



**XXII SNTPEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GMI/19  
13 a 16 de Outubro de 2013  
Brasília - DF

**GRUPO - XII**

**GRUPO DE ESTUDO DE ASPECTOS TÉCNICOS E GERENCIAIS DE MANUTENÇÃO - GMI**

**PROPOSTA DE NOVA METODOLOGIA DE SUPERVISÃO DA OPERAÇÃO DE  
DISJUNTORES PARA MANUTENÇÃO**

**Fernando Venâncio Amaral (\*) Jorge Carlos da Silva Weber Melo de Sousa Geraldo Magela  
GontijoCemig Geração e Transmissão S.A.**

**RESUMO**

O critério atualmente utilizado pela Cemig GT para manutenção nas câmaras de extinção de disjuntores é baseado em um método estatístico, estabelecido empiricamente com base na experiência da equipe de manutenção. Nesse critério, o número limite de operações de abertura de correntes de falta para execução da revisão do disjuntor é determinado exclusivamente com base nos dados do equipamento e do local de instalação: tensão nominal de operação, meio de extinção e capacidade de interrupção simétrica do disjuntor e potência máxima de curto-circuito do barramento onde o equipamento está instalado. A partir desses dados, um número máximo de aberturas é pré-estabelecido e a revisão do disjuntor é realizada sempre que esse número é alcançado. Tendo em vista a disponibilização das magnitudes das correntes de falta, medidas via Registradores Digitais de Perturbações nas subestações, e a necessidade de padronização nas informações fornecidas pelos fabricantes de disjuntores nos seus manuais, este artigo propõe uma nova metodologia de manutenção.

Um modelo matemático compatível com as diferentes metodologias propostas por fabricantes diversos foi desenvolvido. A validação do modelo foi feita com base em um estudo comparativo do critério específico indicado pelo fabricante com o critério proposto neste trabalho, para quatro modelos de disjuntores de diferentes meios de extinção, diferentes tensões nominais e de diferentes fabricantes e anos.

**PALAVRAS-CHAVE**

Manutenção de Disjuntores, Vida Útil, Supervisão da Operação, Metodologia de Manutenção.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Os critérios de manutenção estabelecidos por diferentes fabricantes de disjuntores de alta tensão são baseados em diferentes metodologias, o que dificulta o estabelecimento de um procedimento padrão. No caso da Cemig GT, cujo parque de disjuntores é composto por diferentes modelos, de diferentes fabricantes, características e anos de fabricação, o problema tem criticidade elevada, uma vez que cada equipamento demanda acompanhamento pontual de acordo com o procedimento e o conjunto de informações específicos disponibilizados no manual. As normas referentes a esse assunto não padronizam o procedimento, conforme ilustram os três exemplos abaixo.

**1.1 Critério de manutenção do disjuntor 3AP1 FG, fabricado pela Siemens, ano 2000**

Para esse modelo, o critério de manutenção é baseado no gráfico da Figura 1, que relaciona o número máximo permitido de operações em função da corrente interrompida. O eixo das abscissas contém, em escala logarítmica, a faixa de correntes que o disjuntor é capaz de interromper (log I). Já o eixo das ordenadas contém, também em

escala logarítmica, o número máximo de operações que o disjuntor pode realizar ( $\log N$ ) para cada valor de corrente.

Tabela 1 – Principais características do disjuntor 3AP1 FG. Fonte: Manual de Instruções do modelo.

Tensão nominal (kV)	145
Corrente nominal em serviço contínuo (kA)	3,15
Corrente de interrupção simétrica nominal (kA)	40
Meio de extinção	SF <sub>6</sub>

