



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

BR/GIA/28  
13 a 16 de Outubro de 2013  
Brasília - DF

**GRUPO - XI**

**GRUPO DE ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS- GIA**

**METODOLOGIA DE QUANTIFICAÇÃO DE EMISSÃO DE GÁS SF<sub>6</sub> DISCRIMINANDO ATIVOS E MASSA DE GÁS**

**Jorge Carlos da Silva(\*)**  
**CEMIG GT**

**Luiz Henrique Silva Duarte**  
**CEMIG GT**

**Adieliton Galvão de Freitas**  
**CEMIG GT**

**RESUMO**

O trabalho apresenta a metodologia utilizada pela CEMIG GT para controle da emissão de gás SF<sub>6</sub> e a proposta de utilização de outra metodologia que integra as áreas de meio ambiente, manutenção e estoque, no tocante a gestão deste gás de efeito estufa. Esta metodologia é mais precisa na quantificação do gás emitido, permite em tempo real saber a quantidade de gás instalado e em estoque, o histórico de consumo e ainda fornece dados de consumo de gás por equipamento para orientar o planejamento de intervenção das equipes de manutenção.

**PALAVRAS-CHAVE**

Gás de efeito estufa, gás hexafluoreto de enxofre - SF<sub>6</sub>, quantificação de emissão de SF<sub>6</sub>, gestão de manutenção, gestão de estoque,

**1.0 - INTRODUÇÃO**

O Gás hexafluoreto de enxofre – SF<sub>6</sub> devido às suas características é amplamente utilizado em equipamentos aplicados ao sistema elétrico de potência, tanto como isolante quanto como meio de extinção de arco elétrico. No caso específico da CEMIG GT a aplicação deste gás restringe-se praticamente a disjuntores onde ele exerce as duas funções isolamento e extinção de arco elétrico.

A utilização do SF<sub>6</sub> em disjuntores permite que estes equipamentos tenham maior capacidade de extinção de correntes de curto circuito na extra alta tensão, na ordem de até 70kA ou mais e prolonga as intervenções de manutenção devido ao alto poder regenerativo do gás, já que se regenera em praticamente 100%. O nível de pureza do gás é que vai determinar a sua regeneração, contaminações como umidade e oxigênio, impedem a sua regeneração plena e consequentemente a deteriorização. O disjuntor com extinção à SF<sub>6</sub> tem uma maior velocidade de interrupção [1].

O gás SF<sub>6</sub> é um gás incolor, insípido, inodoro, não inflamável, não corrosivo, inerte, não é um gás venenoso, porém em altas concentrações em ambientes fechados pode asfixiar, é 5 vezes mais pesado que o ar sendo um dos gases conhecidos mais pesados. Por último, para sua destruição faz-se necessário a incineração em temperaturas maior que 1500 °C, resultando desta queima fluoretos de substâncias naturais [2].

Apesar destas características positivas nos aspectos técnicos e de aplicação, segundo o protocolo de Kioto, o SF<sub>6</sub> é um dos seis gases classificados como Gás de Efeito Estufa - GEE, ou seja, é um gás que impacta no aumento do aquecimento global. Na comparação do efeito destes gases para o aquecimento global todos são equiparados ao efeito do gás Dióxido de Carbono – CO<sub>2</sub>. Nesta base comparativa 1 Quilograma de SF<sub>6</sub> equivale à 23.900 quilogramas CO<sub>2</sub>. Em razão desse potencial de aquecimento global, justifica-se a busca de métodos e processos

(\*) Avenida Barbacena, n° 1200 – 13º andar – Ala B1– CEP 31.191-003 Belo Horizonte MG, – Brasil  
Tel: (+55 31) 3506 4379 – Email: jorginho@cemig.com.br

que mitiguem a emissão de SF<sub>6</sub> para a atmosfera, colocando um desafio para as agentes do setor de energia elétrica. Este desafio é um fator com peso significativo na dimensão ambiental para as empresas que operam sob a ótica da sustentabilidade empresarial.

