



**XXIV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

CB/GMI/04

22 a 25 de outubro de 2017
Curitiba - PR

GRUPO -NNN

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

**ANÁLISE DE ESPECIFICAÇÃO, DESEMPENHO E DO CUSTO DO CICLO DE VIDA DE DISJUNTORES
UTILIZADOS NO SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA – SEP, CONSIDERANDO DIFERENTES REQUISITOS DE
APLICAÇÃO**

**Alexsandro Teixeira Gomes (*)
CEMIG-GT**

RESUMO

Este artigo aborda como os requisitos de aplicação dos disjuntores afetam o desempenho e conseqüentemente o custo de vida desses equipamentos para os Agentes de Transmissão do Sistema Elétrico Brasileiro, considerando questões como: a expectativa de Vida Útil regulatória, requisitos de especificação e custo de manutenção.

O conteúdo do trabalho é parte do trabalho apresentado pelo autor na conclusão do curso: MASTER EM ENGENHARIA DE CONFIABILIDADE E GESTÃO DE ATIVOS, da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC Minas, em setembro/2016.

PALAVRAS-CHAVE

Disjuntor, desempenho, custo, ciclo e vida.

1.0 - INTRODUÇÃO

Atualmente a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL define no MCPSE⁽¹⁾ no que o disjuntor deve apresentar uma Vida Útil Regulatória de 33 anos, independente da aplicação, ou seja, não considera que o equipamento será utilizado em aplicações menos severas como Linhas de Transmissão ou Transformadores, ou que exigem alta performance como Reatores, Banco de Capacitores, Motores Síncronos, Geradores, etc.

A Vida Útil Técnica é definida na norma NBR 5462⁽²⁾ como: Sob dadas condições, é o intervalo de tempo desde o instante em que um item/equipamento é colocado pela primeira vez em estado de disponibilidade, até o instante em que a intensidade de falha torna-se inaceitável ou até que o item seja considerado irrecuperável depois de uma falha. Obviamente que a Vida Útil Técnica dos disjuntores dependerá da aplicação e da utilização do equipamento, e poderá ser maior ou menor que a Vida Útil Regulatória.

2.0 - CICLO DE VIDA DO ATIVO

O ciclo de vida de um ativo é constituído das etapas apresentadas na Figura 1⁽²⁾. Na etapa de Projeto/Especificação são definidas as características técnicas que permitirão ao ativo apresentar certo desempenho na aplicação de acordo com a utilização, na Aquisição/Montagem espera-se que o ativo seja processado conforme especificado, no Comissionamento afere-se se o equipamento foi processado e instalado conforme especificado, e na Operação/Manutenção o ativo é explorado podendo apresentar degradação menor ou maior de acordo com a condição de utilização. Na fase de Modificação/Upgrade o ativo já está degradado ou não está apresentando desempenho conforme especificado, onde se avalia a possibilidade de melhorias no projeto a fim de estender a vida útil, trata-se da Engenharia de Manutenção. E na fase de Descarte o ativo deve ser substituído.

(*)av. Barbacena, 1200 - 14º andar - ala B1, Santo Agostinho– CEP 30.190-131, Belo Horizonte, MG – Brasil
Tel: (+55 31) 3506.4428 e (+55 31) 9.8675.6188 – alexsandro.teixeira@cemig.com.br

22 a 25 de outubro de 2017
Curitiba - PR

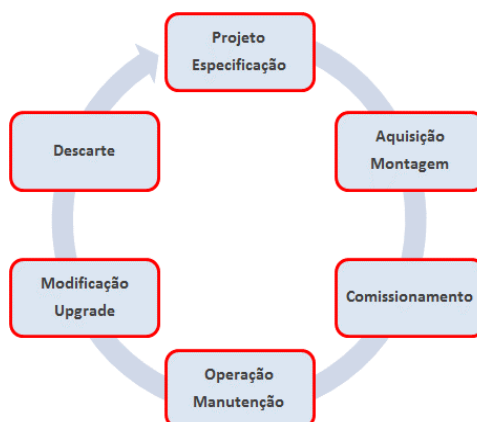


FIGURA 1 – Ciclo de vida de um ativo⁽²⁾

3.0 - REQUISITOS DE ESPECIFICAÇÃO E APLICAÇÃO DOS DISJUNTORES

Os requisitos de especificação de disjuntores são baseados em parâmetros de normas de instituições como: ABNT¹, IEC² e IEEE³, e, geralmente, são complementados por requisitos técnicos por parte do comprador, em função dos requisitos de aplicação do equipamento.