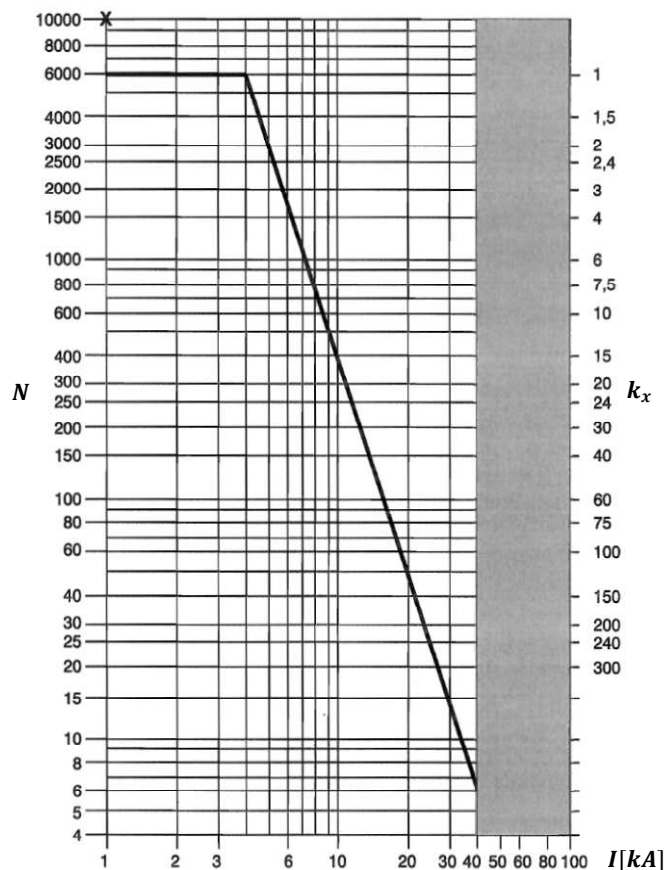


Figura 1 – Número máximo de interrupções (N) em função da corrente interrompida (I). Fonte: Manual de Instruções do modelo 3AP1 FG.

Para uma corrente de 5 kA, por exemplo, o disjuntor pode operar até 3000 vezes antes que a manutenção seja executada.

Os valores da abcissa adicional no lado direito do gráfico ( $k_x$ ) são fatores para utilização com a equação (2), fornecida pelo fabricante.

$$n_x = \frac{6000 - \sum_{i=1}^m (n_i \cdot k_i)}{k_x} \quad (2)$$

Onde:

$n_x$  é o número de interrupções permissíveis para uma corrente de interrupção  $I_x$ ;

$k_x$  é o fator para corrente de interrupção  $I_x$ ;

$n_i$  é o número de interrupções já realizadas com uma corrente de interrupção  $I$ ;

$k_i$  é o fator para a corrente de interrupção  $I$ .

## 1.2 Critério de manutenção do disjuntor LTB 145D1/B, fabricado pela ABB, ano 2009

Tabela 2 – Principais características do disjuntor LTB 145D1/B. Fonte: Manual de Instruções do modelo.

Tensão nominal (kV)	145
Corrente nominal em serviço contínuo (kA)	3
Corrente de interrupção simétrica nominal (kA)	40
Meio de extinção	SF <sub>6</sub>

Para esse disjuntor, o critério de manutenção fornecido no manual é baseado no somatório do quadrado das correntes de falta, conforme a equação (1). A cada operação, deve-se tomar o quadrado da corrente eficaz interrompida, acumulando-se os valores até que a vida útil de pelo menos um pólo seja esgotada. Quando isso ocorre, o processo de manutenção deve ser acionado. Além da equação (1), o fabricante disponibiliza uma curva semelhante à da Figura 1.

$$\sum N \cdot I_{CC}^2 = 20.000 \text{ kA}^2 \quad (1)$$

Onde:

$I_{CC}$  é a corrente eficaz interrompida pelo disjuntor, em kA;

$N$  é o número de vezes que o disjuntor interrompeu a corrente  $I_{CC}$ .

### 1.3 Critério de manutenção do disjuntor 140-SFM-40 A, fabricado pela Mitsubishi, ano 1983

Tabela 3 – Principais características do disjuntor 140-FSM-40 A. Fonte: Manual de Instruções do modelo.

Tensão nominal (kV)	145
Corrente nominal em serviço contínuo (kA)	2
Corrente de interrupção simétrica nominal (kA)	40
Meio de extinção	SF <sub>6</sub>

Para disjuntores mais antigos, como o modelo 140-SFM-40 A, é comum que o manual forneça apenas uma tabela contendo alguns pontos ( $N$ ,  $I$ ), como mostra a Tabela 4.