No tocante aos disjuntores que utilizam o gás SF<sub>6</sub>, as técnicas e materiais disponíveis para a fabricação não permitem ter como produto final um equipamento perfeitamente estanque. A International Electrotechnical Commission [5], estabelece como admissível a perda anual de até 0,5% da massa contida nestes equipamentos. As versões anteriores à 2008 desta norma admitiam uma perda de até 1%. Como este tipo de ativo são projetados para em média 30 anos de vida útil, ao longo deste período pode-se ter vazamentos que ultrapassam estes limites devido ao envelhecimento de materiais e componentes. Tal fato demanda ações de mitigação desta anormalidade que passam por manutenção, reforma ou até mesmo substituição do ativo.

As principais causas de perdas de SF<sub>6</sub>, segundo estudo de Brackman e Zel [3] são práticas pobres durante as fases de instalação, manutenção e desativação destes equipamentos e o vazamento em equipamentos que contem o gás. O principal vetor da primeira causa são os recursos, tipo carros de serviços, ferramentas e processos utilizados para remover, armazenar, purificar e devolver o gás aos disjuntores. A última causa esta ligada ao envelhecimento das vedações de contenção do gás SF<sub>6</sub> nos equipamentos. Vale ressaltar que o vazamento de gás também pode ocorrer em disjuntores novos já nos primeiros anos de operação. O estudo aponta que 4,7% de uma população de 1.584 disjuntores apresentaram vazamentos de gás o suficiente para a atuação do primeiro nível de alarme. A estes vazamentos a causa pode ser creditada a materiais ou processo de fabricação e montagem do equipamento novo.

## 2. MÉTODOS DE CONTROLE DE GÁS SF<sub>6</sub>

A maioria dos métodos utilizados para o controle de emissão de gás SF<sub>6</sub> passam pelo controle efetivo da massa de gás reposta no equipamento e assume-se que a quantidade reposta foi a quantidade emitida. Esta quantificação pode ser efetivamente medida o que demanda recursos para tanto ou estimada em função da quantidade de reposição no período. Outros métodos se baseiam no controle de aquisição do gás em um período, desta forma a diferença de estoque no período estudado é estimada como a quantidade de gás emitida.

O trabalho realizado pelos Greenhouse Gas Division of Environment Canada e Canadian Electricity Association [4] estrutura estes vários métodos de controle de emissão. Este métodos são demonstrados na sequência, conforme ordenação apresentada no estudo, os métodos mais eficientes são apresentados primeiramente.

### 2.1 Medição de fluxo de massa

É o método mais preciso de quantificação de gás consumido durante cada complementação. Para sua aplicação faz-se necessário um instrumento preciso de medição de fluxo de massa do gás. A quantidade de gás emitida medida neste equipamento será igual a quantidade reposta. Através dos registros de quantidades complementadas é possível determinar a quantidade de gás emitida em um determinado período.

### 2.2 Disjuntores complementados no período

Os disjuntores são dotados de dispositivos que monitoram a pressão de gás gerando alarmes e bloqueios conforme vai ocorrendo a perda desta pressão. Normalmente nos projetos dos disjuntores, o primeiro nível de atuação destes dispositivos geram um alarme quando ocorre uma perda de 10% de pressão e de forma aproximada, pode se afirmar 10% da massa nominal contida nele. Nesta condição as concessionárias realizam uma complementação da massa de gás até chegar aos níveis nominais. Neste método assume-se que a cada complementação foi reposta no disjuntor uma quantidade de gás equivalente a 10% de sua massa nominal. Para determinar a quantidade emitida em um determinado período basta somar a quantidade de gás estimada para complementar cada disjuntor, conforme mostrada na fórmula 1.

$$\text{Emissão de gás} = \sum \text{SF}_6 \text{ usado para normalizar disjuntores} \quad (1)$$

### 2.3 Pesagem de Cilindros

Esta metodologia oferece duas variações, a pesagem dos cilindros antes e após a complementação de gás no disjuntor e a pesagem dos cilindros em estoque. Nos dois casos o sistema de medição deve ter precisão e resolução adequada com o peso dos cilindros e a quantidade de gás complementada.

