

Proteção contra contatos de animais e a interferência na termografia

S. E. L. Silva – COELBA

E-mail: slessa@coelba.com.br

Palavras-chave – Ocorrência com animal, protetor de bucha, termografia.

Resumo - Este trabalho relata a experiência da Coelba no tratamento das interrupções em subestações provocadas por animais e a interferência deste programa nas inspeções termográficas.

1. INTRODUÇÃO

No mundo inteiro têm-se ocorrências de interrupção no fornecimento de energia provocadas por animais. Nos EUA, aproximadamente 25% do total das interrupções são provocadas por animais [1].

No sistema elétrico da Coelba, no ano de 2001, este número foi de aproximadamente 8,1 % [2], considerando apenas as ocorrências com desligamentos de barramentos nas subestações. Ao mesmo tempo em que, devido a estas ocorrências com animais, tem-se a necessidade de se ter um programa de proteção aos equipamentos para evitar curtos-circuitos provocados por animais, tem-se a necessidade também de um programa de termografia para se detectar pontos quentes em conexões e em equipamentos. A execução de um destes programas não pode prejudicar a execução do outro, porém, como a principal atividade na proteção aos equipamentos é a instalação de um material isolante nas conexões junto às buchas isolantes dos equipamentos, observou-se a necessidade de um estudo específico para permitir uma "convivência pacífica" entre a termografia e a prevenção contra ocorrências envolvendo animais.

No presente trabalho, é exposta a situação atual da prevenção contra interrupções provocadas por animais, como são efetuadas as inspeções termográficas e os testes desenvolvidos em laboratórios para definir critérios adequados nas inspeções termográficas nos equipamentos com protetores para evitar contatos de animais.

2. DEFINIÇÕES

2.1. Protetor de Bucha

Proteção instalada na parte superior das buchas isolantes dos equipamentos, nas classes de tensão de 15 e 36,2kV, de forma a evitar contato de animais com as conexões dos mesmos.

2.2. Protetor Removível

Protetor de bucha fabricado para determinado equipamento existente ou incorporado em novos equipamentos adquiridos, conforme figura 1.



Figura 1 - Religador com Protetor Removível

2.3. Tubo Termocontrátil

Adesivo termoplástico, utilizado como protetor de bucha, moldado à bucha isolante de acordo com as respectivas dimensões e através de aquecimento, conforme figura 2.



Figura 2 - Religador com Tubo Termocontrátil

2.5. Cabo protegido

Cabo com cobertura, classe de tensão 15kV, não isolado, utilizado em rede da distribuição, a ser usado nas interligações dos equipamentos aos barramentos das subestações, juntamente com protetores de bucha [3].

2.6. Emissividade

Relação entre a quantidade de radiação emitida por um corpo qualquer, em relação àquela que é emitida por um corpo negro, assumindo sempre um valor entre 0 e 1.

3. OCORRÊNCIAS COM ANIMAIS

As ocorrências ao longo dos anos têm se comportado conforme gráfico 1 [4], [5]. Abrange todos os desligamentos em barramentos de subestações do sistema de distribuição da Coelba (tensões de 34,5, 69 e 138kV), provocados por animais. Embora 2002 contenha as ocorrências apenas do primeiro semestre, constata-se que o número de eventos com animais permanece elevado.

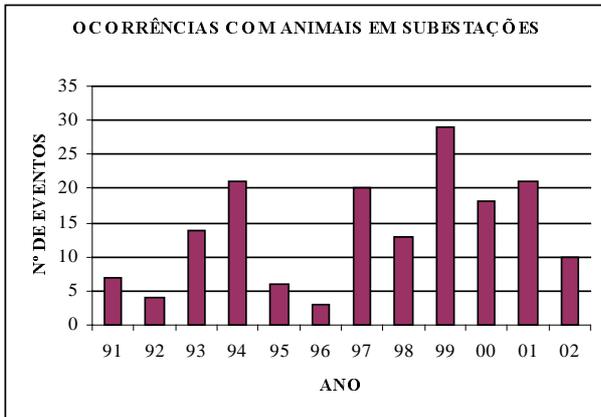


Gráfico 1

Os equipamentos onde aconteceram maior número de ocorrências com animais estão representados no gráfico 2. Os dados são referentes às 111 ocorrências verificadas no período de janeiro de 1997 até junho de 2002. Constata-se que ocorrem maior número de eventos em redes de distribuição, religadores, banco de capacitores, transformadores de força e disjuntores, que representam aproximadamente 75% do total verificado. Estes equipamentos estão sendo priorizados nas ações em execução visando a diminuição destas ocorrências.