Tabela 4 – Número máximo de interrupções em função da corrente. Fonte: Manual de Instruções do modelo 140-FSM-40 A, Mitsubishi, 1983.

Corrente interrompida	Número máximo de operações
Correntes inferiores à nominal	4000
Corrente nominal	1000
25% da corrente de curto-circuito nominal $I_{CC}$	80
50% de $I_{CC}$	40
75% de $I_{CC}$	30
$I_{CC}$	20

Uma observação interessante sobre a Tabela 4 é que, ao longo da vida útil do disjuntor, as correntes de falta interrompidas variam dependendo do tipo de defeito, indo desde a manobra com corrente inferior à nominal até a interrupção de curto-circuitos francos, onde o disjuntor é submetido à máxima corrente de falta possível no circuito onde está instalado. Nesse sentido, critérios de manutenção como o do modelo 140-FSM-40 A deixam a desejar pois são válidos apenas para valores pontuais de correntes.

### 1.4 Critério de manutenção utilizado pela Cemig GT

Frente a esse problema, um critério padrão foi estabelecido pela Cemig GT para a manutenção preventiva de disjuntores e vem sendo utilizado nos últimos anos. O critério foi definido empiricamente com base na experiência da equipe de manutenção da Cemig GT. Nesse critério, o número máximo de aberturas do disjuntor até a manutenção preventiva é estabelecido de acordo com a corrente de interrupção simétrica nominal e a corrente de curto-circuito calculada para o barramento onde o equipamento está instalado, conforme a equação (3).

$$N = k \left( \frac{I_N}{I_O} \right)^a \quad (3)$$

Onde:

$N$  é o número máximo de operações do disjuntor até a manutenção;

$I_{CC}$  é a corrente de interrupção simétrica nominal do disjuntor;

$I_O$  é a corrente de curto-circuito calculada do barramento onde o disjuntor opera;

$k, a$  são constantes definidas segundo o meio de extinção e a tensão de operação do equipamento.

Note-se que o critério é baseado apenas nas características do disjuntor e do barramento, não levando em consideração a magnitude de correntes interrompidas pelo disjuntor durante a sua operação. Seja, por exemplo,  $N_O$  o limite de operações calculado para um certo disjuntor. Independentemente de esse disjuntor operar  $N_O$  vezes na abertura da corrente nominal ou  $N_O$  vezes na abertura da corrente de curto-circuito do barramento, o procedimento de manutenção será acionado. Entretanto, a situação na qual o disjuntor operou apenas na interrupção de sua corrente nominal é muito menos desgastante, e a vida útil do equipamento certamente não terá sido esgotada. Portanto, apesar de unificar a metodologia de manutenção dos disjuntores da Cemig GT, esse procedimento é pouco eficiente.

As correntes de falta são, atualmente, disponibilizadas pelos Registradores Digitais de Perturbações (RDPs) nas subestações. Com isso, é possível a elaboração de um procedimento padrão, que resolva o problema da

diversidade de critérios, e, ao mesmo tempo, leve em conta o real desgaste dos pólos do equipamento, possibilitando sua supervisão em tempo real e também que se extraia o máximo de sua vida útil.

## 2.0 - METODOLOGIA PROPOSTA

### 2.1 Modelagem do Problema

Retomando o gráfico da Figura 1, pode-se notar que a curva é uma reta com inclinação negativa, na região entre a corrente nominal e a capacidade de interrupção simétrica. Essa reta é descrita pela equação (4).

$$y = -a \cdot x + b \quad (4)$$

Onde  $a$  e  $b$  são constantes reais positivas. Substituindo-se  $x = \log(I)$  e  $y = \log(N)$ , rearranjando-se os termos e aplicando-se as propriedades convenientes, tem-se

$$\log(N) = -a \cdot \log(I) + b \quad (5)$$

$$\log(N) + a \cdot \log(I) = b = \log(c) \quad (6)$$

$$\log(N \cdot I^a) = \log(c) \quad (7)$$

$$N \cdot I^a = c \quad (8)$$

A determinação das constantes  $a$  e  $c$  pode ser feita tomando-se dois pontos  $(N, I)$  na curva fornecida pelo fabricante (ou na tabela, quando for o caso) e aplicando-se o método dos mínimos quadrados. Tendo em vista que a leitura é feita visualmente no gráfico, recomenda-se a utilização de, no mínimo, quatro pontos, reduzindo o erro no cálculo das constantes procuradas.