Os requisitos de especificação determinam a Vida Útil Técnica de um disjuntor conforme a utilização, e depende da aplicação, como: chaveamento de linhas de transmissão, transformadores, correntes capacitivas, correntes indutivas, máquinas síncronas e chaveamento em Alta Tensão próximo a usinas geradoras, além dos requisitos de curto-circuito do ponto de instalação.

4.0 - DURABILIDADE MECÂNICA

De acordo com a norma IEC 62271-100⁽³⁾ os disjuntores podem ser classificados de acordo com o número de operações mecânicas que eles podem realizar, quando testados sem carga. Podem ser classificados como Classe M1 - Disjuntor padrão (durabilidade mecânica normal) - 2000 ciclos de operações de abertura e fechamento, e Classe M2 - Disjuntor para requisitos especiais de serviço (durabilidade mecânica estendida) - 10000 ciclo, nesse caso, o disjuntor é operado diariamente, não requerendo manutenção durante sua vida útil especificada, mas apenas uma Manutenção Mínima.

No caso particular dos disjuntores Classe M2, tem-se verificado que os equipamentos têm tido certa dificuldade de atingir essa performance, apresentando defeitos e falhas antes de 10000 operações. Alguns fabricantes alegam que o comportamento mecânico em carga é diferente, situação que não se justifica pelas normas.

A norma IEC/IEEE 62271-37-013⁽⁸⁾ apresenta critérios correlatos para chaveamento de máquinas síncronas, de 1000 e 3000 operações.

5.0 - DURABILIDADE ELÉTRICA

5.1 Chaveamento de linhas de transmissão

O ONS⁽¹³⁾ e a ANEEL⁽¹⁴⁾ estabelecem requisitos que envolvem esta aplicação, como: abertura de linhas em vazio e abertura de defeito quilométrico. Porém, é importante lembrar que os disjuntores são requeridos à operar em função do desempenho das linhas de transmissão.

¹ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

²IEC - International Electrotechnical Commission.

³IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers.

De acordo com a norma IEC 62271-100⁽³⁾, de uma maneira geral, os disjuntores podem ser classificados de acordo quanto a durabilidade elétrica, tendo como preocupação apenas os ciclos de religamento de linhas aéreas, sendo: Classe E1- Disjuntor com durabilidade elétrica básica, e Classe E2 -Se aplica apenas a disjuntores de Média Tensão (até 52kV), projetados de tal forma que os componentes do sistema de interrupção do circuito principal não requeiram manutenção durante sua Vida Útil Técnica especificada.

A norma IEC TR 62271-310⁽¹¹⁾ especifica o requisito de durabilidade elétrica classe E2 para disjuntores com tensão nominal acima de 52 kV, considerando interrupção de faltas em linhas aéreas, propondo um programa de testes, cujo n° de operações varia de 65 à 78 conforme o capacidade de curto-circuito do disjuntor. O programa de testes também prevê a realização de operações com corrente capacitiva, que tem como objetivo aferir a capacidade dos equipamentos realizar esse tipo de chaveamento após a avaliação da durabilidade.

A Tabela 1 apresenta o n° de faltas por 100 km por ano em linhas de transmissão, consideradas na norma IEC 62271-310⁽¹¹⁾, para definir os ensaios de durabilidade elétrica de disjuntores para uma Vida Útil Técnica estimada em 25 anos.

TABELA 1 – N° de faltas por 100 km por ano em linhas de transmissão - IEC 62271-310⁽¹¹⁾

	138kV	230kV	345kV	550kV
N° de faltas	8,3	4,8	3,3	4,2

Considerando as linhas de 230kV e \geq 345kV com pior desempenho da Rede Básica no ano de 2015 (desligamento / 100 km / ano), inferidas à partir dos resultados dos desligamentos forçado por Descargas Atmosféricas, que representam 27,3% dos eventos, conforme a informações do ONS⁽¹⁷⁾; os valores médios e máximos dos índices estão acima daqueles previstos pela IEC 62271-310⁽¹¹⁾, sendo possível inferir que os disjuntores operados nas linhas de transmissão com esse padrão de desempenho, não atingirão a vida útil esperada pela norma de 25 anos, ficando também mais distante da expectativa de vida esperada pela ANEEL de 33 anos.

