção corona realizada nas seccionadoras de 69 kV evidenciaram atividade corona acentuada em alguns isoladores com emissão UV bem acima do recomendado o que gerou intervenção para avaliação mais detalhada. Na inspeção realizada com medidor de ruído ultrassônico encontrou-se, entre os equipamentos com alto nível UV, sinais acima de 20dB em duas chaves seccionadoras.

Com os resultados das inspeções foram realizados ensaios de líquido penetrante e ensaios elétricos de hot collar nos isoladores das chaves críticas e com danos detectados. Posteriormente foi aplicado revestimento polimérico de alta hidrofobicidade para recuperar a superfície afetada pela descarga elétrica. Além disso, foi instalado uma de estrutura telada aérea no setor de 69 kV da subestação, para contenção da elevada quantidade de material alheio (restos de pipas) que caem sobre os barramentos e equipamentos energizados.

Este trabalho apresenta a avaliação realizada para verificação das causas dos desligamentos ocorridos em pátio de 69 KV de uma subestação de 230 kV contendo avaliação do projeto dos isoladores de chaves seccionadoras, inspeção visual e instrumental utilizando câmera de detecção UV e medidor de ruído ultrassônico, coleta de poluentes solúveis e não solúveis, ensaios elétricos de hot collar e as melhorias implementadas. Serão apresentadas as soluções implementadas para mitigação deste problema tais como a pintura dos isoladores de porcelanas das chaves com material polimérico com elevada hidrofobicidade e a instalação de uma tela isolante sobre o pátio de 69 kV da Subestação.

2.0 RESULTADOS OBTIDOS

2.1. Inspeção Visual no setor de 69 kV da Subestação

Em inspeção visual realizada no pátio de 69 kV da Subestação foi possível verificar danos provocados por flashover em isoladores pedestais de 2 chaves seccionadoras. Em ambas as chaves o dano ocorreu nos polos da fase V conforme figuras 1 e 2.