Todos os pontos tomados devem satisfazer à equação (5). Com isso, obtém-se um sistema com 2 incógnitas ( $a$  e  $b$ ) e  $n$  equações, sendo  $n$  o número de pontos tomados no ábaco (ou na tabela) fornecido pelo fabricante do disjuntor.

$$\begin{aligned} -a \cdot \log I_1 + b &= \log N_1 \\ -a \cdot \log I_2 + b &= \log N_2 \\ -a \cdot \log I_3 + b &= \log N_3 \\ &\vdots \\ -a \cdot \log I_n + b &= \log N_n \end{aligned} \quad (9)$$

Colocando-se o sistema na forma matricial, tem-se

$$\begin{bmatrix} -\log I_1 & 1 \\ -\log I_2 & 1 \\ -\log I_3 & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\log I_n & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \log N_1 \\ \log N_2 \\ \log N_3 \\ \vdots \\ \log N_n \end{bmatrix} \quad (10)$$

Chamando de  $\tilde{A}$  a matriz de regressores,  $B$  o vetor de amostras e  $\bar{x}$  o vetor das constantes procuradas, tem-se a equação (11)

$$\tilde{A} \cdot \bar{x} = B \quad (11)$$

Onde:

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} -\log I_1 & 1 \\ -\log I_2 & 1 \\ -\log I_3 & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\log I_n & 1 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} \log N_1 \\ \log N_2 \\ \log N_3 \\ \vdots \\ \log N_n \end{bmatrix} \text{ e } \bar{x} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

Aplicando-se o método dos mínimos quadrados, calcula-se o vetor  $\bar{x}$ , conforme a equação (12)

$$\bar{x} = (\tilde{A}^T \cdot \tilde{A})^{-1} \cdot \tilde{A}^T \cdot B \quad (12)$$

### 2.2 Implementação

Retomando-se a equação (8), o valor de  $c = 10^b$  indica a vida útil inicial da câmara do disjuntor, que chamaremos  $v_u[0]$ . A cada operação do equipamento, esse valor é reduzido conforme a equação (13)

$$v_u[k] = v_u[k-1] - 1 \cdot I^a \quad (13)$$

Onde:

$I$  é o valor da corrente eficaz interrompida na  $k$ -ésima operação do disjuntor;  
 $v_u[k]$  é a vida útil residual do disjuntor após a interrupção da corrente  $I$ ;  
 $v_u[k - 1]$  é a vida útil residual do disjuntor antes da interrupção da corrente  $I$ ;  
 $a$  é a constante calculada através da metodologia proposta.

Portanto, a partir das constantes  $a$  e  $b$  e da corrente  $I$  interrompida pelo disjuntor na sua  $k$ -ésima operação, é possível determinar sua vida útil residual. Quando esse valor cai abaixo de um determinado limite aceitável, o processo de manutenção é acionado. O algoritmo simplificado da Figura 2 ilustra a operacionalização do método.

