



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

Versão 1.0
22 a 25 Novembro de 2009
Recife - PE

GRUPO - I

GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO HIDRÁULICA – GGH

DESPERDÍCIO DE RECURSOS E PERIGO QUANDO DA APLICAÇÃO DE SISTEMAS ANTI-INCÊNDIO EM GERADORES

**MURILO MARTINS GONDIM COUTINHO (*)
CHESF**

RESUMO

Historicamente, os fabricantes, em sua maioria, têm utilizado sistemas anti-incêndio à base de dióxido de carbono, CO₂, em geradores hidrelétricos. No entanto, com o passar do tempo, tem-se observado uma redução gradativa na utilização desses sistemas.

No presente trabalho, com base nas características químicas e físicas do fogo, que englobam os seguintes componentes: fonte de ignição, material combustível, comburente e uma reação química autossustentável; procura-se mostrar que há desperdício de recursos financeiros e perigo às pessoas, quando do emprego, em geradores hidrelétricos, de sistemas anti-incêndio à base de dióxido de carbono, CO₂. Os quatro componentes que caracterizam a reação de combustão: fonte de ignição, material combustível, comburente e uma reação química autossustentável; são classicamente simbolizados pela figura geométrica de um tetraedro. Um incêndio pode ser prevenido ou extinto pelo controle ou remoção de uma ou mais faces do tetraedro. Considera-se, como ponto fundamental da argumentação, que a principal causa de fogo em geradores hidrelétricos são os curtos-circuitos, onde a fonte de ignição só é suspensa com a interrupção da corrente elétrica, em especial nos piores casos, que são os curtos-circuitos bifásicos e trifásicos. Consideram-se os materiais usados nos geradores: cobre, aço silício, aço carbono, em especial a atual tecnologia de isolamento elétrico, classe F, composta por fibras e resinas não inflamáveis, ou seja, materiais que não permitem uma reação química de combustão autossustentável, conseqüentemente, sem condições de agravar o fogo, tornando-o fora de controle. Leva em consideração o aspecto construtivo dos geradores, ressaltando a instalação de forma confinada, portanto com restrição de oxigênio que serve de comburente.

Ao final sugere-se que representa desperdício de recursos o investimento nesses sistemas anti-incêndio e ressalta-se que o uso de dióxido de carbono, CO₂, como agente extintor, representa perigo à saúde e segurança do trabalhador e ao meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE

Sistema anti-incêndio, Gerador hidrelétrico, Desperdício, Perigo.

1.0 - INTRODUÇÃO

O presente trabalho não tem como objetivo definir uma posição categórica, binária, do tipo usa ou não usa, para os sistemas anti-incêndio aplicados em geradores hidrelétricos. Em sua essência, procura-se mostrar argumentos que dispensem ou que não recomendam a utilização desses sistemas anti-incêndio, porém sem esgotar o conjunto geral de argumentos contrários ou a favor. A decisão pelo emprego desses sistemas anti-incêndio depende de fatores como tamanho e potência do gerador, cultura empresarial, eventual exigência de companhia seguradora, que devem ser avaliados caso a caso. Dessa forma, salienta-se que não se busca concluir com exigências mandatórias, seja pela aplicação ou pela não aplicação desses sistemas. Com efeito, a National Fire Protection Association - NFPA, em sua Norma NFPA 851 "Recommended Practice for Fire Protection for Hydroelectric Generating Plants", coloca na categoria das recomendações e não indica como requisito mandatório que a

(*) Endereço: Rua Delmiro Gouveia, n° 333 – sala 235 - Bloco C – CEP 50.761-901 Recife, PE – Brasil
Tel: (+55 81) 3229-2654 – Fax: (+55 81) 3229-2927 – Email: murilo@chesf.gov.br

proteção do enrolamento do gerador deva ser providenciada por sistemas de extinção a gás e/ou anéis de spray de água.

2.0 - O FOGO

O fogo pode ser definido como um fenômeno físico-químico onde se tem lugar uma reação de oxidação com emissão de calor e luz.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, através da NBR-13.860, define incêndio como sendo o fogo fora de controle.

Devem co-existir quatro componentes para que ocorra o fenômeno do fogo: a) Combustível; b) Comburente (Oxigênio); c) Fonte de ignição e d) Reação em Cadeia.

