



GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO - GLT

EXPERIÊNCIA DA CEEE-GT NA APLICAÇÃO DE ISOLADORES RECOBERTOS COM SILICONE RTV PARA MITIGAÇÃO DE DESLIGAMENTOS FORÇADOS EM LINHA DE TRANSMISSÃO 230 KV

LEANDRO HENRIQUE BONA PUCHALE(1); THAIR IBRAHIM ABDEL HAMID MUSTAFA(2); LUIZ HENRIQUE MEYER(2)
CEEE-GT(1); FURB(2)

RESUMO

Esse trabalho visa apresentar os resultados obtidos com aplicação de isoladores de vidro recobertos com silicone RTV (*Room Temperature Vulcanizing*) como solução para mitigar o problema de desligamentos forçados de natureza transitória em linhas de transmissão. Para tanto, é analisado o desempenho de 4 (quatro) diferentes configurações de cadeias de isoladores recobertos aplicados numa linha de transmissão que opera em 230 kV, mediante comparação do número de desligamentos ocorridos nos locais de instalação, antes e depois da sua implantação. Os resultados obtidos com as novas configurações mostraram a melhoria no desempenho atrelado, principalmente, a eficácia do RTV frente à questão da umidade/contaminação.

PALAVRAS-CHAVE: Linha de Transmissão; Desligamento; Falha Transitória; Isolador; RTV.

1.0 - INTRODUÇÃO

O desempenho de uma linha de transmissão (LT) é fortemente influenciado pelos isoladores empregados, sendo que muitos desligamentos são decorrentes de problemas de isolamento associados às questões climáticas e ambientais, mais especificamente no que se refere a umidade e a poluição. Esses fatores afetam o desempenho dos isoladores e são uma das causas mais significativa de ocorrência de desligamentos forçados de natureza transitória em condições normais de operação da linha.

De acordo com artigos e trabalhos técnicos que referenciaram esse estudo, quando contaminantes de diversas naturezas depositados na superfície dos isoladores são diluídos pela ação da umidade (orvalho, chuva ou nevoeiro), é criada uma solução condutora que pode levar a descarga disruptiva (*flashover*) da cadeia. As normativas de projeto de linhas de transmissão atuais buscam levar em consideração o nível de poluição da região para estabelecer uma isolamento compatível para o bom desempenho das instalações. Por exemplo, a norma IEC/TS 60815-1 (2008) fornece as diretrizes para o projeto e a seleção de isoladores a serem aplicados, conforme o nível da severidade de poluição do local (SPL). Entretanto, esses parâmetros de poluição nem sempre estão disponíveis ou, para o caso de linhas mais antigas, podem ter sofrido alterações ao longo dos anos, consequentemente, observa-se na prática, que o desempenho de algumas linhas tem ficado aquém dos padrões estabelecidos pela regulação do setor elétrico.

Neste contexto, o presente trabalho busca avaliar solução baseada na melhoria da isolamento de uma linha de transmissão em operação, principalmente para minimizar os efeitos da umidade elevada. Para tanto, faz uso da utilização de cadeias com isoladores de vidro, revestidos com borracha de silicone RTV (*Room Temperature Vulcanizing* – vulcanizado à temperatura ambiente). Esta prática alia a resistência mecânica e dielétrica dos isoladores cerâmicos à hidrofobicidade da superfície polimérica que repele a água e retarda o aparecimento da corrente de fuga, evitando assim, uma descarga disruptiva (desligamento da LT).

2.0 - MECANISMOS DE DESCARGAS DISRUPTIVAS EM ISOLADORES (FLASHOVER)

Verifica-se na literatura que o mecanismo mais comum de *flashover* em cadeias de isoladores de linhas de transmissão sob condições normais de operação (ou seja, não relacionadas a sobretensões atmosféricas ou de chaveamento), é devido a contaminação da cadeia associado ao aumento da corrente de fuga na presença de umidade na superfície dos isoladores. Em síntese, a atmosfera poluída favorece a formação de uma camada constituída por substâncias que, dissolvidas em água, produzem soluções condutoras sobre a superfície do isolador. Enquanto a camada mantém-se seca não há alteração no comportamento dielétrico, contudo, durante um processo de umidificação em que os sais contidos na camada não sejam removidos podem ocorrer arcos sobre a

superfície iniciando um processo que pode chegar a uma descarga disruptiva completa da cadeia (*flashover*) – ver Figura 1. Uma explicação mais detalhada sobre o processo pode ser verificada em Abdelaziz et al. (1).