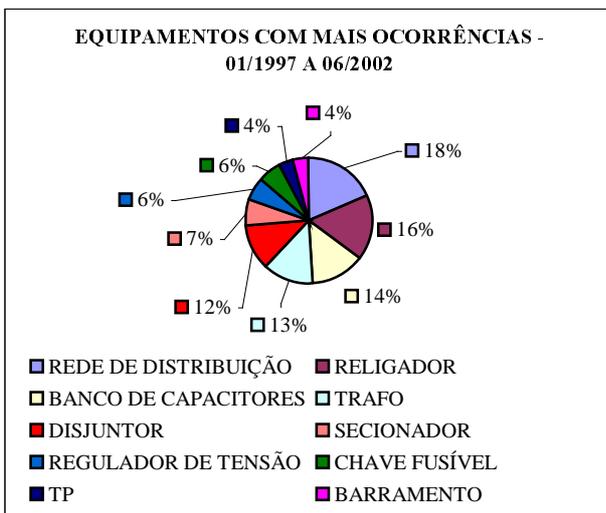


Gráfico 2

Os eventos nas redes de distribuição, onde são considerados apenas aqueles que implicaram em desligamentos de barramentos de subestações, são provocados por pássaros e urubus. Para evitar estas ocorrências, têm-se tomado as seguintes medidas:

- instalação do protetor conforme figura 3 nas cruzetas, de forma a evitar o acesso de grandes aves;



Figura 3 - Protetor para evitar acesso de grandes aves

- instalação de rede de distribuição compacta, com cabos protegidos ou isolados e sem a cruzeta em cada poste.

Em relação aos religadores, transformadores de força, disjuntores, transformadores de potencial, chaves de abertura sob carga, transformadores de serviço auxiliar, reatores, reguladores de tensão e conjuntos de medição a principal ação preventiva consiste na instalação, nos conectores das buchas isolantes destes equipamentos, de protetores que possam evitar curto-circuito caso ocorra contato de animais. Além do tubo termocontrátil e do protetor removível, existem instalados também tubos de PVC e manta (material plástico para cobrir a conexão), usados no início deste programa, porém estes dois materiais não suportam raios ultravioletas, não sendo mais utilizados [6]. Para essa instalação, têm-se investido aproximadamente R\$ 120.000,00 (cento e vinte mil reais) por ano na compra de materiais para esta proteção.

Embora o número de ocorrências permaneça alto, conforme visto no gráfico 1, estas medidas estão surtindo efeito, haja vista que a duração média das ocorrências tem diminuído substancialmente, conforme gráfico 3, ou seja, os protetores estão evitando maiores danos nos equipamentos.

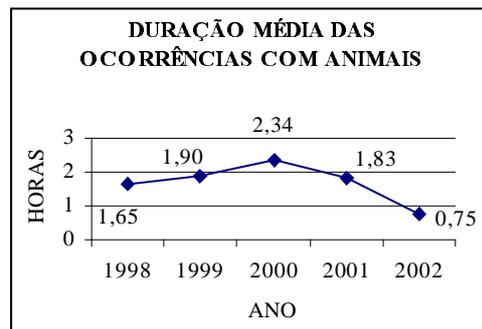


Gráfico 3

Como o número de buchas que necessitam de proteção é elevado e a grande maioria está sem proteção ou com protetores inadequados, um melhor resultado só poderá ser verificado após alguns anos, quando o total de buchas existente estiver com os protetores adequados. As buchas que necessitam de protetores perfazem um total

aproximado de 12.000 unidades e a situação atual das mesmas é conforme gráfico 4.