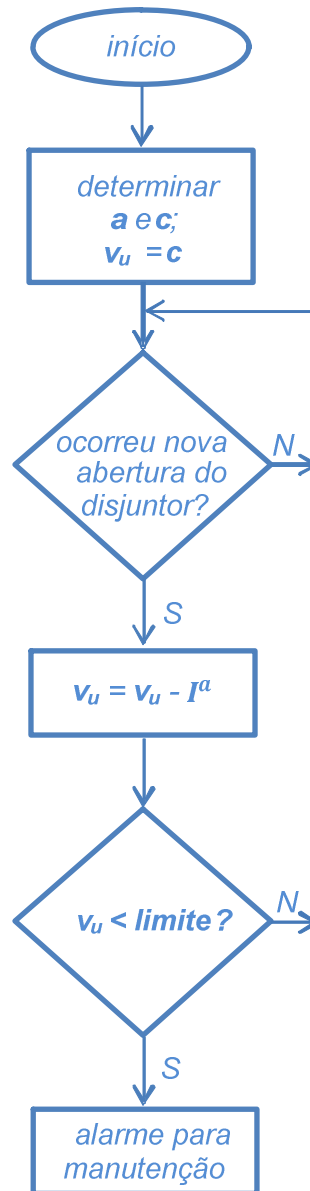


Figura 2 – Algoritmo simplificado de implementação do método de supervisão de disjuntores para manutenção.

### 2.3 Validação do Método

#### 2.3.1. Modelo 3AP1 FG

Seja o modelo 3AP1 FG, cujas informações e o ábaco de referência para manutenção foram apresentados na Seção 1.1. Tomando-se quatro pontos na Figura 1 – vide Tabela 5 - e aplicando-se o método dos mínimos quadrados, obtém-se, pela equação (12), as constantes procuradas, apresentadas na Tabela 6.

Tabela 5 – Conjunto de 4 pontos ( $N, I$ ) tomados no ábaco da Figura 1.

<b>N</b>	<b>I (kA)</b>
3000	5
500	9
50	20
6	40

Tabela 6 – Parâmetros  $a$  e  $c$  para o modelo 3AP1 FG.

<b>Parâmetro</b>	<b>I (kA)</b>
$a$	2,975263
$c$	356.740,77

Portanto, o modelo matemático para a vida útil desse disjuntor é dado pela equação (14)

$$N \cdot I^{2,975263} = 356.740,77 \quad (14)$$

Esse modelo pode ser comparado com a metodologia de manutenção proposta pelo fabricante supondo-se que o disjuntor atuou na abertura de uma sequência fictícia de correntes, conforme a Tabela 7.

Tabela 7 – Comparação da metodologia do fabricante e da metodologia proposta, para o modelo 3AP1 FG.

<b>N</b>	<b>I (kA)</b>	<b>K</b>	<b><math>N \cdot K</math></b>	<b><math>N \cdot I^a</math></b>
120	4	1	120	7.421,1
50	6	3,5	175	10.331,8
3	20	120	360	22.285,8
2	27	300	600	36.283,9
<b><math>\Sigma</math></b>			<b>1.255</b>	<b>76.322,6</b>
<b>Capacidade residual p/ I = 4kA (k=1)</b>			<b>4745</b>	<b>4534</b>
<b>Capacidade residual p/ I = 10kA (k=15)</b>			<b>316</b>	<b>296</b>
<b>Capacidade residual p/ I = 20kA (k=120)</b>			<b>39</b>	<b>37</b>

Observando-se as três últimas linhas da tabela, conclui-se que a metodologia proposta é compatível com a do fabricante. As discrepâncias nos resultados são, certamente, devidas a erros de leitura no gráfico ao se tornar o conjunto de pontos para o cálculo das constantes. Especificamente para este modelo, os resultados obtidos utilizando-se a nova metodologia proposta são ligeiramente mais conservativos do que o que propõe o fabricante. Caso contrário, seria necessário tomar um conjunto maior de pontos para o cálculo das constantes, o que conduziria a resultados cada vez melhores.

### 2.3.2. Modelo 140-SFM-40 A

Os parâmetros  $a$  e  $c$  calculados para o modelo são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Parâmetros  $a$  e  $c$  para o modelo 140-SFM-40 A.

<b>Parâmetro</b>	<b>I (kA)</b>
$a$	1,313524
$c$	2.411,48

Para esse modelo, a validação da metodologia proposta pode ser feita comparando-se os números máximos de interrupções, para dada corrente de falta, apontados pelo critério do fabricante e pelo critério proposto, como mostra a Tabela 9.

Tabela 9 – Comparação do número máximo de interrupções para dada corrente apontados pelo fabricante e pelo critério proposto.