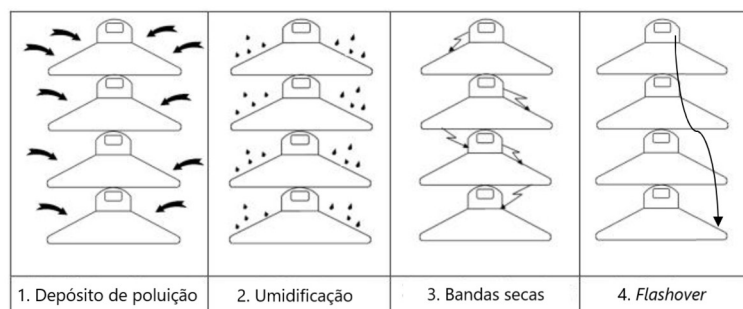


Figura 1 – Representação esquemática da ocorrência de flashover pela ação da poluição e umidade

Fonte: Adaptado de Abdelaziz et al. (1).

A presença de umidade (normalmente névoa ou orvalho) pode causar problemas mesmos em isoladores com nível leve e não uniforme de contaminação. De acordo com alguns autores, esse mecanismo de falha está relacionado à distribuição não uniforme de campo elétrico ao longo da cadeia de isoladores, concentrando a tensão nos isoladores menos úmidos (mais limpos), normalmente nos elementos da cadeia mais próximos do condutor, estressando eletricamente estes elementos de forma mais acentuada e criando um “ponto fraco” na cadeia, no qual pode se iniciar um processo de *flashover*. O efeito de níveis altos e baixos de umidade na distribuição de tensão numa cadeia de isoladores formada por discos de isoladores cerâmicos (vidro ou porcelana) é apresentado na Figura 2, conforme Kiessling et al. (2). Observa-se que em condições de alta umidade a distribuição de tensão não diminui uniformemente ao longo da cadeia, influenciado, principalmente, pelo efeito da alta condutividade da camada de poluição.

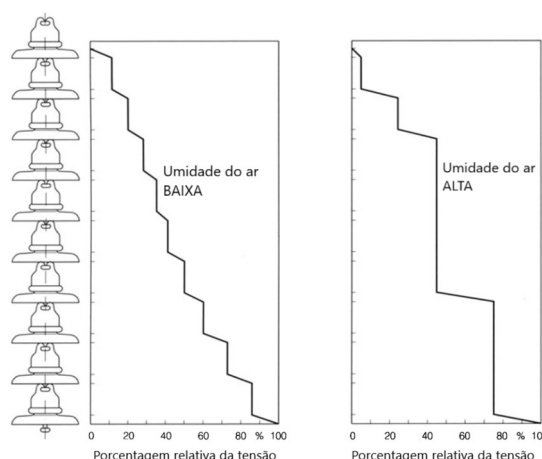


Figura 2 – Comparativo da distribuição de tensão na cadeia de isoladores em condições de baixa e alta umidade

Fonte: Adaptado de Kiessling et al. (2)

A natureza transitória do desligamento relacionado aos mecanismos de falhas supracitados é explicada pelas diferentes condições pré-falta e pós-falta. O próprio *flashover* é responsável por desumidificar a cadeia e retirar depósito dos contaminantes, dessa forma ao atuar o religamento da LT o defeito inicial não existe mais, consequentemente o restabelecimento da linha ocorre com sucesso, sem a necessidade de intervenção da manutenção.

2.1 - Técnicas adotadas para solução de *flashover* em cadeia de isoladores e o RTV

O processo que leva ao *flashover* de uma cadeia de isoladores normalmente tem em comum a interação entre isolador, poluentes, umidade e a tensão aplicada. Com exceção da tensão, que é estabelecida pelas condições de operação da linha de transmissão, os demais fatores são passíveis de atuação. Nesse sentido, as principais técnicas adotadas são o aumento da distância de escoamento da cadeia de isolador, realização de lavagens periódicas, utilização de isoladores poliméricos e a prevenção de formação de filme de água na superfície dos isoladores, sendo esse último o aplicado nesse trabalho.

Pelo fato dos materiais cerâmicos serem tipicamente hidrófilos, um filme de água é facilmente formado em sua superfície. A utilização de isoladores revestidos com superfície hidrofóbica repele as gotículas de água, o que dificulta a formação de uma película contínua condutora e a consequente passagem de corrente elétrica, mitigando assim, a ocorrência de *flashover*. Estes materiais podem ser aplicados na forma de graxas ou borracha de silicone RTV.