Os meios de extinção se utilizam deste princípio. Agem por meio da inibição de um dos componentes para apagar um incêndio.

O combustível pode ser definido como qualquer substância capaz de produzir calor por meio da reação química.

O comburente é a substância que alimenta a reação química, sendo mais comum o oxigênio do ar e sua composição percentual no ar seco é de 21%. Os demais componentes são: o nitrogênio, com 78%, e outros gases (CO₂, Ar, H₂, He, Ne, Kr), com 1%.

A fonte de ignição ou calor pode ser definida como a energia térmica necessária para ativar a reação química entre um material combustível e o oxigênio.

O calor, por sua vez, pode ter como fonte a energia elétrica, os queimadores a gás, a fricção ou mesmo a concentração da luz solar através de uma lente.

O fogo se manifesta diferentemente em função da composição química do material mas, por outro lado, um mesmo material pode queimar de modo diferente em função da sua superfície específica, das condições de exposição ao calor, da oxigenação e da umidade contida.

3.0 - OS GERADORES HIDRELÉTRICOS

Os geradores síncronos são máquinas elétricas girantes que trabalham diretamente acoplados ao eixo de uma turbina de forma a converter energia mecânica em energia elétrica. Os geradores hidrelétricos são assim chamados por serem movidos por turbinas hidráulicas. Os tipos mais comuns de turbinas hidráulicas são: Pelton, Francis, Kaplan e Bulbo e são empregadas de acordo com a altura de queda existente no local do aproveitamento. Os tipos de turbinas citados foram listados de acordo com o emprego da maior para a menor queda, respectivamente. As unidades geradoras formadas pelo conjunto turbina-gerador podem ser de eixo vertical ou horizontal. Em qualquer dos casos, as características construtivas dos geradores são semelhantes, levando-se em conta que são formados por rotor, estator, mancal, anéis coletores, sistemas de excitação, de frenagem, câmaras de ar, pólos e bobinas isolados eletricamente. No caso deste trabalho, duas características construtivas dos geradores se apresentam como muito importantes. Trata-se do ambiente confinado em que os geradores são instalados, chamados de câmaras de ar (air housing) e da classe do material de isolamento elétrico utilizado ("F").

3.1 As Câmaras de Ar (air housing)

Denominam-se câmaras de ar (air housing) aos compartimentos fechados onde são instalados os geradores. Normalmente construídos em concreto ou em chapas de aço, destinam-se, basicamente, ao isolamento físico da máquina e a melhoria da eficiência do seu sistema de resfriamento.

O confinamento construtivo dos geradores provoca a limitação do comburente (ar) disponível, também impedindo uma reação química autossustentada, portanto, atacando duas faces do tetraedro do fogo.

No mecanismo de queima dos materiais sólidos temos a oxigenação como fator de grande importância. Quando a concentração em volume de oxigênio no ambiente cai para valores inferiores a 14%, a maioria dos materiais combustíveis existentes no local não mantém a chama na sua superfície. A duração do fogo é limitada pela quantidade de ar e do material combustível no local. A mistura inflamável vapor-ar (gás-ar) possui uma faixa ideal de concentração para se tornar inflamável e os limites dessa faixa são denominados limite inferior de inflamabilidade e limite superior de inflamabilidade, expressos em porcentagem ou volume. Estando a mistura fora desses limites não ocorrerá a combustão. Portanto, o local confinado em que são instalados os geradores é um dos fatores decisivos para evitar a ocorrência de incêndio.

3.2 Materiais isolantes elétricos

A norma NBR 7034 - Materiais isolantes elétricos - Classificação térmica, define as classes de temperatura dos materiais isolantes elétricos ou da combinação destes utilizados em máquinas, aparelhos e equipamentos elétricos com base na temperatura máxima que podem suportar em condições normais de operação durante a sua vida útil. Tem como objetivo, servir de orientação na escolha dos materiais isolantes mais freqüentemente usados em equipamentos elétricos no tocante à sua classe de temperatura, em especial os geradores. A Tabela 1, apresenta a classificação indicada na NBR 7034 e, ao lado, os materiais de isolamento mais usados em cada classe térmica, segundo Rolim (2002, p.77).