Na metodologia de pesagem individual dos cilindros antes e após a complementação de gás, a quantidade de gás utilizada é determinada pela diferença de peso do cilindro antes e após a complementação. A quantidade de gás

emitida se da pelo somatório da quantidade de gás utilizada no período. Conforme fórmula 2.

Emissão de gás	=	$\sum (\text{Peso individual do cilindro antes de complementar} - \sum \text{Peso individual do cilindro após complementar})$	(2)
----------------	---	---	-----

Na metodologia de pesagem de cilindros em estoque a empresa deve, no início do ano pesar todos os cilindros que estão em seus estoques de manutenção e nos almoxarifados. Também devem ser quantificados todos os cilindros agregados a este estoque, assim como as quantidades contidas em cilindros enviados a fornecedores de gás e para processo de reciclagem ou destruição. A equação 3 expressa esta metodologia.

Emissão de gás	=	$\begin{aligned} & \text{Peso dos cilindros no estoque de manutenção e almoxarifado no início do ano} \\ & - \text{Peso dos cilindros no estoque de manutenção e almoxarifado} \\ & + \text{Peso dos cilindros comprados / adquiridos} \\ & - \text{Peso de cilindros retornados para o fornecedor} \\ & - \text{Peso de gás enviado para reciclagem ou destruição} \end{aligned}$	(3)
----------------	---	--	-----

## 2.4 Contagem de Cilindros

Quando não estiverem disponíveis meios de medição de fluxo de massa ou pesagem de cilindros, esta metodologia é uma opção de utilização. Nela o gás consumido é obtido pelo produto da quantidade de cilindros adquiridos / consumidos pela quantidade de gás SF<sub>6</sub> contida neles. A quantidade de gás nos cilindros pode ser obtida junto aos fornecedores. Caso haja cilindros de diferentes capacidades, é necessário o controle de quais cilindros de cada capacidade foram utilizados. Neste método, a emissão pode ser obtida de duas formas:

- a) Contagem de cilindros adquiridos por capacidade diferentes multiplicados pelos respectivos pesos de gás;
- b) Através de rastreamento e controle, multiplicar a quantidade de cilindros enviados aos estoques de manutenção no ano estudado multiplicado pelos respectivos pesos de gás.

### 2.4.1 Contagem de cilindros adquiridos no ano

Para a quantificação de emissão de SF<sub>6</sub> através desta metodologia assume-se que toda a diferença entre o gás adquirido e o disponível no estoque foi utilizada para complementação de perdas nos disjuntores. Através dos registros de compra podem ser obtidos a quantidade de cilindros e a quantidade de gás contida.

No cálculo do consumo, deve-se levar em consideração a quantidade remanescente de gás nos cilindros devolvidos. Na falta de meios para esta quantificação, o estudo do Greenhouse Gas Division of Environment Canada e Canadian Electricity Association [4] aponta uma pesquisa realizada com fornecedor de gás SF<sub>6</sub> onde em média 12% de gás retorna nos cilindros. A equação 4 representa o método para cálculo da emissão através do controle central de aquisição ou registros de inventários.