A supressão de correntes de fuga é totalmente regida pela natureza hidrofóbica da borracha de silicone. O efeito da maior hidrofobicidade sobre uma superfície isolante contaminada em condições de umidade será de maior resistência (menos condutiva), minimizando, assim, a corrente de fuga para níveis obtidos durante as condições secas. Um comparativo do comportamento da corrente de fuga em um teste em névoa salina para um isolador recoberto com silicone RTV e um isolador não recoberto é ilustrado na Figura 3.

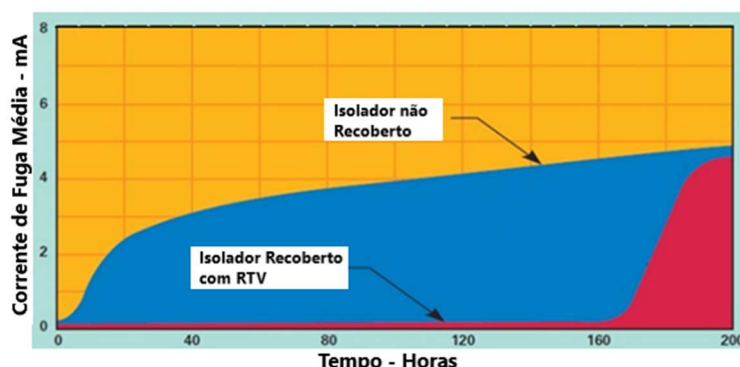


Figura 3 – Ilustração da supressão da corrente de fuga em isoladores com RTV testado em câmara de névoa salina

Fonte: Adaptado de Cherney (3)

Observa-se que a corrente de fuga para um isolador recoberto com RTV é suprimida a valores próximos a zero por um período prolongado de horas sob teste. A Figura 3 também indica a perda de hidrofobicidade de um isolador revestido com RTV após 160 horas de teste em névoa salina. Conforme Cherney (3), o umedecimento prolongado remove gradualmente o silicone livre da superfície e o revestimento perde sua propriedade hidrofóbica e, portanto, a capacidade de supressão da corrente de fuga. No entanto, conforme (Farzaneh e Chisholm (4), durante o período seco, o fluido livre migra para a superfície e restaura a hidrofobicidade.

Em termos de suportabilidade à tensão de *flashover*, o efeito do recobrimento também pode ser avaliado. Conforme estudo realizado por Jia, Zhou e Wang (5) a tensão de *flashover* de um isolador recoberto é praticamente o dobro de um isolador não recoberto para diferentes situações de contaminação, ilustrado na Figura 4.

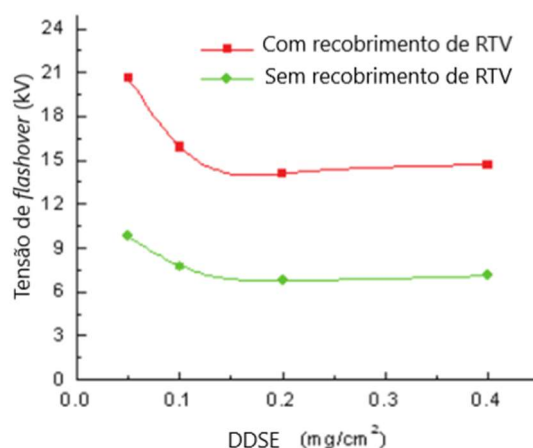


Figura 41 – Tensão de *flashover* de um isolador com e sem recobrimento com RTV

Fonte: Adaptado de Jia, Zhou e Wang (2002)

3.0 - ESTUDO REALIZADO E RESULTADOS

O presente estudo faz uma análise do desempenho em campo de diferentes configurações de cadeias utilizando isoladores recobertos com RTV instaladas numa linha de transmissão que opera em 230 kV. O desempenho de

cada tipo de configuração é avaliado mediante a comparação do número de desligamentos ocorridos nos locais de instalação antes e depois da substituição da cadeia original (isoladores de vidro) pela nova configuração com isolador com RTV.

3.1 – Características da linha e premissas

O trabalho utilizou como piloto a linha de transmissão que interliga as subestações da Usina Termoeletrica Presidente Médici (UPME) e Camaquã (CAM) – doravante denominada LT UPME-CAM, situada no Estado do Rio Grande do Sul. A referida LT entrou em operação no ano de 1974, opera em 230 kV e possui 197 km de extensão. A LT UPME-CAM apresentava um histórico de elevada taxa de desligamentos forçados de natureza transitória, os quais apontam forte correlação com a condição climática de umidade elevada, conforme estudo realizado em Mustafa et al. (5).