Outra questão que precisa ser considerada é que linhas de transmissão de 345 e 500kV têm sido operadas para controle de tensão no SEP, submetendo os disjuntores à condição de desgaste no chaveamento de correntes capacitivas, não esperada para essa aplicação.

5.2 Requisito de curto-circuito do ponto de instalação

Os ensaios de durabilidade elétrica requeridos pela norma IEC TR 62271-310⁽¹¹⁾ prevê operações do disjuntor com 60% da corrente de curto-circuito nominal, presumindo uma maior probabilidade de ocorrência desse tipo de operação pelo equipamento, em função do ponto da ocorrência da falta na linha de transmissão.

Outro ponto a se considerar é que a durabilidade elétrica do disjuntor dependerá da amplitude da corrente de curto-circuito no ponto de instalação na Rede Básica, que apresentam valores variados conforme esperado, e pode ser constatado na referência do ONS⁽¹⁸⁾. Ver exemplo apresentado na Figura 2. Supondo um mesmo modelo de operando nos pontos indicados na Figura 2, obviamente eles apresentarão diferentes Vidas Úteis Técnicas.

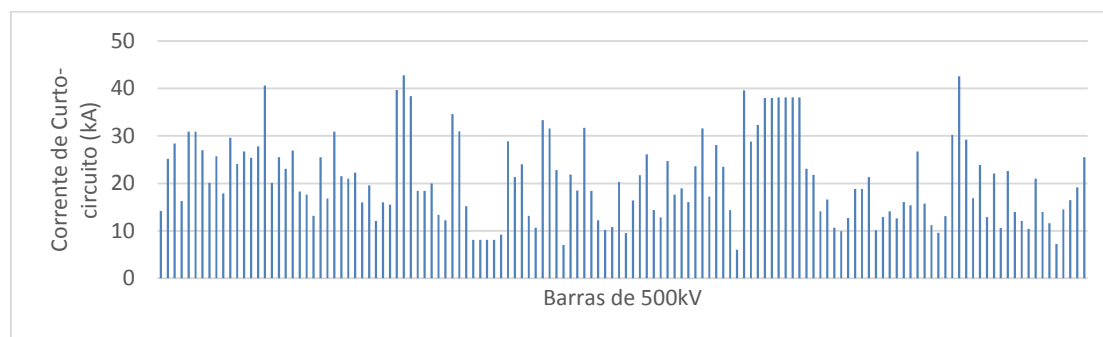
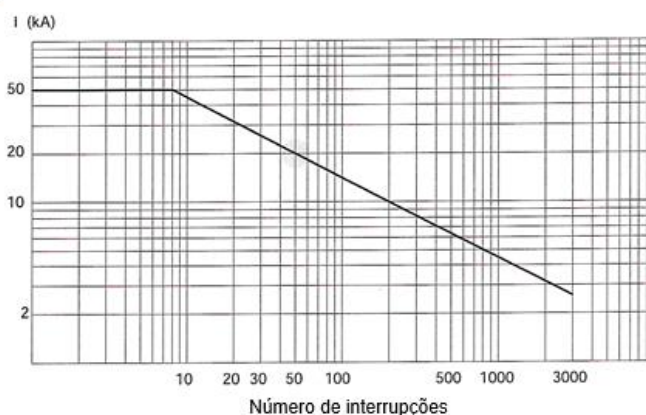


FIGURA 2 – Exemplos de correntes de curto-circuito nas barras de 500kV da Rede Básica⁽¹⁸⁾.

A Figuras 3 apresenta exemplo de durabilidade de disjuntor de 500 kV⁽¹⁹⁾ em função de diferentes correntes de curto-circuito a serem interrompidas.



Corrente de curto circuito simétrica - I(kA)	100%	80%	60%	In	10%
	50	40	24	4	2,4
Nº operações	8	12	35	1230	3405
$\sum kA^2$	20024	19993	19924	19681	19612

FIGURA 3 - Número de interrupções do disjuntor 500kV, 4000A, 50kA⁽¹⁹⁾

5.3 Chaveamento de correntes capacitivas

De acordo com as normas IEC 62271-100⁽³⁾ e IEEE C37.09a⁽⁴⁾ um disjuntor deve ser capaz de realizar o chaveamento de correntes capacitivas, compreendendo parte ou a totalidade das operações previstas, tais como a corrente de capacitiva de linha de transmissão em vazio, cabo isolado ou banco capacitor em derivação.