Tabela 1 – Classificação térmica (NBR 7034) e materiais usados para isolamento

DTR °C	Classe Térmica	Designação anterior 1ª edição da IEC 60085	Material de Isolação
DTR < 90	70 °C		
90 ≤ DTR < 105	90 °C	Y	Algodão, seda e papel sem impregnação
105 ≤ DTR < 120	105 °C	A	Algodão, seda e papel impregnados
120 ≤ DTR < 130	120 °C	E	Alguns vernizes, esmaltes e fibras
130 ≤ DTR < 155	130 °C	B	Mica, asbesto com aglutinante, EPR
155 ≤ DTR < 180	155 °C	F	Mica, fibra de vidro com aglutinante
180 ≤ DTR < 200	180 °C	H	Elastômeros de silicato
200 ≤ DTR < 220	200 °C	N	Porcelana, vidro, quartzo, cerâmicas
220 ≤ DTR < 250	220 °C	R	Porcelana, vidro, quartzo, cerâmicas
DTR ≥ 250	250 °C	C	Porcelana, vidro, quartzo, cerâmicas

Nota: Esta tabela fornece as designações de classe térmica que corresponde a diferentes intervalos de temperatura do valor de Durabilidade Térmica Relativa – DTR para um Material Isolante Elétrico - MIE

O padrão tecnológico normal, atual, de isolamento elétrico para os geradores é a classe F. Como se pode observar na Tabela 1, para se obter essa qualidade de isolação são utilizadas como matéria-prima a mica e a fibra de vidro com aglutinante, cujas características físicas e químicas são descritas a seguir.

3.2.1. Mica

A mica é um mineral cristalino, que se apresenta em forma de pequenas lamelas ou lâminas, devido à baixa força de coesão entre os diversos planos cristalinos. Em termos de composição química, a mica é um silicato de alumínio. A mica é encontrada com relativa facilidade, o que faz desse isolante um dos mais antigos em uso. No estado natural é encontrada associada a óxidos metálicos, que precisam ser eliminados antes da utilização elétrica, por meio de purificação. Na purificação, elimina-se também material de ligação entre as lâminas de mica, ficando o material sem meio aderente. Esse meio é restituído à mica em sua aplicação, através de um verniz de colagem. Por vezes, além do verniz, a mica recebe um reforço mecânico através de uma base de papel ou de tecido. Resulta assim um produto conhecido comercialmente por micanite, onde a porcentagem de verniz de colagem atinge até 25% do volume; em geral, porém esse valor se situa em torno dos 5% do volume. O produto da mica com verniz pode ser rígido ou flexível, dependendo das características do verniz usado.

A mica é um dos produtos de mais elevada estabilidade térmica e maior temperatura de serviço, atingindo valores de até 1.000 °C. Como tal, é usado em numerosos casos de aquecimento elétrico.

Sendo o produto de mica uma mistura de mica com verniz, a temperatura máxima admissível vai depender também do limite de temperatura do verniz, que ainda se encontra em valores mais baixos. Assim, apesar de permitir uma temperatura muito alta, os produtos de mica têm sua temperatura limitada pelo valor máximo admissível tolerado pela resina do verniz.

3.2.2. Fibra de vidro

Derivada do vidro isolante, a fibra de vidro é obtida com espessura de 5 a 10 µm (micrometros). A matéria-prima deve ser vidro livre de álcalis, para evitar o aparecimento de fissuras capilares tendentes a reter a umidade, prejudicando assim a propriedade de resistência superficial. Logo após sua fabricação, recomenda-se envolver a fibra de vidro com uma camada protetora contra ação do ambiente.

A fibra de vidro se caracteriza por uma estabilidade térmica sensivelmente mais elevada do que a de outras fibras. Por essa razão, fibras de vidro adequadamente associadas a resinas da família dos epoxes, são freqüentemente encontradas quando se trata de utilizar um material isolante capaz de suportar temperaturas de 200 a 300 °C. Casos típicos são as câmaras de extinção do arco voltaico, sobretudo em disjuntores de média e alta-tensão com reduzido volume de óleo. A fibra de vidro necessita um tratamento com verniz de colagem para fornecer produtos elétrica e mecanicamente adequados.