A LT UPME-CAM situa-se entre 100 e 160 km do litoral, na mesorregião Sudeste Rio-Grandense. O relevo característico da região compreende um conjunto de ondulações suaves a moderadas e cobertas por vegetação rasteira e herbácea, conhecidas como coxilhas, cujos níveis mais altos não ultrapassam muito além dos 500 m de altitude. As principais atividades econômicas na região são a agricultura, a silvicultura e a pecuária. A atividade industrial é resumida à Usina Termoeletrica no terminal de UPME e uma fábrica de cimento localizada aproximadamente a 1 km da LT UPME-CAM no ponto mais próximo, distante 13 km ao terminal de UPME. Destaca-se, ainda, a presença de névoa e serração intensa, formando “bolsões” de umidade sustentada durante o período noturno até as primeiras horas da manhã, principalmente nos meses de inverno.

A LT UPME-CAM é caracterizada por ambientes distintos ao longo de sua extensão. No que se refere a níveis de poluição, observa-se de forma qualitativa – baseado na distância às fontes de poluição (usina termoeletrica, fábrica de cimento) – que varia de um nível leve (na sua maior parte da extensão) ao nível médio em localizações pontuais próximas as referidas fontes de poluição. Embora não seja o objetivo deste trabalho, para uma avaliação mais exata desse parâmetro é recomendável a medição quantitativa do nível de poluição, conforme estabelece IEC/TS 60815-1 (2008).

Do ponto de vista do dimensionamento frente às questões de contaminação, as cadeias de isoladores existentes, a LT UPME-CAM apresenta na sua configuração original 13 (treze) discos de vidro perfil normal, o que corresponde a uma distância de escoamento específica unificada (DEEU¹) de 29,41 mm/kV. Sob a ótica da IEC/TS 60815-1 (2008), as cadeias de isoladores da LT foram dimensionadas para um ambiente de nível leve de contaminação.

Dentre as premissas para aplicação da solução proposta, a principal é manter sem grande alterações as características do projeto original da linha de transmissão no que se refere ao tamanho das cadeias (necessidade de manter os espaçamento entre as partes energizadas e aterradas).

Foi utilizado 2 (dois) tipos de isoladores disponíveis comercialmente com o recobrimento de RTV: perfil plano e perfil normal, conforme características técnicas apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características básicas do isolador de vidro perfil plano e perfil normal com RTV

Perfil do isolador	Plano	Normal
Passo (mm)	127	146
Diâmetro (mm)	380	255
Distância de escoamento (mm)	365	320
Espessura média do revestimento RTV da parte superior do isolador (µm)	320	320

Fonte: SEDIVER.

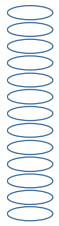
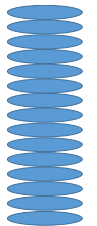
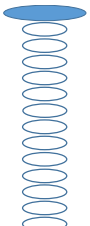
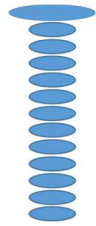

3.2 - Novas configurações de cadeia com isoladores recobertos com RTV e definição dos locais de instalação

A definição da configuração pode ser bastante ampla dada a gama de perfis de isoladores existentes e as distâncias elétricas envolvidas (característica do projeto de cada LT). Dentro do contexto de um projeto de pesquisa, o trabalho utilizou os isoladores (perfil normal e perfil plano) aplicados em configurações com cadeias totalmente formadas por isoladores recoberto com RTV e cadeias mistas (com isolador com RTV colocado no topo da cadeia original). A Tabela 2 a seguir apresenta as características técnicas de cada configuração.

Tabela 2 - Características técnicas das configurações de cadeia de isoladores

Configuração	Original (CO)	C1	C2	C3	C4
--------------	---------------	----	----	----	----

¹ DEEU: Relação entre a distância de escoamento (DE) e o valor eficaz fase-terra¹ da tensão máxima de operação

Tipo de isolador	Normal s/ RTV	Plano c/ RTV	Mista (RTV + Normal)	Normal e plano c/ RTV	Normal c/ RTV
Desenho Esquemático					
Número de discos na cadeia	13 sem RTV	15 com RTV	1 com RTV 14 sem RTV	13 com RTV	13 com RTV
Distância de escoamento específica unificada - DEEU (mm/kV _{Fase-Terra})	29,41	38,71	34,25	29,73	29,41
Aumento da DEEU em relação a CO (%)	-	24,0	14,1	1,1	0

Os trechos para instalação dos isoladores foram definidos com base em dados de localização estimada de falta para os desligamentos no período de 2011 a 2012 (antecessor ao início da instalação), conforme apresentada na Figura . Nesse período, observa-se que a maior concentração de desligamentos entre o quilômetro 16 e 41, a partir do terminal de UPME (destacado na Figura).