Emissão de gás	=	$\sum_{i=1}^n [\text{número de cilindro } i \text{ adquiridos e colocados no inventário de manu} * \text{peso de SF}_6 \text{ no cilindro } i (1 - y)]$	(4)
----------------	---	---	-----

**Onde:**

I = representa diferentes tipos de cilindros

Y = representa a quantidade de gás contida nos cilindros retornados aos fornecedores ( na ausência desta informação pode ser assumida que esta quantidade é de 12% por cilindro, conforme pesquisa mencionada acima)

### 2.4.2 Inventário de cilindros através de contagem durante o ano

Esta metodologia é similar à apresentada no tópico 2.4.1, no entanto a empresa precisa apenas contar os cilindros adquiridos e colocados no estoque no início e no final do ano. A contagem dos cilindros é então multiplicada pelo peso conhecido dos cilindros de SF<sub>6</sub>. Esta metodologia é expressa pela fórmula 4

$$\text{Emissão de gás} = \sum_{i=1}^n \{ [Ci \text{ no início do ano} + Ci \text{ no início do ano} + Ci \text{ adquiridos} - Ci \text{ no final do ano}] * \text{peso de } SF_6 \text{ no cilindro } i (1 - y) \} - \text{Saídas} \quad (3)$$

Onde:

*I* = representa os diferentes tipos de cilindros;

*Ci* = representa os diferentes tipos de cilindros do tipo *i*

*y* = representa a quantidade residual de gás deixada nos cilindros retornados ao fornecedor (na ausência deste número assumir 12%, conforme descrito acima);

**Saídas** = Inclui a quantidade de gás, na unidade de peso, enviado para reciclagem ou para descarte.

## 2.5 Método utilizado pela CEMIG GT

O método utilizado pela CEMIG GT para levantamento das emissões de gás SF<sub>6</sub> nos disjuntores da transmissão é a somatória da massa de gás utilizada nas complementações dos disjuntores no ano, apresentado no tópico 2.2. deste documento.

Neste método são levantados quais disjuntores tiveram complementações no período. Para determinar qual a quantidade de gás reposta em cada disjuntor utiliza-se o valor de 10% da massa total deste equipamento. A justificativa da utilização deste percentual, conforme já mencionado é que, via de regra, todos os alarmes de baixa pressão de gás em disjuntores são definidos para atuar quando a massa decai em 10% da total. Como o fator que determina a reposição é este alarme, assume-se que na complementação até a pressão nominal de trabalho, faz-se necessário a colocação deste percentual.

Os dados para realização destes cálculos são extraídos do sistema de gestão de manutenção utilizado na empresa e planilhas armazenadas na rede da empresa. A especificação destes dados é descrita no Quadro 1.

Quadro 1 – Fonte de dados para cálculo de emissão de gás SF<sub>6</sub> – método CEMIG GT

Dado	Fonte	descrição
Inventário de disjuntores: Quantidade e modelo	Sistema de gestão da manutenção	Quantidade por modelo de disjuntores instalados no sistema no ano em estudo
Massa de gás por modelo de disjuntor	Planilhas armazenadas no servidor	Dado para cálculo do volume total instalado e complementado
Complementação de gás	Ordem de manutenção OM do sistema de gestão da manutenção	Levantamento da quantidade de complementação e equipamentos no período estudado

O Quadro 2 exemplifica, com dados hipotéticos, um cálculo anual de emissão de gás em disjuntores da CEMIG GT. Os dados das colunas “número da Ordem de Manutenção – OM”, “disjuntor” e “data de execução” são extraídos do sistema de gestão de manutenção, já os dados da coluna “massa total de gás” é extraído da planilha de controle de gás. O dado da coluna “complementado” é o resultado do cálculo de 10% da massa do gás total do disjuntor onde o gás foi reposto.

Quadro 2 – Exemplo de cálculo anual de emissão CEMIG GT

OM	Disjuntor	Data	Massa SF <sub>6</sub> - Kg	
			Total	Complementado
22000234	DISJ1223-5	12/02/2010	10	1
22000245	DISJ1234-6	10/03/2010	60	6
22000256	DISJ1244-6	05/04/2010	40	4
22000267	DISJ1123-7	01/05/2010	10	1
22000278	DISJ1456-7	27/05/2010	12	1,2
22000289	DISJ1495-8	22/06/2010	10	1
22000300	DISJ2348-8	18/07/2010	18	1,8
22000311	DISJ2344-9	13/08/2010	40	4
22000322	DISJ1342-9	08/09/2010	10	1
22000333	DISJ1327-1	04/10/2010	60	6
Total de gás complementado no ano de 2010				27
Total de gás instalado em 2010				4900
Percentual complementado me 2010				0,55%