3.2.3. Vernizes de colagem

Diversos isolantes quando purificados, perdem consistência devido à eliminação de materiais de colagem entre suas diversas porções. Em outros casos, o próprio isolamento, em geral sintético, não apresenta a necessária consistência ou coeficiente de atrito, para permitir seu uso em eletricidade. A mica ao ser purificada, se desfaz em grande número de pequenas lâminas, sem possibilidade de se formar um sólido de dimensões definidas e fixas. Outro caso, é o da fibra de vidro. As fibras em si são lisas, não se estabelecendo entre elas, mesmo formando um tecido, a necessária consistência para que o tecido de fibra de vidro possa ser usado tecnicamente na área elétrica. Portanto, nessas condições, o necessário é um verniz que cole entre si as diversas partes do isolamento, ou seja, o verniz de colagem. Distinguem-se tais vernizes por baixa higroscopia e boas características isolantes.

Um verniz é constituído de um solvente e uma matéria-prima capaz de formar uma película, um filme geralmente representado por uma resina.

As resinas sintéticas são obtidas por complexos processos químicos, reunindo diversas matérias-primas. Dentro desse grupo se destacam as resinas polimerizadas, as condensadas e as à base de celulose.

As resinas podem ainda ser classificadas em termofixas (termoestáveis) ou termoplásticas. Quando, após a solidificação, se aplica novamente a temperatura de plastificação a ambas as resinas, observa-se que a resina

termoplástica novamente amolece, enquanto a termofixa se mantém sólida. Continuando o aquecimento da termofixa, atingiremos uma mudança do seu estado apenas a temperaturas bem mais elevadas, nas quais se carboniza sem amolecer. Este é o caso de materiais isolantes classe F, usados em geradores. Quando submetidos a ocorrências de curto-circuito apresentam-se visualmente calcinados, não oferecendo material combustível suficiente para uma reação autossustentável, que possa provocar um incêndio.

3.3 Outros materiais dos geradores

Os materiais mais comuns usados na fabricação dos geradores, além do utilizado no isolamento elétrico, são cobre, aço silício e aço carbono. Mesmo no caso dos sólidos combustíveis, cuja classificação o cobre, o aço silício e o aço carbono não se enquadram, há um mecanismo seqüencial para sua ignição. O sólido precisa ser aquecido, quando então desenvolve vapores combustíveis que se misturam com o oxigênio, formando a mistura inflamável, a qual, na presença de uma centelha ou em contato com uma superfície aquecida acima de 500°C, entra em ignição, aparecendo, então, a chama na superfície do sólido, que fornece mais calor, aquecendo mais materiais e assim sucessivamente. Portanto, considerando-se que o mecanismo de desenvolvimento do fogo descrito para sólidos combustíveis não se estabelece para o cobre, o aço silício e o aço carbono, argumenta-se que não haveria combustível para sustentar um fogo fora de controle (incêndio) em um gerador.

4.0 - OCORRÊNCIAS COM GERADORES NA CHESF

Adiante serão expostos, a título de estudos de caso, dois exemplos de ocorrências com geradores hidrelétricos pertencentes à Companhia Hidro Elétrica do São Francisco - Chesf. Ambas as usinas, a seguir mencionadas, situam-se na cidade de Paulo Afonso no estado da Bahia.

4.1 Ocorrência na Usina de Paulo Afonso IV

A usina de Paulo Afonso IV teve iniciada a sua operação em 1979 e conta com uma potência instalada de 2.460 MW, divididos em seis unidades geradoras de 410 MW.

Em 1981, houve uma ocorrência resultante de falha operacional que provocou a energização inadvertida com motorização da unidade geradora nº 2 da usina, seguida por sobrecorrente, que danificou o enrolamento de amortecimento dos pólos. A sobrecorrente elevou a temperatura do enrolamento de amortecimento, que funcionou como enrolamento de partida, semelhante ao enrolamento de um motor de indução, até um valor superior a temperatura de fusão do cobre (1.082 °C), tendo o material fundido de parte do enrolamento e suas conexões se interposto entre o rotor e o estator do gerador. Apesar de que os freios da unidade geradora estavam aplicados, a motorização fez com que o rotor se movesse, tendo o material fundido danificado, mecanicamente por fricção, algumas bobinas e parte do núcleo do estator. Naquela oportunidade, a unidade geradora estava parada para manutenção.

Os geradores da usina de Paulo Afonso IV, dispõem, desde o seu projeto original, de sistema anti-incêndio a base de CO₂. Por ocasião da ocorrência, o sistema anti-incêndio não atuou, devido ao bloqueio mecânico (travamento da válvula distribuidora de CO₂), bem como o bloqueio elétrico encontrava-se ativado em função da abertura da porta da câmara de ar e que é exigido, por segurança, nas condições de liberação da unidade geradora para manutenção.