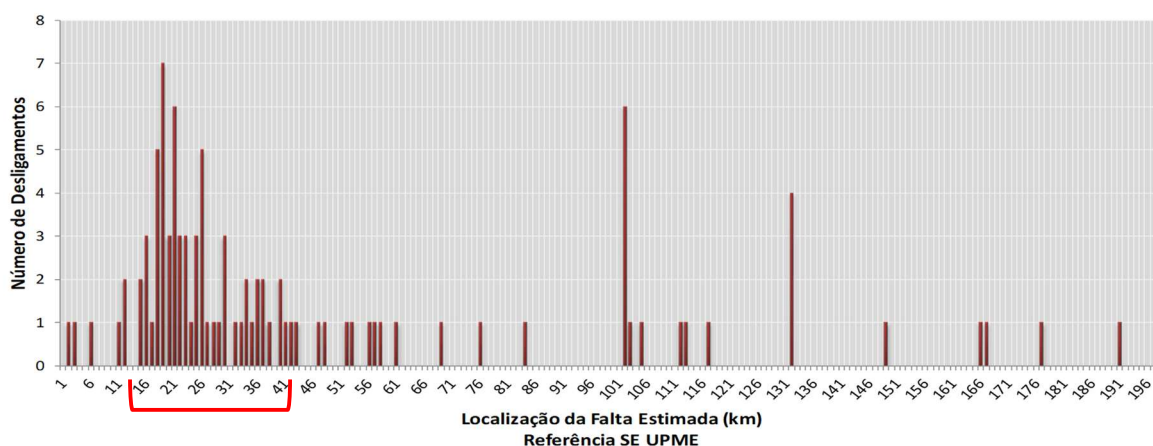


Figura 5 – Localização de falta estimada ao longo da LT 230 kV UPME-CAM entre 2011 e 2012

A definição dos trechos adotados para implantar as configurações C1, C2, C3 e C4, é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 – Locais de instalação das configurações C1, C2, C3 e C4

Trecho	Configuração	Quantidade Cadeias c/ RTV	Quantidade Estruturas	Situação
km 16 a 20	C2	30	10	Instalado em 2015
km 21 a 25	C1	30	10	Instalado em 2013
km 26 a 30	C2	39	13	Instalado em 2015
km 31 a 35	C3	33	11	Instalado em 2018
km 36 a 40	C4	33	11	Instalado em 2018

Destaca-se que a instalação de cada configuração ocorreu em períodos distintos. A configuração C1 ocorreu em 2013, a C2 foi finalizada em 2015 e as configurações C3 e C4 mais recentemente, em 2018. Esse fato tem relação com a disponibilidade de material e mão-de-obra necessária para instalação, além dos recursos financeiros oriundos do projeto de pesquisa o qual foi realizado em etapas, com continuidade a partir do ano de 2016.

3.3 - Análise do desempenho das configurações

A análise do desempenho das novas configurações foi através da comparação das taxas de desligamentos para o trecho de LT de cada configuração, entre o período pré e pós instalação. Para efeitos de análise, o marco de instalação (MI) é a data em que foi finalizada a instalação de todas as cadeias no trecho, sendo utilizada como referência para início da contabilização de desligamentos pós instalação de cada configuração.

As configurações estudadas foram instaladas em épocas distintas (o período de apuração pré e pós instalação foi específico para cada configuração) e em extensões de trechos distintas (caso da configuração C2 em relação as demais).

Para trazer para uma mesma base de apuração, a taxa de desligamento (TD) apurada irá refletir o número de desligamentos por ano, por quilômetro em cada trecho sob análise, conforme equação (1). Sendo que TD é a taxa de desligamento, ND é o número de desligamentos, P é o período em anos e E é a extensão em quilômetros do trecho.

$$TD = \frac{ND}{P * E} \quad (1)$$

3.3.1 - Resultados da configuração C1

O marco de instalação (MI) da configuração C1 ocorreu em 26/04/2013, data em que foi finalizada a instalação da configuração num trecho de 5 (cinco) km especificado no item 3.2. O período pós instalação analisado foi a partir do referido MI até 31/12/2020, totalizando 7,69 anos. O número de desligamentos apurados para o trecho no período foi de 6 (seis), o que representa uma TD de 0,16 deslig./ano/km. Verifica-se que a TD pós MI é 88,71% menor que a TD pré MI. A análise gráfica dos dados do histórico de desligamentos forçados no trecho da configuração C1 é apresentada na Figura 6, onde o eixo horizontal representa a linha do tempo em meses do período sob análise, o retângulo vermelho no gráfico representa o período pós instalação e as barras em azul os desligamentos ocorridos ao longo do período.