Para efeito de reportar qual o nível de emissão deste GEE para os relatórios externos, a empresa utiliza o valor de 0,7%.[6] A diferença entre este percentil e o de fato complementado é assumido como emitido em outros processos de manuseio e operação com o gás. Este incremento deve-se à característica do método utilizado que não permite quantificar com exatidão estas perdas. No caso do exemplo dado foi assumido que 0,15% ou 7,4Kg foi o total de gás emitido nestes outros processos.

Ao término do cálculo anual os valores de total de gás instalado e total de emissão são armazenados na planilha de controle onde se tem a informação ano a ano.

Com relação ao controle de estoque de gás SF<sub>6</sub>, as equipes centrais de manutenção dispõe de cilindros de gás para atender as rotinas de manutenção. Quando necessário é realizada a aquisição de gás com o devido registro da aquisição deste cilindro no sistema controle de materiais. O cilindro é requisitado pela equipe no almoxarifado central ficando no estoque de oficina, não controlado por este módulo. O Estoque do almoxarifado é controlado no sistema de gestão de materiais, já o estoque das equipes não é controlado por este sistema.

Outra forma de alimentação do estoque de gás das equipes de manutenção é através da sobra de montagem de disjuntores novos. Normalmente os disjuntores novos vêm pressurizados com gás SF<sub>6</sub> um nível pouco acima da pressão atmosférica. Após a montagem no campo, o disjuntor é cheio de gás até a pressão nominal de trabalho. Para esta etapa, o fabricante envia o gás em cilindros. Normalmente sempre há uma sobra que é incorporada ao estoque da oficina responsável pela manutenção daquele ativo. Como esta sobra não passa pelo almoxarifado central, ela não é registrada no sistema de gestão de materiais.

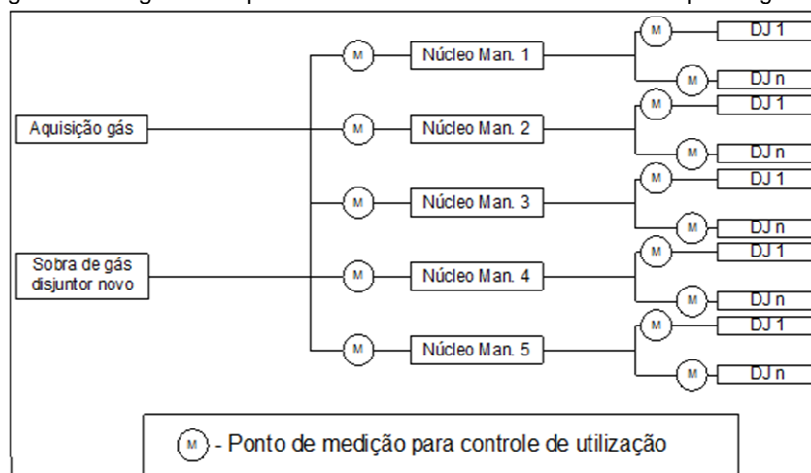
O método de controle de emissão de SF<sub>6</sub> utilizado pela CEMIG GT oferece um potencial de melhoria quanto aos aspectos de quantificação exata de massa usada na complementação de gás dos disjuntores, assim como as perdas ocorridas nas etapas de manuseio de gás. Outros aspectos de melhoria estão relacionados à quantificação e registro no sistema de gestão de materiais dos estoques das oficinas e à utilização de mais de um depósito de dados para o cálculo de emissão. Estes aspectos serão contemplados no novo método proposto a seguir.