O ONS⁽¹³⁾ e a ANEEL⁽¹⁴⁾ estabelecem que os disjuntores devem ser especificados para chaveamento de correntes capacitivas, com foco apenas na capacidade dos equipamentos, requerendo que os equipamentos tenham “baixíssima probabilidade de reacendimento de arco” conforme designação da norma NBR IEC 62271- 100, porém não apresentam referências que permitam inferir o n° de operações que serão requeridas dos equipamentos.

De acordo com Frotin⁽²⁰⁾ o chaveamento de correntes capacitivas em alta cadência (até várias operações por dia) exige requisitos adicionais das câmaras de interrupção, devido ao maior desgaste dos contatos.

As normas IEC 62271-100⁽³⁾ e IEEE C37.09a⁽⁴⁾ estabelecem critérios para avaliação da capacidade do disjuntor realizar o chaveamento de correntes capacitivas, porém, não aferem a durabilidade elétrica na aplicação como era de se esperar, em função do reduzido de operações nos ensaios, por exemplo, chegando a apenas à 104 operações no chaveamento de Banco de Capacitores Isolado ou em Back-to-back (trifásico). Ao final dos ensaios verifica-se se o disjuntor não apresenta desgaste, geralmente à partir dos ensaios de resistência de contato e de inspeção dos contatos. Caso o disjuntor apresente desgaste significativo o projeto é reprovado, do contrário, é aprovado, porem, não se sabe a expectativa de vida do disjuntor.

É importante citar que a norma IEEE C37.66 fornece uma referência mais razoável para ensaios com operações com corrente capacitiva, composto por 1.200 operações que, embora seja superior aos requisitos normativos aplicados a disjuntores, ainda está distante da realidade da operação e por consequência da Vida Útil Técnica e Regulatória.

A Figuras 4 apresenta exemplo de durabilidade elétrica de disjuntor em função do estabelecimento de correntes capacitivas⁽²¹⁾, e na Figura 5 é apresentada uma análise da expectativa de Vida Útil Técnica em função da frequência de utilização do equipamento.

5.4 Chaveamento de correntes indutivas

De acordo com a norma C37.015⁽⁵⁾ o chaveamento de reatores em derivação impõe ao circuito e ao disjuntor um esforço expressivo no processo de interrupção, cujo sucesso é o resultado de uma interação complexa entre o disjuntor e o circuito, que geralmente resulta em significativas sobretensões.

22 a 25 de outubro de 2017
Curitiba - PR

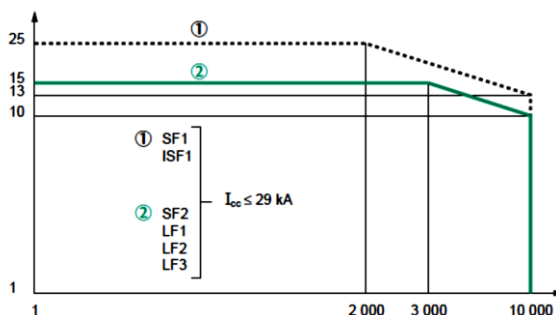


FIGURA 4 - Durabilidade Elétrica de disjuntor em função do estabelecimento de correntes capacitiva (21)

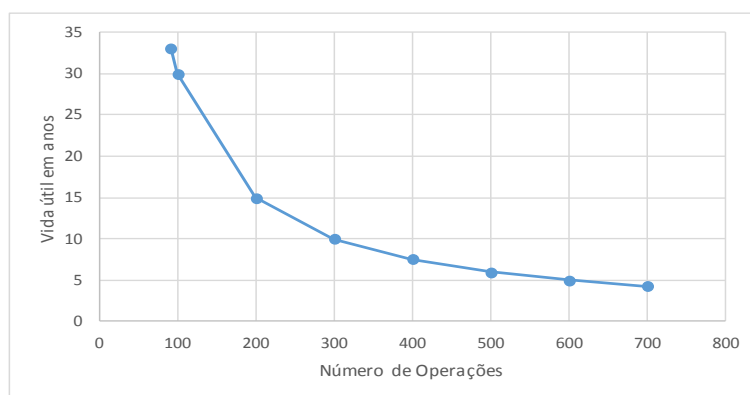


FIGURA 5 – Vida Útil Técnica do disjuntor cuja especificação de Durabilidade Elétrica está especificada na Figura 4, em função da demanda de operações por ano