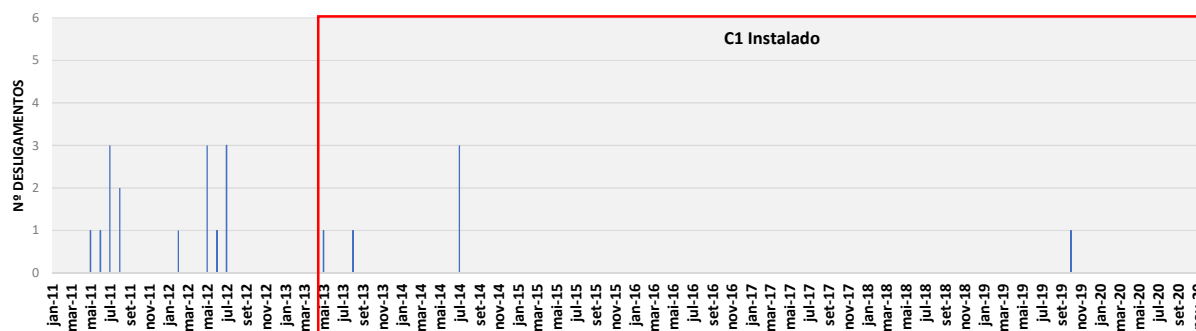


Figura 6 – Histórico de desligamentos no trecho da configuração C1 entre 2011 e 2020

3.3.2 - Resultados da configuração C2

O marco de instalação (MI) da configuração C2 ocorreu em 29/07/2015, data em que foi finalizada a instalação da mesma num trecho de 10 (dez) km (dois trechos de 5 km especificado na Tabela 3). O período pós instalação analisado foi a partir do referido MI até 31/12/2020, totalizando 5,43 anos. O número de desligamentos apurados para o trecho no período foi de 11 (onze), o que representa uma TD de 0,20 desligamento/ano/km. Verifica-se que a TD pós MI é 85,53% menor que a TD pré MI. A análise gráfica dos dados do histórico de desligamentos intempestivos no trecho que utiliza a configuração C2 apresentada na Figura 7.

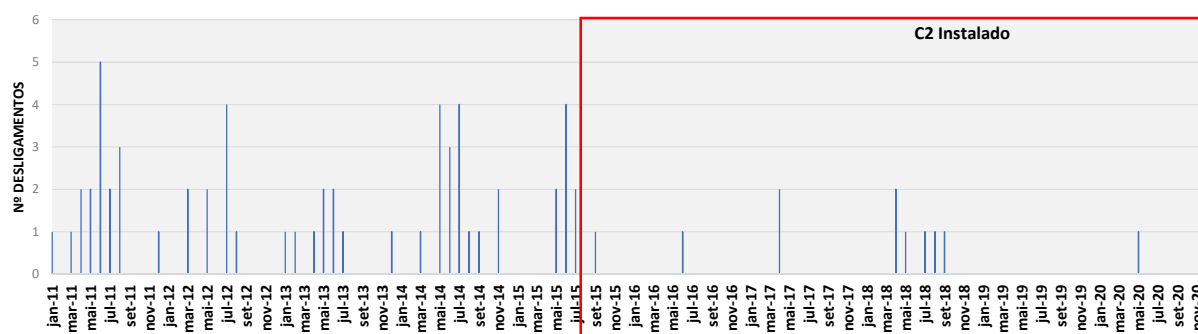


Figura 7 – Histórico de desligamentos no trecho da configuração C2 entre 2011 e 2020

3.3.3 - Resultados da configuração C3

O marco de instalação (MI) da configuração C3 ocorreu em 23/04/2018, data em que foi finalizada a instalação da configuração num trecho de 5 (cinco) km. O período pós instalação analisado foi dessa data até 31/12/2020, totalizando 2,70 anos. O número de desligamentos apurados para o trecho no período foi de 04 (quatro), o que representa uma TD de 0,30 deslig./ano/km. Verifica-se que a TD pós MI é 78,31% menor que a TD pré MI. A análise gráfica dos dados do histórico de desligamentos intempestivos no trecho da configuração C3 é apresentada na Figura 8.