Analisando-se essa ocorrência, pode-se procurar resposta para a questão fundamental deste trabalho, ou seja, mesmo com o sistema anti-incêndio fora de atuação, por que não houve um incêndio ?

A resposta evidente é a de que ao menos uma das faces do tetraedro do fogo não estava presente. Não há dúvida que a fonte de ignição estava presente, provida através da sobretemperatura. Todavia, faltaram o material combustível, o comburente, ou ambos em proporções adequadas para sustentar uma reação química em cadeia, que provocasse um fogo fora de controle, ou seja, um incêndio como definido na NBR-13.860.

Na Figura 1, pode-se observar o material fundido em parte do enrolamento de amortecimento dos pólos.



FIGURA 1 – Fusão do material do enrolamento de amortecimento.

4.2 Ocorrência na Usina de Paulo Afonso III

A usina de Paulo Afonso III teve iniciada a sua operação em 1971 e conta com uma potência instalada de 864 MW, divididos em quatro unidades geradoras de 216 MW.

Em maio de 2005, durante as manobras para a normalização da unidade geradora nº 3, que se encontrava girando excitada, em vazio, foi dado comando elétrico remoto para o fechamento da chave seccionadora da subestação. Como existia um pólo fechado do disjuntor, apesar da indicação local e remota sinalizarem posição aberta, o gerador foi conectado indevidamente ao Sistema Elétrico através de um único pólo desse disjuntor.

A conexão acidental ao Sistema Elétrico, através de um pólo do disjuntor, originou correntes elevadas em duas fases do gerador e na fase correspondente do transformador elevador, levando-os a um sobreaquecimento que motivou inicialmente um curto-circuito nos terminais das fases A e C do gerador e em seguida um curto-circuito e incêndio no transformador elevador. Foi registrada uma elevação nas correntes do gerador (fases A e C) para valores da ordem de 35.000 A, seguido do afundamento das tensões de saída, caracterizando um curto-circuito bifásico. Como resultado da ocorrência observou-se que houve o superaquecimento nas barras pertencentes aos enrolamentos das fases A e C, curto-circuito nos terminais dessas fases, com fusão completa dos condutores e do núcleo estatórico, além de aquecimento no rotor e fusão das conexões e barras do enrolamento de amortecimento dos pólos. Houve perda total tanto do gerador quanto do transformador elevador.

Os geradores da usina de Paulo Afonso III não dispunham de qualquer sistema anti-incêndio no seu projeto original, concebido no final da década de 1960. Todavia, a Chesf decidiu instalar, em 2002, um sistema anti-incêndio a base de CO₂. Por ocasião da ocorrência, em 2005, o sistema anti-incêndio não atuou, pois se encontrava ligado na opção “manual”.

Pode-se analisar também essa ocorrência, no sentido de procurar resposta para a questão fundamental deste trabalho, ou seja, mesmo com o sistema anti-incêndio fora de atuação, por que não houve um incêndio no gerador? E por que houve um incêndio no transformador elevador?

Mais uma vez a resposta é de que ao menos uma das faces do tetraedro do fogo não estava presente no caso do gerador, enquanto que todos, conjuntamente, contribuíram para o incêndio no transformador. Não há dúvida que a fonte de ignição estava presente, provida através da sobretemperatura, em ambos os casos. Todavia, faltaram o material combustível, o comburente, ou ambos em proporções adequadas para sustentar uma reação química em cadeia, que provocasse um fogo fora de controle, no caso do gerador. Quanto ao transformador, além da fonte de calor, havia o óleo isolante como combustível e o fato de ser instalado a céu aberto, portanto com comburente (ar) disponível. Na Figura 2, observa-se os materiais danificados no gerador e pode-se notar que não sofreram a ação de um fogo descontrolado, a despeito de terem sido submetidos a uma temperatura superior a 1.082 °C.

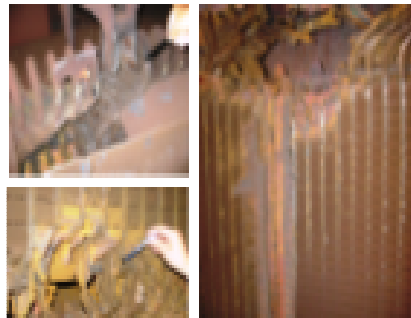


FIGURA 2 – Danos no gerador de Paulo Afonso III.