### 3. NOVO MÉTODO - MEDIÇÃO DE FLUXO DE MASSA

Conforme descrito no tópico 2.1 - Medidor de Fluxo de Massa, este método é o mais preciso pois permite quantificar exatamente qual a quantidade de gás utilizada na normalização da pressão nominal do disjuntor.

A disponibilização para as equipes de manutenção de um Medidor de Fluxo de Massa de Gás SF<sub>6</sub> – MFM-SF<sub>6</sub>, além de atender à função principal exposta acima, traz outro ganho, a quantificação dos estoques de gás nas oficinas de manutenção e controle centralizados destes estoques. Desta forma criam-se as bases para definição de estoques mínimos e máximos, e uma melhor gestão de compras.

Ainda, com a utilização do MFM-SF<sub>6</sub> há a possibilidade de quantificação das sobras de gás oriundas de disjuntores novos, permitindo a quantificação e posterior agregação aos estoques das equipes. Para tanto faz-se necessários que estes estoques sejam agregados e controlados no sistema de gestão de materiais. A Figura 1 demonstra o processo de utilização do MFM-SF<sub>6</sub> pelas equipes de manutenção. Toda entrada de gás, no estoque dos núcleos de manutenção, seja por aquisição ou sobra de montagem de disjuntores novos, deverá ser medida, quantificada e lançada no sistema de gestão de materiais. Quando houver complementação de gás em um disjuntor a quantidade de gás utilizada deverá ser lançada no coletor na ordem de manutenção do equipamento. Desta forma serão gerados registros de toda a movimentação de gás SF<sub>6</sub>. Na empresa.

Figura 1 – Diagrama do processo de controle de consumo e estoque de gás SF<sub>6</sub>

O sistema de gestão empresarial - ERP utilizado pela CEMIG GT tem nativamente a integração entre o sistema de gestão de materiais e de manutenção. Esta integração propicia que ao fazer o lançamento da quantidade de gás gasta no sistema de gestão da manutenção automaticamente é atualizado o estoque no sistema de materiais com os devidos registros de rastreabilidade.

Atualmente a transmissão da CEMIG GT dispõe de 5 núcleos de manutenção de disjuntores no estado de Minas Gerais. A proposta é dotar cada um destes núcleos de um instrumento MFMSF<sub>6</sub>. Desta forma cada núcleo poderá quantificar o gás em estoque e o reposto nos disjuntores, conforme demonstrado na Figura 1. Além disto, as equipes são dotadas de carros de serviço com SF<sub>6</sub> que permitem o realizar todas as atividades com o gás durante seu ciclo de vida sem perdas, além de medidores de qualidade de gás com as mesmas características. Complementarmente as equipes foram treinadas na utilização destes recursos com foco a mitigar a emissão de gás em todos os processos.

A quantidade em estoque será sempre atualizada e com registros das entradas e saídas. As entradas ocorrem devido a aquisição de gás novo, sobra de gás de montagem de disjuntores novos, ou retirada de gás de disjuntores em manutenção. Este fluxo é demonstrado na Figura 2.

Figura 2 – Fluxo gás no estoque de núcleo de manutenção – CEMIG GT



Conforme descrito no Quadro 3, para os devidos registros de movimentação é necessária a criação do código de material no sistema de gestão de materiais do gás SF<sub>6</sub>. Este código deve ser utilizado para os devidos registros na ordem de manutenção da quantidade de gás utilizada e no documento de reserva de material quando ocorrer a movimentação entre estoques. Desta forma as rotinas internas do sistema ERP promoverá a atualização em tempo real dos estoques das oficinas de manutenção, assim como as quantidades de gás utilizadas.

Quadro 3 – Descrição de material de estoque para gás SF<sub>6</sub>.

Código	Descrição	Unidade
nnnnnn	Gás Hexafluoreto de Enxofre. Características nominais conforme Norma IEC 60376	Gramas

Através de pesquisas padrão do sistema de gestão da empresa é possível a qualquer momento levantar as quantidades de gás utilizadas nos equipamentos, e consequentemente saber quais disjuntores estão consumindo mais. Estas informações servirão para definição e priorização das programações de intervenções nestes equipamentos.