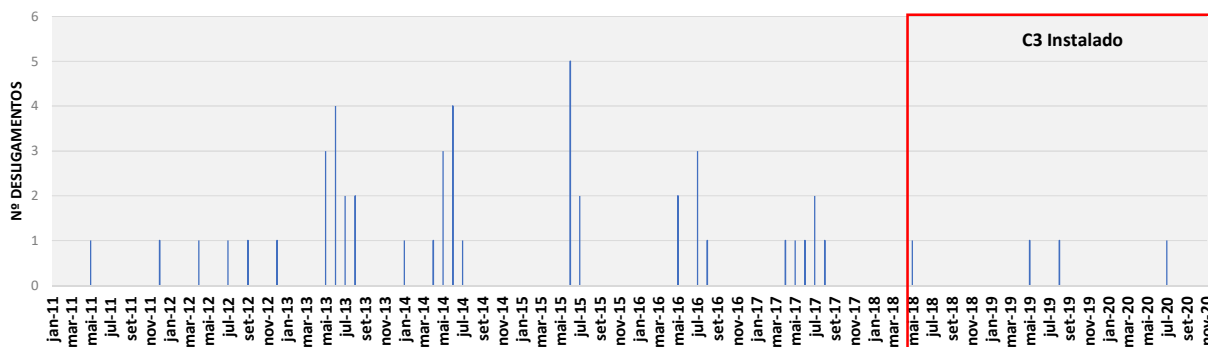


Figura 8 – Histórico de desligamentos no trecho da configuração C3 entre 2011 e 2020

3.3.4 - Resultados da configuração C4

O marco de instalação (MI) da configuração C4 ocorreu em 21/05/2018, data em que foi finalizada a instalação da configuração num trecho de 5 (cinco) km. O período pós instalação foi dessa data até 31/12/2020, totalizando 2,62 anos. O número de desligamentos apurados para o trecho no período foi de 04 (quatro), o que representa uma TD de 0,31 deslig./ano/km. Verifica-se que a TD pós MI é 65,82% menor que a TD pré MI. A análise gráfica dos dados do histórico de desligamentos intempestivos no trecho da configuração C4 é apresentada na Figura 9

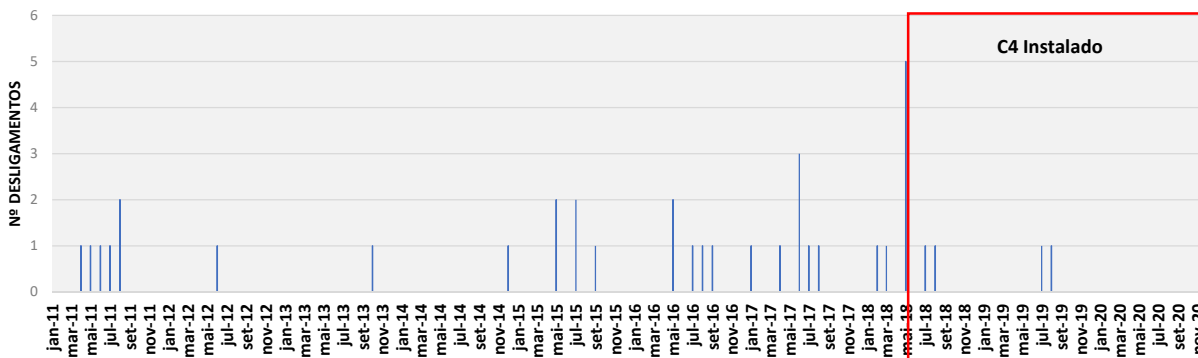


Figura 9 – Histórico de desligamentos no trecho da configuração C4 entre 2011 e 2020

4 - CONCLUSÃO

De modo geral, as novas configurações trouxeram melhoria significativa no desempenho da LT, conforme percentual de redução da taxa de desligamentos verificado nos trechos específicos após a instalação de cada nova configuração.

As configurações C1 e C2 tiveram uma análise mais consolidada pelo maior período de análise pós o marco de instalação. A configuração C1 foi a que apresentou a menor taxa de desligamento, como também a maior redução no número de desligamento (88,71%), o que é explicado pela associação do efeito da utilização de cadeia completa de isoladores recobertos com RTV, com o aumento de 24% da distância de escoamento da cadeia C1 em relação a configuração original.