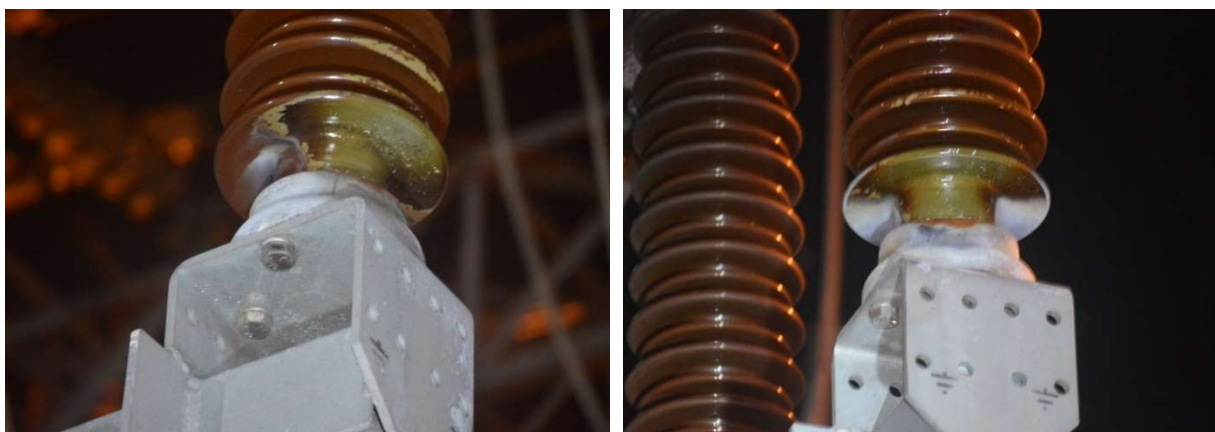


FIGURA 1a e 1b- Queima do esmalte em duas chaves seccionadoras no pátio de 69 kV

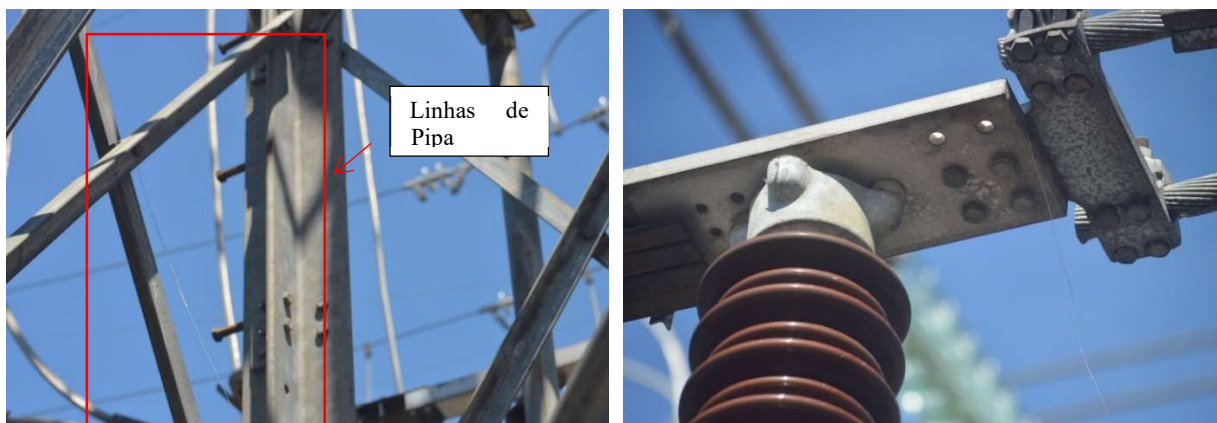
Além dos flashovers nos isoladores mencionados acima foram identificados danos nos contatos vivos em duas chaves seccionadoras.



FIGURA 2 - Evidências de descarga elétrica entre a chave seccionadora de 69 kV e o pórtico adjacente

Ficou evidente na inspeção realizada no setor de 69 kV a existência de uma grande quantidade de restos de pipas e linhas de pipas sobre os equipamentos e/ou estruturas da subestação. Deve-se considerar que historicamente a quantidade de pipas recolhidas nos meses de férias escolares aumenta consideravelmente. A situação de pandemia da COVID-19, com as escolas fechadas, propiciou um aumento na incidência de quedas de pipas na Subestação desde o mês de junho/2020.

Observou-se uma grande quantidade de linhas de pipa, restos de pipa e de rabo de pipa próximo aos locais onde foram constatados danos nas chaves seccionadoras conforme Figuras 3a e 3b.



FIGURAS 3a e 3 b - Linha de pipa no pórtico ao lado da fase V

2.2. Avaliação dimensional das chaves seccionadoras

As chaves seccionadoras de 72,5 kV – 2000 A de três polos possuem isoladores pedestais de porcelana com as seguintes características: Tipo C6.325 e Altura: 770 mm.

Na especificação técnica de fornecimento destes equipamentos verifica-se como parâmetro de poluição uma distância de escoamento específica nominal de 20 mm/kV e devido ao ano de fabricação deste equipamento foi considerado os parâmetros da norma ABNT IEC/TR 60815: “Guia para seleção de isoladores sob condição de poluição”; 2005 conforme Figura 4.

Então, para 20 mm/kV temos que a distância de escoamento nominal para este isolador é $20 \times 72,5 = 1450 \text{ mm}$, ou seja, para aplicação em locais de grau de poluição moderado conforme norma antiga.

Grau de Contaminação	DDSE mg/cm ²	Distância de escoamento específica nominal mínima mm/kV
Leve	de 0,03 a 0,06	16
Moderada	de 0,10 a 0,20	20
Pesada	de 0,30 a 0,60	25
Muito Pesada	> 0,60	31

FIGURA 4 – Relação entre os níveis de poluição

A norma ABNT IEC/TR 60815: “Guia para seleção de isoladores sob condição de poluição”; 2005 foi revisada pela IEC em 2008 e a nova versão ABNT foi lançada somente em 2014 posteriormente a fabricação desta chave seccionadora. A atual versão da IEC 60815 utiliza o termo severidade da poluição local e classifica o grau de poluição em 6 níveis (muito leve, leve, média, pesada e muita pesada)