<b>I (kA)</b>	<b><math>N_{\text{fabricante}}</math></b>	<b><math>N_{\text{critério}}</math></b>
2	1000	970
20	40	47
30	30	28
40	20	19

Nesse caso, o método proposto ofereceu valores próximos aos recomendados pelo fabricante. Exceto para a corrente de 20 kA, todos os demais foram ligeiramente mais conservativos do que o que determina o manual.

### 2.3.3. Modelo HPL 245-550B2

A Tabela 10 apresenta as principais características do modelo.

Tabela 10 – Principais características do modelo HPL 550B2, fabricado pela ABB, ano 2002. Fonte: Manual de Instruções fornecido pelo fabricante.

Tensão nominal (kV)	550
Corrente nominal em serviço contínuo (kA)	4
Corrente de interrupção simétrica nominal (kA)	63
Meio de extinção	SF <sub>6</sub>

O procedimento de manutenção recomendado pelo fabricante é baseado na equação (15)

$$\sum (N \cdot I^{1,8}) = 20.000 \quad (15)$$

Tomando-se quatro pontos no ábaco fornecido no catálogo (não mostrado) e aplicando-se a metodologia proposta, obtém-se as constantes  $a$  e  $c$  da Tabela 11.

Tabela 11 – Parâmetros  $a$  e  $c$  para o modelo HPL 550B2.

Parâmetro	I (kA)
$a$	1,758924
$c$	19.559,21

Supondo uma sequência fictícia de correntes interrompidas pelo disjuntor é possível comparar o método do fabricante e o método proposto, como mostra a Tabela 12.

Tabela 12 – Comparação da metodologia do fabricante e da metodologia proposta, para o modelo HPL 550B2.

N	I (kA)	$N \cdot I^{1,8}$	$N \cdot I^a$
120	4	1.455	1.374
50	15	6.545	5.856
3	35	1.805	1.560
2	60	3.175	2.683
<b>Total</b>		12.980	11.476
<b>Vida útil residual</b>		35,1%	41,3%

Novamente, o modelo obtido aponta resultados muito próximos daqueles recomendados pelo fabricante. Especificamente nesse caso, a metodologia proposta é ligeiramente menos conservativa.

#### 2.3.4. Modelo GL317D

A Tabela 13 apresenta as principais características do modelo.

Tabela 13 – Principais características do modelo GL317D, fabricado pela Areva, ano 2004. Fonte: Manual de Instruções fornecido pelo fabricante.

Tensão nominal (kV)	550
Corrente nominal em serviço contínuo (kA)	2-4
Corrente de interrupção simétrica nominal (kA)	40-50
Meio de extinção	SF <sub>6</sub>

O procedimento de manutenção recomendado pelo fabricante é baseado na equação (1). Aplicando-se a metodologia proposta, tem-se as constantes da Tabela 14.

Tabela 14 – Parâmetros  $a$  e  $c$  para o modelo GL317D.

Parâmetro	I (kA)
$a$	2,045893
$c$	23.254,59

Comparando-se a vida útil do disjuntor pelos dois métodos, tem-se os resultados da Tabela 15.

Tabela 15 – Comparação da metodologia do fabricante e da metodologia proposta, para o modelo GL317D.

N	I (kA)	$N \cdot I^{1,8}$	$N \cdot I^a$
120	4	1.920	2.046
50	6	1.800	1.954
3	20	1.200	1.377
2	35	2.450	2.884
<b>Total</b>		7.370	8.261
<b>Vida útil residual</b>		36,9%	35,5%

Os resultados observados são, novamente, muito próximos àqueles propostos quando utiliza-se a metodologia do fabricante. Diferentemente do caso anterior (modelo HPL 550B2), os resultados obtidos via metodologia proposta foram ligeiramente mais conservativos para o modelo GL317D.

### 3.0 - CONCLUSÃO

As limitações introduzidas no método pela falta de exatidão na leitura dos pontos no ábaco e os casos em que os resultados obtidos pela metodologia proposta forem menos conservativos do que aqueles propostos no manual do fabricante podem ser contornadas através da definição de um limite mais estreito (vide algoritmo da Figura 2), mitigando as imperfeições do método.