A configuração C2 apresentou uma melhoria no desempenho de 85,53% na redução de desligamentos, tendo como principal vantagem um menor custo de material em relação as demais configurações, pois somente foram adicionados 02 (dois) isoladores na cadeia original (um isolador plano com RTV e um isolador normal). O isolador plano de topo com RTV teve um papel interessante tanto por agir na região normalmente mais umidificada da cadeia, como também fazer papel de proteção dos demais isoladores da cadeia em situações eventuais de contaminação por excremento de pássaros.

Com relação a configuração C3, assim como a configuração C4, teve um período mais curto de análise, pois a implantação ocorreu segundo trimestre de 2018. Porém, a melhora no desempenho atingiu os mesmos patamares de C2 (78,31% e 65,82% de redução dos desligamentos nos trechos, respectivamente).

Portanto, com base na análise do desempenho das novas configurações de cadeia e nas evidências e constatações obtidas no trabalho, os isoladores recobertos com RTV são uma excelente solução para a mitigação de desligamentos intempestivos relacionado ao mecanismo de falha de isolamento associado a umidade/contaminação. A configuração de cadeia mais adequada depende das características de projeto da LT e das condições ambientais e climáticas que a mesma está exposta. A intercambialidade do isolador de vidro, associada aos diferentes perfis existentes, permite formar diferentes configurações de cadeia, trazendo diversas alternativas de solução.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ABDELAZIZ, E. O.; JAVORONKOV, M.; ABDELAZIZ, C.; FETHI, G.; ZOHRA, B. Prevention of the interruptions due to the phenomena of the electric insulators pollution. **Control, Communications and Signal Processing, 2004. First International Symposium on**, p. 493–497, 2004.
- (2) KIESSLING, F.; NEFZGER, P.; NOLASCO, J.F.; KAINZ, U. **Overhead Power Lines - Planning, Design, Construction**. Berlin, Heidelberg: Springer, 2003.
- (3) CHERNEY, E. A. RTV Silicone - a high tech solution for a dirty insulator problem. **IEEE Electrical Insulation Magazine**, v. 11, n. 6, p. 8–14, 1995.
- (4) FARZANEH, M.; CHISHOLM, W. A. **IET Power and Energy Series, Volume 7 - Insulators for High Voltages**. New Jersey: Institution of Engineering and Technology, 2009.
- (5) JIA, Z. D.; ZHOU, J.; WANG, L. M. **Characteristics of RTV-SIR coating at low air pressure**. Proc. Int. Poser Modulator Conf. High Voltage Workshop, June 30–July 3, p. 216, 2002.
- (6) MUSTAFA, T. I. A. H.; MEYER, L. H.; CABRAL, S. H. L.; ALMAGUER, H. D.; PUCHALE, L. B. **Study of the correlation between weather conditions and protection trips in a 230 kV transmission line in southern Brazil**. Proceedings of the IEEE Power Engineering Society Transmission and Distribution Conference. Anais...2012.

DADOS BIOGRÁFICOS



LEANDRO HENRIQUE BONA PUCHALE

Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) em 2003. Especialista em Engenharia de Manutenção pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) em 2011. Mestre em Engenharia Elétrica pela UNISINOS em 2019. Possui experiência na área de linhas de transmissão, atuando desde 2005 no setor de engenharia de manutenção da CEEE-T. Desde 2013 está na coordenação da seção de linhas de transmissão onde desenvolve atividades relacionadas ao plano de manutenção e análise de ocorrências em linhas.

(2) THAIR IBRAHIM ABDEL HAMID MUSTAFA

Nasceu em Santa Maria-RS, em 28 de setembro de 1967. É professor do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de Blumenau, SC, Brasil. Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, em 1990. Mestre e Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC em 1994 e 2004, respectivamente. Ingressou no Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de Blumenau em 1994, onde está envolvido com atividades acadêmicas de graduação, pós-graduação e atividades de P&D. Atua em pesquisas na área de proteção e simulação de sistemas de potência, qualidade de energia e compatibilidade eletromagnética.

(3) LUIZ HENRIQUE MEYER

Luiz Henrique Meyer, Graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (1990), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (1994) e doutorado em Electrical and Computer Engineering pela University of Waterloo (2003). Atualmente é professor do quadro (vínculo público) com dedicação exclusiva (DE) na Universidade Regional de Blumenau, lotado no Departamento de Eng. Elétrica e de Telecomunicações (1993), professor no Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Eng. Elétrica (PPGEE) e nos cursos de graduação de Eng. Elétrica e de Telecomunicações. Principal interesse de pesquisa na área de desempenho de materiais isolantes de uso externo.