A norma IEEE C37.015⁽⁵⁾ destaca que os reatores de derivação são chaveados muitas vezes ao dia, para compensar as mudanças na carga e configuração do sistema destacando que na seleção de um disjuntor para essa aplicação, deve-se considerar a Durabilidade Mecânica Estendida, porém, trata da durabilidade elétrica.

As normas IEC 62271-110⁽⁶⁾ e IEC 62271-306⁽⁷⁾ estabelecem os requisitos de especificação para disjuntores dedicados ao chaveamento de reatores em derivação, além das características básicas.

A norma IEC 62271-110⁽⁶⁾ padroniza valores de correntes para os ensaios de chaveamento indutivo dentre outras questões, especificando ensaios com apenas 50 operações por exemplo para aplicações trifásicas, que também está distante da realidade. Se somadas as operações previstas pela norma IEC 62271-306⁽⁷⁾ como conceito de extensão de durabilidade esse número poderia superar 100 operações que ainda sim não é referência para a Vida Útil Técnica e Regulatória.

O ONS⁽¹³⁾ e a ANEEL⁽¹⁴⁾ estabelecem que os disjuntores devem ser especificados para abertura de correntes indutivas, tal como na manobra de reatores em derivação, sem provocar reignições, reacendimentos, sobretensões inadmissíveis ou transitórios de frequência elevada que possam colocar em risco os equipamentos da subestação, ou seja, também com foco apenas na capacidade de realizar o chaveamento. A ANEEL⁽¹⁴⁾ tem especificado nos editais dos leilões de transmissão que: “Os reatores manobráveis devem ser especificados para suportar os transitórios devido às manobras de abertura e fechamento diárias de seus disjuntores durante toda a sua vida útil”., não fazendo referência ao desgaste do disjuntor.

A Vida Útil Técnica especificada pela CEMIG e outros agentes de transmissão para a Durabilidade Elétrica de disjuntores utilizados no chaveamento de banco de capacitores e reatores, são aderentes com as poucas referências de fabricantes, conforme exemplo apresentado na Tabela 2⁽²³⁾.

TABELA 2 - Intervalos de Manutenção de disjuntores 72.5 a 170kV⁽²³⁾

Tipo de medição		Intervalo de inspeção	Explicação	Condição do disjuntor durante o trabalho	Requisitos de competência
A	Inspeção visual	1-2 anos		a1	a2
B	Manutenção preventiva Inspeção intermediária • Teste de operação, incluindo verificações de tempo • Inspeções por termovisão	3-8 anos, 2.000 oper. mec.	1)	b1	b2
C	Manutenção preventiva • Inspeção geral do disjuntor e do mecanismo operacional.	Após 15 anos ou 5.000 oper. mec.	1), 3)	b1	b2
D	Revisão • Revisão da câmara de interrupção • Disjuntor de linha • Disjuntor de transformador • Banco de capacitores Disjuntor de reator Disjuntor de filtro • Não sincronizado • Sincronizado • Revisão completa.	$\Sigma nxI^2=20.000$ $\Sigma nxI^2=20.000$ 2.500 oper. el. 5.000 oper. el. após 30 anos ou 10.000 oper. mec.	2)	c1	c2

Explicação:

- 1) Oper. mec. = Operações de fechamento-abertura mecânicas.
- 2) Oper. el. = Operações de fechamento-abertura com carga elétrica.
- 3) Exigências especiais em inspeções de resistência em disjuntores operados > 100 operações de fechamento e abertura por ano.

5.5 Chaveamento de máquinas síncronas

O Disjuntor Gerador que é aplicado em Geradores ou Compensadores Síncronos, e especificado de acordo com a norma IEC/IEEE 62271-37-013⁽⁸⁾. O equipamento deverá ser capaz de realizar abertura de correntes de curto-circuito simétricas, e assimétricas nas condições mais severas de X/R e com fator de assimetria inerente à aplicação, considerando a ocorrência de "zeros atrasados". Ver Figura 6.