A respeito do registro das massas nominais de cada disjuntor, propõe-se a criação dos campos descritos no Quadro 4 na aba de característica nominal dos disjuntores com extinção a SF<sub>6</sub>, dentro do sistema de gestão de manutenção. Com esta proposta todos os dados relativos ao método de controle de emissão deste gás por

disjuntores ficarão em um único repositório, o Sistema de gestão de manutenção o que permite o acesso às informações através de qualquer computador ligado à rede da empresa, ou através da internet.

Quadro 4 – Campos para registro de características de gás SF<sub>6</sub> no PM por disjuntor

<b>Campo</b>
<b>Massa total nominal de placa tde gás</b>
<b>Massa medida no comissionamento</b>
<b>Mínima massa para esvaziamento de um compartimento do disjuntor</b>
<b>Pressão Nominal de placa</b>
<b>Pressão nominal primeiro nível de alarme</b>
<b>Pressão nominal segundo nível de alarme</b>

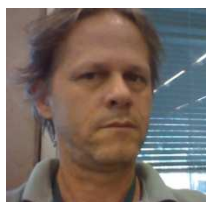
#### 4. CONCLUSÃO

A utilização da metodologia proposta trará maior agilidade e precisão no controle de emissão e consumo de gás SF<sub>6</sub> utilizados na transmissão da CEMIG GT. Após implantado, será possível em qualquer momento saber o consumo de gás em qualquer período. Ainda será possível estratificar estes dados chegando ao nível dos equipamentos que utilizam o gás. Todas as informações serão registradas no sistema de gestão empresarial, o que garantirá rastreabilidade, e trará confiabilidade e facilidade de auditoria, tanto interna quanto externa.

#### 2.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) VORPE, Michel André, FILHO, Oscar Kastrup, FRANÇA, Wilson Jorge. **Disjuntores e Chaves: Aplicação em Sistemas de Potência** / Capítulo1 – Aspectos Básicos e Construtivos. Editora da Universidade Federal Fluminense, Niterói – Rio de Janeiro, 1996.
- (2) BRANDT, Roberto. Gás SF<sub>6</sub> – **Hexafluoreto de Enxofre. Conceitos sobre o gás e sua utilização.** Engemet Elétrica. São Paulo, 2011. 46 p.
- (3) BRACKMAN, Jerome e ZEL, Luke van der. **Preliminary Observations from EPA's SF6 Equipment Field Study.** Washington. 2006. United States Environmental Protection Agency
- (4) Greenhouse Gas Division of Environment Canada e Canadian Electricity Association. Annex A: **SF6 Emission Estimation and Reporting Protocol for Electric Utilities (Final Version).** Canadá, 2008.
- (5) International Electrotechnical Commission - IEC. **62271 - High-voltage switchgear and controlgear - Part 303: Use and handling of sulphur hexafluoride (SF6).** Edition 1.0 2008-07. Suíça, 2008
- (6) Sugiro colocar essa fonte. E.Preisegger, R.Dürschner, W.Klotz, C.-A.König, H.Krähling, C.Neumann, B Zahn. Life Cycle Assessment Electricity Supply Using SF6 Technology. Disponível em <http://www.denix.osd.mil/cmrmdupload/Life-Cycle-Assessment-SF6-Preisegger-at-al.pdf>

#### DADOS BIOGRÁFICOS



Jorge Carlos da Silva, Natural de São Paulo, São Paulo, Brasil. Nascido em 24 de março de 1984. Graduando em Administração com ênfase em gestão estratégica pe Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUCMINAS. Ocupa o cargo de Técnico de manutenção de sistemas eletromecânicos – Especialista na Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG GT, atuando como especialista em manutenção de equipamentos de estra alta tensão e no planejamento e engenharia de manutenção nestes equipamento