A nova revisão da norma, diferentemente da anterior, considera dois tipos de poluição. As do tipo A que possuem contaminantes solúveis e não solúveis em água e as do tipo B que possuem somente contaminantes solúveis em água. A poluição tipo A possui duas componentes principais denominada poluição solúvel, que forma uma camada condutora quando umidificada, e poluição não solúvel, que forma uma camada de fixação para a poluição solúvel. Essas componentes são descritas a seguir:

A. Poluição solúvel

A poluição solúvel é subdividida em sais com elevada solubilidade (ou seja, sais que se dissolvem rapidamente na água) e sais com baixa solubilidade (isto é, sais que dificilmente se dissolvem). A poluição solúvel deve ser medida em termos da densidade de depósito de sal equivalente (DDSE), em mg/cm².

B. Poluição não solúvel

Exemplos de poluição não solúvel são poeira, areia, argila, óleos ou até mesmo linhas de pipa com componentes colocados no cerol. A poluição não solúvel é medida em termos de densidade de depósito não solúvel (DDNS), em mg/cm².

A poluição tipo B está mais frequentemente associada com áreas costeiras onde a água salgada ou névoa condutiva se deposita sobre a superfície do isolador. Outras fontes de poluição tipo B são, por exemplo, pulverização de culturas, névoa química e chuva ácida.

Devido a característica desta região:

- com grande umidade pela proximidade de vegetação e do rio.
- com rajadas de vento pela proximidade do rio Guamá.
- grande quantidade de linhas de pipa com cerol que pode ser de material condutivo.
- distância de aproximadamente 1500 m de fábrica de papel e celulose e menos de 500 m de terminal petroquímico.



FIGURA 5 – Vista aérea mostrando as áreas de influência da subestação estudada

A avaliação da severidade da poluição pode ser feita com uma redução do grau de confiabilidade [3]:

- a partir de medições no local;
- a partir de informações sobre o comportamento de isoladores de linhas e subestações em operação, no local ou próximo a ele;
- a partir de simulações que calculam o nível de poluição a partir do tempo ou outros parâmetros ambientais;
- se não houver outra possibilidade, qualitativamente;

Pode-se considerar a severidade da poluição local nesta região segundo a nova revisão da norma entre média (E4) e pesada (E5) considerando que pela nova norma a presença de uma cidade grande tem mais influência que a distância para oceano, deserto ou área seca aberta especificada. Esta condição determina uma distância de escoamento específica em torno de 30 mm/KV. Medições considerando um longo período serão necessárias para confirmar esta condição.

2.3. Inspeção Instrumental nos isoladores do setor de 69 kV da Subestação de Miramar:

Utilizando-se como parâmetros para realização da inspeção com câmera de detecção de radiação ultravioleta [4] e para inspeção com medidor de ruído ultrassônico tem-se os seguintes valores de referência a serem considerados para tomada de decisão das equipes de manutenção:

Tipo de Inspeção	Sem atividade	Aumentar frequência	Intervenção
------------------	---------------	---------------------	-------------

Inspeção UV (fótons/min)	< 1000	$1000 < x < 5000$	> 5000
Inspeção US (dB)	<10 dB	$10 < y < 20$	> 20

TABELA 1 – Critérios para inspeção UV e por Ultrassom

Considerando os diversos bays de 69 kV utilizou-se como padronização para localização dos isoladores nas chaves seccionadoras o isolador 1 sendo sempre aquele que está mais próximo do transformador e o isolador 3 aquele que está mais próximo à linha de transmissão conforme Figura 6.