Além da aplicação em disjuntores de alta tensão, a metodologia proposta pode ser implementada em disjuntores de média tensão. Em instalações industriais, esses disjuntores são tipicamente instalados em quadros de distribuição de circuitos e protegidos por IEDs (*Intelligent Electronic Devices*), que podem ser programadas para efetuarem os cálculos necessários ao acompanhamento da vida útil dos disjuntores. Também nos manuais desses equipamentos o procedimento de manutenção é indicado sob a forma gráfica, de maneira idêntica à Figura 1.

Especificamente em relação ao parque de disjuntores da Cemig GT, um estudo de caso feito com base no histórico de aberturas de um disjuntor de 138 kV instalado na Subestação Taquaril apontou que a identificação da(s) fase(s) envolvida(s) nas faltas prorrogaria a manutenção em 6 anos em relação ao método empírico que vinha sendo utilizado. Já a identificação das amplitudes das correntes interrompidas pelo disjuntor prorrogaria a manutenção a sumir de vista.

A implementação da nova metodologia reduz o custo de manutenção dos disjuntores, tendo em vista que a vida útil das câmaras é otimizada e a revisão ocorre no momento adequado. Além da otimização do período de manutenção, a disponibilidade do equipamento é maximizada e o risco de falha decorrente de intervenção para manutenção é reduzido.

### 4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) Associação Brasileira de Normas Técnicas. Equipamentos de Alta Tensão. Parte 100: Disjuntores de alta tensão de corrente alternada - NBR IEC 62271-100:2006. Brasil.

(2) Cemig GT/Gerência de Planejamento e Engenharia de Manutenção da Transmissão (PO/MT) – Revisão de Metodologia para Manutenção Preventiva de Câmara de Extinção: Estudo de Aplicação Disjuntor 9K4 SE Taquaril. Janeiro de 2010. Brasil.

(3) Cemig GT/Gerência de Planejamento e Engenharia de Manutenção da Transmissão (PO/MT) – Recomendação Técnica: Critérios e Procedimentos Básicos de Manutenção Preventiva para Equipamentos de Transformação e Manobra. Julho de 2009. Brasil.

(4) Manuais disponibilizados pelos fabricantes dos disjuntores.

### 5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

**Fernando Venâncio Amaral** nasceu em Divinópolis, MG em 1990. Possui graduação em Engenharia Elétrica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (2012) e curso técnico em Eletromecânica, também pelo CEFET-MG (2007). Foi estagiário na CemigGT no ano de 2012, onde desenvolveu trabalhos na área de manutenção de linhas de transmissão e equipamentos de transformação e manobra de alta tensão. Tem interesse nas áreas de Sistemas Elétricos de Potência e Eletrônica de Potência.

**Jorge Carlos da Silva** é técnico de manutenção da Cemig GT. Trabalha há 15 anos na área de Planejamento e Engenharia de Manutenção da Transmissão. É graduando em administração pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

**Weber Melo de Sousa** é natural de Divinópolis, MG. Nascido em 23 de julho de 1968, concluiu seu curso de graduação em Engenharia Elétrica pela PUC-MG em julho de 1994 e defendeu sua dissertação de mestrado pela UFMG em Dezembro de 2002, tendo recebido o título de Mestre em Ciências em Engenharia Elétrica. Trabalha na Cemig GT há 24 anos tendo atuado nas áreas de operação e atualmente na área de Engenharia de Proteção da Transmissão da Cemig GT. Possui artigos redigidos e apresentados em congressos, seminários e periódicos, nacionais e internacionais em temas relacionados com Proteção e Transmissão de Energia em Sistemas Elétricos de Potência. Email: [weber@cemig.com.br](mailto:weber@cemig.com.br).

**Geraldo Magela Gontijo** possui graduação em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (1995), especialização em Gestão de Negócios pela UFMG e especialização em Sistemas Elétricos de Potência pela UFMG. É mestre em Engenharia Elétrica pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica da UFMG. Atualmente é engenheiro sênior de manutenção elétrica da CemigGT.