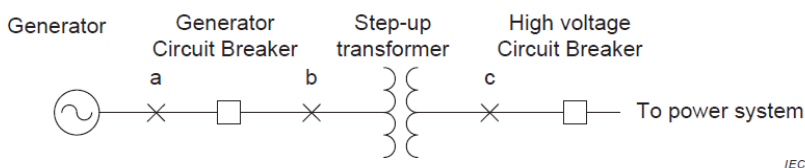


FIGURA 6 –Aplicações de Disjuntor Gerador⁽⁸⁾

De acordo com ONS⁽⁹⁾ nas proximidades de grandes geradores os disjuntores de alta tensão são submetidos a correntes de zeros atrasados, devido a conjunção de condições operativas e de defeito desfavoráveis. Nesta situação, a alta assimetria não só contribui para originar valores elevados de energia de arco, como também o retardo na ocorrência de um zero de corrente. Requisito similar também é requerido pela ANEEL⁽¹⁰⁾ nos editais dos leilões de transmissão, destacando que o agente é responsável por identificar essas situações em aplicações próximas a unidades geradoras.

A durabilidade elétrica de um disjuntor gerador pode ser inferida à partir dos requisitos da norma IEC/IEEE 62271-37-013⁽⁸⁾, que prevê 12 interrupções de correntes de curto-circuito trifásicas e monofásicas, porém, a norma não estabelece o requisito de durabilidade para correntes em carga.

6.0 - REQUISITOS DE MANUTENÇÃO

De acordo com as normas NBR 5462⁽¹⁵⁾ e IEC 62271-1⁽¹⁶⁾ a manutenção compreende a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo ações de supervisão, destinadas a manter um item ou restaurá-lo em um estado no qual possa desempenhar uma função exigida.

As normas IEC 62271-100⁽³⁾ e IEC 62271-1⁽¹⁶⁾ estabelecem uma série de requisitos de responsabilidade dos fabricantes destinados à orientar manutenção, dentre eles, intervalo de tempo para as manutenções, além dos requisitos de durabilidade elétrica: operações em carga (corrente x número de operações), e o n° total de operações.

A norma IEC TR 62271-310⁽¹¹⁾ propõe um programa de testes baseado nos esforços elétricos acumulados devido as interrupções de corrente durante um período de 25 anos, que foi escolhido como representativo como fim de Vida Útil Técnica da parte ativa do equipamento, ou como intervalo livre de manutenção. De acordo com essa norma a durabilidade elétrica é dependente do n° de operações que o disjuntor como era de se esperar.

7.0 - ANÁLISE DE CUSTO DE CICLO DE VIDA - LIFE CYCLE COST ANALYSIS - LCCA

7.1 LCCA - Conceito

A análise de custo de ciclo de vida (comumente chamado de LCCA, do inglês life cycle cost analysis), consiste em estimar e comparar os custos de máquinas, equipamentos e instalações ao longo de todas as etapas de seu ciclo de vida: projeto, aquisição, construção, operação, manutenção e descarte, e, estima-se que aproximadamente 80% dos custos de vida de um ativo são operacionais, envolvendo a operação e a manutenção. Nos custos de ciclo de vida são considerados: custos gerados em consequência das estratégias de capital, utilização e manutenção, ao longo de toda a vida do ativo.

O trabalho apresenta informações relativas do Custo Anual Uniforme Equivalente – CAUE, que corresponde ao valor presente dos custos, considerando amortização à prestações constantes. Isso anualiza os custos considerando a taxa de juros sob capital, permitindo a comparação de ativos com vidas diferentes.

$$CAUE = FCO * \frac{i(1+i)^n}{[(1+i)^n] - 1}$$

CAUE: Custo Anual Uniforme Equivalente.

FCO: Fluxo de Caixa Operacional.

I: TMA – Taxa Mínima de Atratividade.

n: Período Correspondente (ponto de interesse para análise).

7.2 Regulação tarifária

As concessionárias de serviço público de transmissão de energia elétrica no Brasil são remuneradas por meio do CPST⁴, que basicamente compreende uma remuneração do Capital Investido + Remuneração para Serviço de O&M⁵ (referência para os custos relativos de manutenção apresentados nesse trabalho considera: 2%).