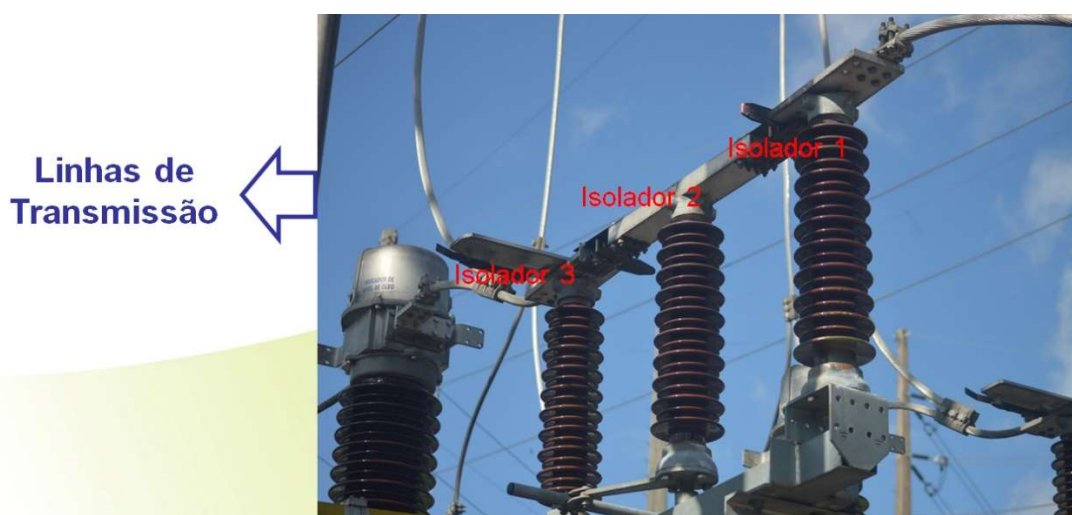


FIGURA 7 - Padronização para inspeção com câmera UV e medidor de ruído ultrassônico

2.3.1. Resultados Inspeção com câmera ultravioleta.

Foram realizadas inspeções com câmera de detecção de radiação UV nos isoladores do setor de 69 kV onde somente foram encontradas atividades significativas em cinco equipamentos principalmente aqueles que estavam localizados próximo a entrada da linha de transmissão e das comunidades, portanto, mais susceptível ao acúmulo de poluição. Porém em duas destas os valores estavam muito acima do recomendado pelo fabricante da câmera.

Foram realizadas medições em vários momentos do dia e notou-se que a atividade corona ia diminuindo ao longo do dia sendo mais crítica no início da manhã. Verificou-se que algumas chaves apresentaram valores significativos e estes aumentavam com as rajadas de ventos que ocorrem na Subestação.

Na chave seccionadora 1 mostrada na Figura 8 a emissão UV atingiu 20.526 contagens no isolador 2 da fase V no momento do aumento do vento na Subestação conforme Figuras 8a e 8b. Verificou-se em alguns momentos descargas de maior energia entre os isoladores 2 e 3 desta fase. Verificou-se que a atividade corona vai diminuindo conforme a manhã avança e os isoladores vão secando. Foi evidenciado também a presença de poluição em alguns isoladores e restos de linhas de pipa que estavam gerando efeito corona próximo de alguns isoladores.



FIGURA 8a -Imagem UV Isolador 1 Fase V Chave 1



FIGURA 8b- Imagem UV Isolador 2 Fase V da Chave 1

Na chave seccionadora 2 foram encontradas atividade de 11.126 contagens no isolador 1 da Fase A e 9559 contagens no Isolador 1 da Fase V conforme Figuras 9a e 9b. Estes valores estão muito acima do aceitável pela literatura e neste caso recomenda-se uma investigação mais detalhada.



FIGURA 9a - Imagem UV Isolador 3 Fase V Chave 2



FIGURA 9b-Imagem UV Isolador 1 Fase V Chave 2

2.3.2. Resultados da Medição de Ruído Ultrassônico

Foi realizada inspeção com medidor de ruído ultrassônico em todos os isoladores do pátio de 69 kV da subestação. Como critério de intervenção considera-se o valor de 20 dB como limite para realização de investigação mais detalhada. Todos os isoladores dos bays de 69 Kv da SE Miramar foram inspecionados e não foram identificados ruídos ultrassônicos significativos com exceção das chaves 1 e 2 conforme tabela 6.