Por outro lado, pode-se observar na Figura 3, que o transformador elevador foi submetido a um fogo fora de controle, portanto um incêndio, exatamente como definido na NBR-13.860.



FIGURA 3 – Incêndio no transformador elevador de Paulo Afonso III.

5.0 - O DIÓXIDO DE CARBONO - CO₂

Segundo a norma NFPA 12 “Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems”, o dióxido de carbono é um gás inerte, incolor, inodoro, eletricamente não condutivo, medianamente adequado para extinguir fogo. O dióxido de carbono líquido forma uma neve de gelo seco quando liberado diretamente na atmosfera. O CO₂ é 1,5 vezes mais pesado que o ar. Extingue o fogo pela redução, no ar, da concentração de oxigênio da fase de vapor do combustível, até o ponto onde a combustão para. O dióxido de carbono está presente na atmosfera numa concentração aproximada de 0,03 por cento em volume. Ele é também um produto normal do metabolismo humano e animal.

5.1 Influência do CO₂ na Segurança do Pessoal

O dióxido de carbono influencia certas funções vitais em um número importante de formas, incluindo o controle da respiração, dilatação e constrição do sistema vascular – particularmente o cérebro – e o pH dos fluidos corpóreos. A concentração de dióxido de carbono no ar influencia na taxa que será liberada para os pulmões e, portanto, afeta a concentração de CO₂ no sangue e nos tecidos. Um incremento da concentração de dióxido de carbono no ar, por conseguinte, torna-se perigoso devido a redução da taxa de liberação do mesmo pelos pulmões o que reduz a inalação de oxigênio.

A descarga concentrada de dióxido de carbono na extinção de incêndio, cria sérios riscos para o pessoal, como sufocação e redução da visibilidade, durante e após o período de descarga. Deve ser levada em consideração a possibilidade do dióxido de carbono ser levado a se depositar em locais adjacentes e fora do espaço protegido, assim como para onde o dióxido de carbono pode migrar ou ser coletado nas ocorrências de descarga a partir de dispositivos seguros ou depósitos de estocagem.

Em qualquer caso de uso do CO₂, deve ser levada em consideração a possibilidade de o pessoal ficar retido em um local com atmosfera que se tornou perigosa em função da sua descarga. Adequadas salvaguardas devem ser providenciadas para assegurar uma pronta evacuação, para prevenir o contato do pessoal com essas atmosferas e para disponibilizar meios para pronto resgate do pessoal retido. Devem ser providenciados treinamento e alarmes de pré-descarga. É recomendado o uso de cilindros portáteis de oxigênio para respiração tendo em vista a hipótese de resgates. Sinais de advertência devem ser afixados do lado de fora dos espaços onde a concentração de dióxido de carbono, na forma de gás, pode se acumular, não somente nos espaços protegidos, mas em áreas adjacentes onde o gás pode migrar ou vaziar. O pessoal deve ser informado que uma descarga direta de dióxido de carbono, na forma de gás, a partir de sistemas de alta ou baixa pressão, poderá por em perigo sua segurança causando ferimentos nos olhos, ouvidos, ou mesmo tombos devido a perda de equilíbrio pela influência da alta velocidade de descarga do gás. O contato com dióxido de carbono na forma de gelo seco pode causar feridas provocadas pelo frio.

5.2 Ocorrência de descarga indevida de CO₂

Existem diversos registros de acidentes ocasionados pela descarga indevida de dióxido de carbono.

Apresenta-se apenas um deles ocorrido no início da operação da unidade geradora 01, da usina de Paulo Afonso-IV, em 1979. Um empregado da Chesf, aproveitando uma parada de máquina, estava fazendo verificações no rotor e no estator do gerador, sendo que na mesma ocasião, por falha de comunicação, uma equipe de manutenção foi deslocada para eliminar uma não conformidade no sistema anti-incêndio. Naquela ocasião, houve o disparo acidental do sistema de CO₂. O empregado encontrava-se sobre o rotor do gerador. Ao perceber que o sistema anti-incêndio havia sido atuado tratou de descer do gerador e sair do local. Sentiu dificuldade na visão devido a nuvem branca, restrição na respiração e queda na temperatura do ambiente. Procurando manter a calma, foi submetido a um stress adicional quando chegou a uma das portas da câmara de ar e ela estava fechada. Conseguiu prosseguir em sua fuga e localizar a porta do outro lado, pela qual havia entrado e que continuava aberta. Sua desorientação deveu-se ao efeito do dióxido de carbono, bem como a forma circular da câmara de ar. Felizmente, nesse caso, não houve maiores danos ao trabalhador.