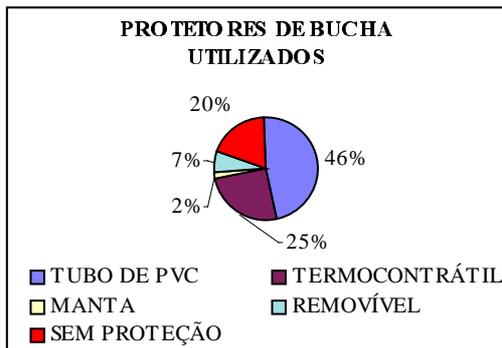


Gráfico 4

Os animais que provocam mais curtos-circuitos nas subestações da Coelba são pássaro, gato, urubu, sarigüê e cobra, conforme gráfico 5.

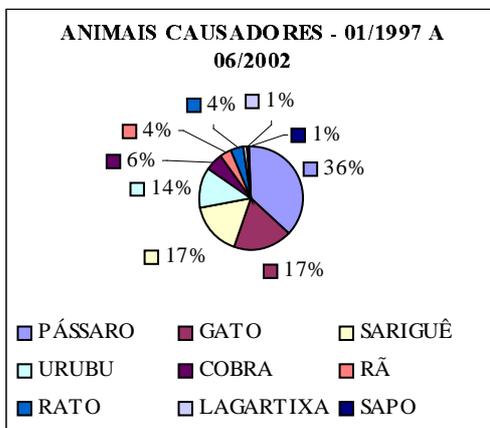


Gráfico 5

Embora a instalação de protetores seja a ação mais importante em implantação, outras medidas executadas ou em execução são [7]:

- elaboração de instrução técnica para seleção da proteção de bucha - elaborada principalmente para esclarecer à empresa construtora quais equipamentos que necessitam da proteção de bucha e que protetor utilizar para que todas as novas obras da Coelba sejam entregues com a proteção adequada. Serve também para instruir o pessoal de Manutenção de subestações da Coelba onde e como instalar os protetores de bucha;
- alteração das especificações técnicas dos equipamentos de subestações - com esta medida implantada, todos novos equipamentos de subestações adquiridos pela Coelba serão fornecidos com protetores de bucha. Isto já está acontecendo para reguladores de tensão monofásicos e para transformadores de força;

- construção de muros, em substituição às cercas existentes;
- desratização periódica nas subestações;
- retirada sistemática de ninhos de pássaros nas subestações;
- limpeza e desmatamento eficientes das subestações - foi dado maior enfoque neste assunto nos últimos anos, exigindo maior qualidade das empresas prestadoras destes serviços;
- verificação de outras experiências no tratamento deste assunto - foram analisados dados obtidos da Concessionária Ontario Hydro, do Canadá [8]. Apontam semelhanças e diferenças no tratamento deste assunto:
 - os equipamentos com mais ocorrências foram transformadores, barramentos, banco de capacitores e disjuntores;
 - as proteções utilizadas são coberturas de borracha; isolamento para condutores; camada de silicone sobre suportes, isoladores e estruturas; discos "salvadores de pássaros" para banco de capacitores;
 - esquilos, guaxinins e pássaros são os animais que mais provocam interrupções;
 - abril e maio são os meses com maior número de ocorrências, estando relacionado com os meses de reprodução dos animais;
 - outras estratégias preventivas adotadas, além da instalação dos protetores, foram cercar adequadamente a subestação, priorização de investimentos em subestações com mais ocorrências, podagem de árvores próximas aos cercados das subestações, instalação de armadilhas, uso de aparelhos de ultrassom para evitar a presença de animais, barreiras em linhas aéreas, para evitar a passagem de animais através dos condutores das linhas de transmissão e de distribuição, retirada de lixo e de ninhos de pássaros.

4. INSPEÇÕES TERMOGRÁFICAS

As inspeções termográficas nas subestações da Coelba são efetuadas semestralmente. Destas inspeções, são programadas intervenções nos pontos quentes detectados, de acordo com a criticidade verificada, conforme estabelecido em instrução existente [9].