Equipamento	Fase	Isolador	Ruído de Fundo	US (dB)	Resultado
Secionadora 1	V	1	-8,6	12	20,6
		2	-8,6	-8,7	-0,1
		3	-8,6	-9	-0,4
	B	1	-8,6	-10	-1,4
		2	-8,6	-6,8	1,8
		3	-8,6	5	13,6
	A	1	-8,6	-5,7	2,9
		2	-8,6	18	26,6
		3	-8,6	-9	-0,4
Secionadora 2	V	1	-8,5	11	19,5
		2	-8,5	-9	-0,5
		3	-8,5	-7,5	1
	B	1	-8,5	-6,7	1,8
		2	-8,5	15	23,5
		3	-8,5	14	22,5
	A	1	-8,5	-8,7	-0,2
		2	-8,5	15	23,5
		3	-8,5	15	23,5

Tabela 2 - Resultados Inspeção por ultrassom

2.3. Ensaio Elétricos de hot colar.

Foi realizado ensaio de hot colar em isoladores da seccionadora inspecionada que sofreu maiores danos para verificar a integridade do isolador uma vez que foi observado por meio de inspeção a perda de vitrificação em algumas saias [5].

Inicialmente foi escolhido, por meio de inspeção visual um isolador que estava com perda de vitrificação na fase A isolador 1 e um isolador que estava em boas condições para realização de medição para verificação da condição do isolamento antes e depois da limpeza. Foi escolhido o isolador 1 da Fase V, com perda de vitrificação e o isolador 1 da Fase A, em boas condições. Para efeito de padronização foi considerado as saias dos isoladores de S1 a S9 onde S1 é a saia próximo ao topo e S9 é a saia próximo a base do isolador pedestal conforme Figura da Tabela 3.

Pode-se observar por meio da Tabela 3 que quando realizada medição antes e depois da limpeza, que o isolador 1 da Fase V, que apresentava perda de vitrificação, teve variações significativas nos valores das perdas em watts passando de 21,78mW para 7,5 mW na saia S1. A saia da base S9 passou de 153,65 mW de perda para 30,87 após a lavagem.

O Isolador 1 da Fase A, que estava em bom estado, não teve variações significativas nos valores das perdas em watts passando de 6,92 mW para 5,24 mW. Podemos inferir que o isolador com perda de vitrificação teve maior contaminação.

Medição	Isolador 1 Fase A (mW)			Isolador 2 Fase V (mW)		
	Sujo	Limpo	pintado	sujo	limpo	pintado
Isolador Completo	6,92	5,24	3,95	21,78	7,5	4,41
S9 para a base	35,71	34,13	19,29	88,95	28,92	26,68
S9 para o topo	2,75	2,09	1,05	4,51	1,23	0,68
S7 para o topo	4,05	3,51	1,77	7,47	2,68	0,62
S5 para o topo	7,81	5,5	2,8	1,22	4,38	1,62
S3 para o topo	12,58	9,63	4,92	28,12	6,77	3,6
S1 para o topo	63,22	40,44	16,75	153,65	30,87	16,41

Tabela 3 - Resultados Ensaio de Hot Colar

3.0 - SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS.

Considerando-se que não havia disponível equipamento reserva para substituição, alternativamente, foi realizado a pintura dos isoladores com material polimérico de alta hidrofobicidade. Porém, antes da realização da pintura foi realizado ensaio de líquido penetrante para verificação de trincas conforme abaixo.



FIGURA 10 – Ensaio de líquido penetrante na parte do isolador que sofreu danos

Após a pintura, conforme Figuras 11, as perdas medidas no isolador 1 da Fase V que estava com marcas de descargas apresentaram valores compatíveis com os isoladores pintados considerados em bom estado, ou seja, de aproximadamente 16 mW para a saia do topo e 4 mW para saia da base.



FIGURA 11 – Isoladores pintados com revestimento polimérico

Foi providenciado instalação de estrutura telada aérea no setor de 69 kV da Subestação de Miramar, para contenção da elevada quantidade de material alheio (restos de pipas) que caem sobre os barramentos e equipamentos energizados conforme Figuras 12a e 12b. O acúmulo desses materiais sobre os equipamentos e barramentos energizados, somado aos fatores ambientais como vento e umidade, geram altíssimo risco de fechamento de curto-circuito. As telas foram devidamente ancorada por mãos-francesas aparafusadas nos topos das torres metálicas dos pórticos, com altura de 17 metros a partir do solo de forma a garantir a resistência mecânica e o distanciamento adequado das partes energizadas.