6.0 - CONSIDERAÇÕES SOBRE O MERCADO

Em contatos realizados com fabricantes de geradores hidrelétricos, observa-se que eles são dependentes dos requisitos exigidos pelos clientes. Contudo, quando os sistemas anti-incêndio não são expressamente exigidos, a posição da maioria dos fabricantes é de não utilizá-los. Fabricantes chineses afirmaram que é padrão o fornecimento de geradores, tipo bulbo, sem sistema anti-incêndio, salvo se expressamente exigido pelo cliente.

Segundo a área de projetos, no Brasil, de um dos maiores fabricantes mundiais de geradores hidrelétricos, com exceção de apenas um caso, em todos os geradores destinados a Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs, com potência de até 30 MW, eles não usam sistema anti-incêndio. A única exceção mencionada ocorreu no caso de um gerador exportado para o México, cuja Companhia Seguradora exigiu expressamente a colocação desse sistema.

Outro fabricante multinacional informou que houve um aumento, nos últimos 10 anos, de 14,3% para 34,6% dos clientes que não exigem qualquer sistema anti-incêndio em geradores.

Com relação ao ponto de vista dos clientes, genericamente, observa-se que as decisões tomadas seguem uma tendência majoritária pela não utilização de sistemas anti-incêndio nos casos dos geradores de eixo horizontal e/ou de pequeno porte (até 30 MW). Por outro lado, ainda é majoritária a utilização dos sistemas anti-incêndio nos

geradores de eixo vertical, de maior porte, com circuito fechado de resfriamento de ar e em usinas desassistidas, operadas automaticamente.

Em recente pesquisa realizada pelo Cigré, por intermédio do WG A1.02-3, foi proposta a seguinte pergunta: “*Você recomenda ou instala sistema anti-incêndio em geradores?*” Dentre um universo contendo 35 usuários, 10 fabricantes e 9 consultores, obteve-se o percentual de respostas mostrado na Tabela 2:

Tabela 2 – Pesquisa do Cigré sobre aplicação de sistemas anti-incêndio.

Usuários de geradores:	Percentual
Sim	66 %
Não	23%
Em branco	11%
Fabricantes	
Sim	40%
Não	60%
Consultores	
Sim	78%
Não	22%

7.0 - CONSIDERAÇÕES SOBRE SEGUROS

O Mercado Segurador Brasileiro tem aprovado para as Empresas do Setor Elétrico boas taxas e condições diferenciadas. A partir de análises, caso a caso, o Mercado Segurador, busca identificar as experiências de sinistralidade nas empresas, quando da contratação de seguro de riscos nomeados e operacionais que garantam suas perdas e danos patrimoniais. Tomando-se a Chesf como estudo de caso, ela considera seus bens tangíveis e intangíveis, susceptíveis aos Grupos de Riscos indicados no Quadro 1:

Quadro 1 – Grupos dos Riscos na Chesf.

I	- Gestão	VI	- Eletrônicos
II	- Informação	VII	- Mecânicos
III	- Conduta	VIII	- Incêndio
IV	- Naturais	IX	- Explosão
V	- Elétricos	X	- Químicos

O risco de incêndio não é o principal grupo de risco na Chesf. Esta afirmação está fundamentada em Relatórios de Reinspeção de Riscos Incêndio emitidos pelos inspetores do então Instituto de Resseguros do Brasil – IRB. Com efeito, não há registros de incêndios em Usinas ou Subestações nos últimos 25 (vinte e cinco) anos, tampouco em edificações destinadas às atividades técnicas e administrativas. O risco incêndio tem se consumado, de forma isolada, em equipamentos de pequeno porte, com baixo custo na apuração dos sinistros, normalmente absorvido pela Empresa. Por outro lado, os Riscos de Danos Elétricos constituem o principal grupo de risco na Chesf, ressaltando-se a ocorrência, em 20.05.2005, na Usina de Paulo Afonso III, na Bahia. A partir daquela ocorrência, o número de sinistros tem sido reduzido, em função da eficiência e eficácia dos sistemas de proteção existentes.