7.3 Atividades de Manutenção

Os custos de manutenção considerados nesse trabalho considera a execução das atividades de manutenção em um disjuntor de 500kV, a SF6, comando a mola, utilizado em três aplicações: Linha de Transmissão ou Transformador, Banco de Capacitores e Reator, conforme apresentado na Tabela 3

7.4 LCCA – Análise relativa

A Tabela 4 apresenta os resultados da análise de custo de ciclos de vida, valores em pu⁶ de disjuntor de 500kV, a SF6, comando a mola, utilizado em três aplicações: Linha de Transmissão ou Transformador, Reator e Banco de

⁴CPST – Contrato de Prestação de Serviços de Transmissão.

⁵ O&M – Operação e Manutenção.

⁶ pu – Por Unidade. No caso em questão os valores estão relativizados em relação ao disjuntor de Linha de Transmissão ou Transformador.

Capacitores com chaveamento controlado e Reator e Banco de Capacitores sem chaveamento controlado.

TABELA 3 – Atividades de manutenção em disjuntor

Periodicidades de realização das Atividades de Manutenção	Preditiva - Inspeção visual detalhada	Semestral
	Detectiva - Teste operativo	Anual
	Preditiva - Ensaios e medições	6 anos 1500 operações ⁷ 780 operações ⁸
	Preventiva - Revisão com desmontagem ou Substituição	Nº de Interrupções 5000 operações ⁶ ou 2500 operações ⁷
	Manutenção sob condição - Reposição de gás sf6	Se ocorrer vazamento (considerado a perda de SF6 de 1%/ano)
	Manutenção corretiva	Se ocorrer defeito ou falha

TABELA 4 – Análise relativa dos custos de ciclo de vida de disjuntor em pu

Parâmetros de análise do ciclo de vida até 33 anos	Linha Transmissão e Transformador	Reator e Banco de Capacitores ⁶	Reator e Banco de Capacitores ⁷
Nº de chaveamentos por ano	1,00	6,67	6,67
Tempo máximo de operação (anos)	1,00	0,38	0,19
CO - Custo Operacional Acumulado em 33 anos	1,00	13,90	27,89
CAUE - Custo Anual Uniforme Equivalente, em relação ao CO - Custo Operacional, em 33 anos	1,00	13,90	27,89

Considerando um disjuntor utilizado no chaveamento de reator e banco de capacitores com manobra controlada, que ao ser demandado a chavear 6,67 vezes à mais que um disjuntor de linha de transmissão e transformador, somado aos requisitos de chaveamento mais severos conforme apresentado, fica evidente que o equipamento “sobrevive” apenas 38% do tempo regulamentado pela ANEEL, exigindo que o agente de transmissão suporte um custo operacional 14 vezes maior, afetando dessa forma o Fluxo de Caixa do negócio.

8.0 - CONCLUSÃO

É necessário que a ANEEL aprimore as questões regulatórias quanto a expectativa de Vida Útil Regulatória dos disjuntores em função da aplicação e utilização, viabilizando um equilíbrio frente a Vida Útil Técnica possível.

Desse ponto de vista, é importante destacar que o conteúdo desse trabalho corrobora para a defesa realizada pela CEMIG na Pública 121/2011 da ANEEL, que tratou da revisão do MCPSE⁽¹⁾. Particularmente foram propostos os seguintes tempos de Vida Útil Regulatória para disjuntor: 20 anos - Linhas de transmissão e transformadores, 15 anos - Máquinas Síncronas, 10 anos - Bancos de capacitores e reatores com chaveamento controlado (expectativa de durabilidade elétrica de 5000 operações), e 05 anos - Bancos de capacitores e reatores com chaveamento não controlado (com expectativa de durabilidade elétrica de 2500 operações).

É importante que o ONS e a ANEEL especifiquem as condições de utilização dos disjuntores e outros equipamentos como seccionadores da Rede Básica de forma objetiva para uma melhor gestão do Ciclo de Vida dos ativos.

É importante que os disjuntores sejam operados visando a manutenção da Vida Útil Técnica possível.

9.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


- (1) ANEEL - Manual de Controle Patrimonial do Setor Elétrico – MCPSE.
- (2) Berriman, Keith. 2010. Build a solid foundation to make the most of SAP PM. SAP-CENTRIC EAM. 2010.
- (3) IEC 62271-100 - High-voltage switchgear and controlgear - Part 100: Alternating current circuit-breakers. 2008.