FIGURA 12a e 12b – Estrutura telada aérea colocada para contenção de linhas de pipas

3.0 CONCLUSÃO

A combinação de poluentes urbanos e industriais umidificados combinados com linhas de pipa molhadas contendo material condutivo podem ter sido a causa de tais desligamentos. Podemos considerar que na Subestação de Miramar temos poluição do tipo A formado por componentes não – solúveis (exemplo, linhas de pipa, limo e areia) e componentes solúveis (exemplo, Sulfatos, Nitratos e Cloretos produzidos por fabricas de papel e celulose e por distribuidoras de combustíveis).

Na inspeção visual realizada na subestação da Eletrobrás Eletronorte verificou-se uma grande quantidade de indícios de pipas, e linhas de pipas nas proximidades das chaves que sofreram danos por flashover nos isoladores pedestais. Nas chaves 18 e 14, 10 foram identificados danos em “contatos vivos”. Verificou-se a ocorrência de efeito corona em algumas linhas de pipas.

Na documentação referente ao fornecimento das chaves seccionadoras de 72,5 kV – 2000 A de três polos verificou-se que estes equipamentos foram fornecidos com isoladores pedestais de porcelana com distância de escoamento específica de 20 mm/kV considerando a versão antiga da ABNT IEC 60815.

Deve-se considerar que a Subestação estudada se encontra em área urbana de grande cidade, com proximidade do rio e de vegetação provocando ambiente de alta umidade e com rajadas de vento, proximidade de poluentes industriais tais como os provenientes de fábrica de papel e celulose e do terminal petroquímico, com diversas empresas de distribuição de combustíveis a menos de 500 metros da Subestação. Além disso, a grande quantidade de linhas de pipa (poluentes não solúveis) peculiar aquela região periférica da cidade de Belém pode levar a região a ser classificada como poluição de média para pesada utilizando-se a análise qualitativa prevista na nova revisão da norma IEC 60815.

O pátio de 69 KV é mais vulnerável a ocorrência de flashover devido à poluição (urbana, industrial e produzida pela população local tais como pipas pela sua menor distancia de isolamento quando comparado aos outros níveis de tensão da Subestação. Outro fator é a maior densidade de equipamentos e a proximidade do solo destes equipamentos tornando o pátio de 69 kV mais vulnerável ao deposito de poluentes. O perfil dos isoladores das chaves seccionadoras utilizadas dificulta a lavagem natural dos isoladores. Além disso, existem poluentes que aderem ao isolador dificultando a lavagem natural. Está sendo estudado com mais detalhes a maior ocorrência de defeitos nos isoladores e chaves localizadas na fase V.

A inspeção corona realizada nos isoladores evidenciaram atividade corona acentuada em alguns isoladores especialmente alguns das chaves próximas a saída da linha de transmissão. Porém, percebeu-se que estas atividades diminuía ao longo da manhã conforme a condensação de umidade na superfície dos isoladores secava corroborando para a hipótese de que no início da manhã é o momento mais crítico para a ocorrência de flashover devido ao surgimento de bandas secas e bandas úmidas. A proximidade da margem da Baía do Guajará e de uma área de floresta são fatores que contribuem para condensação de umidade na superfície do isolador.

Na inspeção realizada com medidor de ruído ultrassônico os únicos equipamentos onde foram detectados sinais acima de 20dB foram em 2 isoladores de 2 chaves seccionadoras que também foi detectado alta emissão UV.

Os ensaios elétricos de hot colar mostraram uma diminuição considerável no valor das perdas em miliWatts(mW) após a limpeza dos isoladores passando de 153,45 mW para 30 mW na saia próximo a base que estava vitrificada. Vele ressaltar que as linhas de pipas já haviam sido retiradas o que comprometeu a coleta de poluentes.

Ficou evidente que após a aplicação do revestimento polimérico os isoladores voltaram a mesma condição do isolador em bom estado, ou seja, com perda de aproximadamente 16 mW na saia que foi queimada pela descarga.

As redes isolantes de baixo custo colocadas em torno do pátio de 69 kV foram efetivas reduzindo consideravelmente a necessidade do trabalho de retirada que era realizado rotineiramente pelas equipes de linhas de transmissão. Até o momento não ocorreram mais desligamentos no pátio de 69 kV da subestação.