Segundo R.D.Kranz, Comitê de Estudos 11, WG 11.02, do Cigré, uma fonte de ignição capaz de provocar fogo severo em um gerador somente pode ser originada a partir de um defeito que produza um arco elétrico. Portanto, qualquer meio de proteção ao fogo deve estar conectado com o sistema de proteção elétrico do gerador. Assim, pode-se concluir que os maiores recursos em busca da eficiência e eficácia em sistemas anti-incêndio em geradores devem ser aplicados no sistema de proteção elétrico. Por outro lado, evidencia-se que a classificação correta para cobertura dos riscos nos geradores é o grupo dos Riscos de Danos Elétricos e não o de Risco de Incêndio.

8.0 - CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo analisar a aplicação de sistemas anti-incêndio, à base de dióxido de carbono, CO₂, em geradores hidrelétricos. Partindo-se dos conceitos de fogo e incêndio normalmente aceitos na literatura técnica, procurou-se mostrar que em função de três características construtivas fundamentais dos geradores, quais sejam: a) O confinamento; b) A classe térmica de isolamento tipo “F” e c) Os demais materiais construtivos que são não inflamáveis, torna-se improvável a ocorrência de um incêndio num gerador hidrelétrico. Todavia, a ocorrência de fogo é plausível, tendo-se apresentado, como estudo de caso, exemplo de duas ocorrências com geradores de propriedade da Chesf. Nesses dois exemplos mostra-se, na prática, fatos descritos na literatura técnica, ou seja, que uma fonte de ignição capaz de provocar fogo severo em um gerador somente pode ser originada a partir de um defeito que produza um arco elétrico. Portanto, qualquer meio de proteção ao fogo deve estar conectado com o sistema de proteção elétrica do gerador. O trabalho aborda os danos à saúde humana e ao meio ambiente, causados pelo uso do dióxido de carbono que é o gás utilizado nos sistemas anti-incêndio. Também é abordada a classificação dos riscos, mostrando que no caso dos geradores hidrelétricos sua classificação perante o Mercado Segurador Brasileiro deve ser feita no grupo dos Riscos de Danos Elétricos ao

invés do grupo de Riscos de Incêndio. Uma reflexão sobre tudo o quanto foi exposto, mostra que é mais vantajosa a aplicação de recursos em sistemas de proteção elétrica de última geração, redundantes, de forma a impedir um curto-circuito e por conseguinte o fogo, do que investir em sistemas anti-incêndio à base de dióxido de carbono, CO₂.

9.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio – NBR 13860. Brasil.
- (2) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Informação e documentação – trabalhos acadêmicos – Apresentação – NBR 14724. Brasil.
- (3) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Materiais isolantes elétricos – Classificação térmica – NBR 7034. Brasil.
- (4) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Execução de sistemas fixos automáticos de proteção contra incêndio com gás carbônico (CO₂) por inundação total para transformadores e reatores de potência contendo óleo isolante – NBR 12232. Brasil.
- (5) ROLIM, JACQUELINE. Materiais Elétricos – Cap. IV – Materiais Isolantes. Brasil.
- (6) R.D.KRANZ. Fire extinguishing in large salient pole machines. CIGRÉ. França.
- (7) NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems – NFPA12. Estados Unidos.
- (8) NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Recommended Practice for Fire Protection for Hydroelectric Generating Plants – NFPA 851. Estados Unidos.
- (9) POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO – CORPO DE BOMBEIROS. Conceitos Básicos de Segurança Contra Incêndio – Instrução Técnica nº 02/2004. Brasil.
- (10) POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO – CORPO DE BOMBEIROS. Sistema Fixo de Gases para Combate a Incêndio – Instrução Técnica nº 26/2004. Brasil.
- (11) IEC 60085:2007, Electrical insulation – Thermal classification

10.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Murilo Martins Gondim Coutinho

Nascido no Recife, PE, em 01 de outubro de 1954.

Mestrado (2005) Economia na UFPE; MBA (1999): Gestão Empresarial na FGV e Graduação (1976) em Engenharia Mecânica: UFPE.

Empresa: Companhia Hidro Elétrica do São Francisco - Chesf, desde 1976.

Engenheiro da Divisão de Engenharia Eletromecânica de Geração.