⁷ Chaveamento Controlado (Sincronizado) de Reator e Banco de Capacitores com Manobra.

⁸ Chaveamento não Controlado (não Sincronizado) de Reator e Banco de Capacitores com Manobra

- (4) C37.09a - IEEE Standard Test Procedure for AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis - Amendment 1: Capacitance Current Switching. 2005.
- (5) C37.015 - Guide for the Application of Shunt Reactor Switching. 2009.
- (6) IEC 62271-110 - High-voltage switchgear and controlgear - Part 110: Inductive load switching. 2012.
- (7) IEC 62271-306 - High-voltage switchgear and controlgear – Guide to IEC 62271-100, IEC 62271-1 and other IEC standards related to alternating current circuit-breakers. 2012.
- (8) IEC/IEEE 62271-37-013 - High-voltage switchgear and controlgear - Part 37-013: Alternating-current generator circuit-breakers. 2015.
- (9) ONS, Operador Nacional do Sistema Elétrico - Critérios para análise de superação de equipamentos e instalações de alta tensão. 2014.
- (10) ANEEL - Características e requisitos técnicos gerais das instalações de transmissão objeto do leilão 13/2015.
- (11) IEC TR 62271-310 - High-voltage switchgear and controlgear - Part 310: Electrical endurance testing for circuit-breakers above a rated voltage of 52 kV. 2008.
- (12) C37.66 – IEEE Standard Requirements for Capacitor Switches for AC Systems (1 kV to 38 kV).
- (13) ONS - Procedimentos de Rede - Submódulo 2.3 - Requisitos mínimos para transformadores e para subestações e seus equipamentos.
- (14) ANEEL - Características e requisitos técnicos gerais das instalações de transmissão objeto do leilão 13/2015. 2015.
- (15) NBR 5462 - Confiabilidade e Manutenibilidade.
- (16) IEC 62271-1 - High-voltage switchgear and controlgear - Part 1 Common specifi.
- (17) ONS RE 3/0077/2016 - Relatório de Análise Estatística de Desligamentos Forçados de Linhas de Transmissão
- (18) ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico - Critérios para análise de superação de equipamentos e instalações de alta tensão – 2014.
- (19) AREVA - Manual de instruções - Disjuntor a SF6 GL317D com comandos a mola FK3-4 e FK3-5 - 2004.
- (20) Frotin, Sergio O - Equipamentos de Alta Tensão - Prospecção e Hierarquização de Inovações Tecnológicas – 2013.
- (21) Schneider - Manoeuvre et protection des batteries de condensateurs MT - Cahier technique n° 189 – 1997.
- (22) ANEEL - Procedimentos de Regulação Tarifária (Proret) - Módulo 9: Concessionárias de Transmissão Submódulo 9.1 - Revisão periódica das receitas das concessionárias existentes.
- (23) ABB - Manual do Produto 1HSB425416-30 pt rev1 - LTB 72.5-170D1/B. 2002.

10.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

	<p>Alexandre Teixeira Gomes, natural de Coronel Fabriciano, Minas Gerais, nascido em 12 de dezembro de 1975. Máster em Engenharia de Confiabilidade e Gestão de Ativos pela PUC MG (2015-2016), Especialista em Sistema Elétrico de Potência pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG (2008-2010), Graduado em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário do Leste de Minas Gerais - Unileste-MG (1997-2003) e Técnico em Eletrotécnica pela Escola Técnica Juscelino Kubitschek (1991-1994). Ocupa o cargo de Engenheiro Sênior de Planejamento de Manutenção de Geração e Transmissão na Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG, atuando como: Coordenador da Equipe de Planejamento e Engenharia Descentralizada, cujas atividades principais são Diagnóstico de Manutenção e Estabelecimento de Planos de Manutenção. Desde 2011 representa da CEMIG na ABRATE Associação Brasileira das Grandes Transmissoras de Energia Elétrica, contribuindo como Especialista em Equipamentos de Subestações de extra-alta tensão, Termografia Infravermelha, Engenharia de Manutenção e Planejamento da Manutenção. Professor Convidado da Disciplina: Métodos de Manutenção do SEP, do Curso: Especialização em Transmissão e Distribuição, na PUC Minas.</p>
---	--