DADOS BIOGRÁFICOS

- (1) W. L. VOSLOO, R. E. M. C. D. T. **The Practical Guide to Outdoor High Voltage Insulators**. Crown Publications, 2006.
- (2) GORUR, R.S. Failure modes of porcelain, toughened glass and composite insulators. **INMR Word Congress**, v.2, p.1055 - 1061 Seul, Coreia do Sul, 2011.
- (3) ABNT IEC/TS 60815 -1 - Seleção e dimensionamento de isoladores para alta-tensão para uso sob condições de poluição Parte 1: Definições, informações e princípios gerais, 2014
- (4) PHILLIPS, A.J.; ENGELBRECHT, C.S. The feasibility of using daytime corona inspection to identify contaminated insulators that needs to be washed. **Cigré-Paris**, Paris, v. 19, n.2, p. 76-77, 2008
- (5) Power Factor Test Data Reference Book (Doble Engineering company), 1989

DADOS BIOGRÁFICOS



Graduado em Matemática pela UEPA em 2002 e em Engenharia Elétrica pela UFPA em 2006. Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologia em 2015 pelo LACTEC/UFPR. Trabalha no Centro de Tecnologia da Eletronorte desde 2007. Gerenciou a Divisão de Tecnologia de Ensaios no período de Dezembro/2013 a Março/2017. Gerenciou o Centro de Tecnologia da Eletronorte no período de Abril/2017 a Dezembro/2018. Atualmente trabalha no Laboratório de Alta Tensão do Centro de Tecnologia da Eletrobrás Eletronorte

- (2) FRANCISCO FIGUEIREDO SILVA NETO
Francisco F. Silva Neto é engenheiro eletricista formado pela UTFPR com MBA em gestão de ativos pela FGV. Possui mais de 15 anos de experiência em gestão de ativos. planejamento de manutenção e diagnóstico de equipamentos da área de transmissão de energia. Atualmente é engenheiro de manutenção elétrica na área de engenharia de manutenção de equipamentos nas Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A Eletrobras-Eletronorte
- (3) JULIO ANTONIO SALHEB DO NASCIMENTO
Nasceu em Belém-Pa, em Junho de 1973. Possui graduação (1998), especialização (2004) e Mestrado (2016) em Engenharia Elétrica, títulos obtidos pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica. Atualmente é engenheiro de manutenção elétrica - Centrais Elétricas do Norte do Brasil -

ELETRONORTE, e está cursando o curso de Doutorado em Engenharia Elétrica na UFPA.

(4) FÁBIO LUIS CASTRO MARINHO
Engenheiro Mecânico-UFPA 2005. Integrou projeto de pesquisa sobre proteção anticorrosiva em rede de dutos da Petrobras entre 2003 e 2005. Integrou projeto de pesquisa sobre vibrações mecânicas em equipamentos de potência da Eletronorte em 2006. MBA executivo em administração (Gestão de Negócios para o Setor elétrico-FGV 2015-2017). Coordenou grandes paradas de máquinas rotativas do sistema elétrico de transmissão da Eletronorte (2008-2013). Gerenciou a Divisão de Manutenção e Operação da Transmissão de Belém entre setembro de 2014 e janeiro de 2020. Atua na coordenação da manutenção de equipamentos de subestação do sistema de transmissão da Eletronorte em Belém.

(5) FABIO VINICIUS VIEIRA BEZERRA
Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Pará 2004, mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Pará 2007, área térmica e fluidos- ênfase em Implantação de Centrais Hidrelétricas na Amazônia, aspectos Hidrológicos, Tecnológicos, Ambientais e Financeiros, Doutorando em Eng.Elétrica na Universidade Federal do Pará, área sistemas elétricos de Potência. Atualmente, coordenador da equipe de manutenção da Divisão de Ativos da Transmissão de Belém da Eletrobrás Eletronorte.

(6) JOSÉ MARIA TAVARES TEIXEIRA JUNIOR
Graduado em engenharia elétrica pela Universidade Federal do Pará em 2004. Trabalha como engenheiro de manutenção elétrica nas instalações do laboratório de alta tensão do Centro de Tecnologia da Eletronorte, executando ensaios dielétricos em equipamentos de alta tensão, desde 2006 até os dias atuais.