Este procedimento não considera a existência dos protetores de bucha para evitar curtos-circuitos provocados por animais. Existe a necessidade deste tratamento específico principalmente porque existe espaço vazio entre a conexão da bucha e o protetor,

provocando uma transmissão do calor não facilmente previsível. Em função disso e de algumas ocorrências verificadas em que alguns protetores de bucha se danificaram devido a pontos quentes existentes, constatou-se a necessidade de se ter um procedimento diferenciado em instalações com protetores de bucha.

4.1. Testes em laboratório

Para fundamentar as alterações necessárias no procedimento existente de avaliação da inspeção termográfica, foram realizados alguns testes no laboratório da avaliação de materiais da Coelba, localizado em Feira de Santana. Estes testes consistiram em verificar qual o ajuste da emissividade no termovisor que melhor se adequava para esse instrumento indicar a temperatura real. Isto foi feito através de simulações de pontos quentes, com a temperatura real das conexões conhecida.

4.1.1. Equipamentos, instrumentos e materiais utilizados

Para estes testes foram utilizados:

- um religador tipo KFE, da Mc Graw Edison;
- protetores de bucha (termocontrátil BPTM 120/50, da Raychem; protetor removível referência CRI 17009, da Ritz e tubo de PVC);
- indicador de temperatura com 12 canais com sensor par termelétrico tipo K, referência TDB-1200, da Omega;
- higrômetro / termômetro, faixa 0 a 100% / -50 a 70°C, da Tempotec;
- termovisor modelo Agema 570, da Flir;
- fonte de corrente ajustável de 0 a 1.200 A ("fabricação" própria);
- alicate amperímetro 0 a 900 A, da Kew Snap;
- cabos de alumínio cobertos com mangueira.

4.1.2. Descrição dos testes

Foi conectada uma fase do religador na fonte de corrente e instalado o protetor termocontrátil na bucha lado fonte e o protetor removível na bucha lado carga; a instalação destes protetores foi feita no mesmo padrão do que é feito nas subestações. Nas conexões foram instalados os sensores tipo K; e, após folgar as conexões, foi se ajustando a corrente de forma a se obter determinados valores de temperatura estabilizados, medidos através do indicador Omega e do termovisor. A figura 4 mostra o arranjo utilizado.

As condições ambientais durante estes testes foram: temperatura ambiente entre 26 e 30°C e umidade relativa entre 73 e 84%; o local dos testes é coberto e não exposto à ação de vento.

4.1.3. Análise dos resultados

Nas tabelas 1 e 2 são apresentados os valores medidos de temperatura, sendo que na tabela 1 estão as medições



Figura 4 - Arranjo da instalação para os testes

realizadas na conexão coberta com termocontrátil e na tabela 2 estão as medições realizadas na conexão coberta com o protetor removível. Em cada uma delas tem-se na coluna 1 a indicação do instrumento do laboratório (Temp real); na 2, a indicação do termovisor, com o ajuste da emissividade (e) de tal forma que a temperatura indicada seja a mais próxima da temperatura real; na coluna 3 a emissividade encontrada para o termovisor indicar a temperatura real; na coluna 4, a temperatura medida pelo termovisor com a emissividade ajustada em 0,75, valor geralmente utilizado nas inspeções termográficas e na coluna 5, a temperatura medida pelo termovisor com a emissividade ajustada em 0,27, valor médio das emissividades em que a temperatura medida pelo termovisor esteve mais próxima do valor real.

Tabela 1 – Medições em conexão coberta com termocontrátil

Temp real (°C)	Temp termovisor (°C)	e	Temp e=0,75 (°C)	Temp e=0,27
36,4	36,4	0,67	35,7	45,2
43,0	42,9	0,32	34,6	45,5
49,3	49,6	0,24	37,1	53,1
62,2	62,6	0,30	42,4	66,0
72,2	71,7	0,26	44,4	70,3
81,4	81,6	0,26	48,7	79,9
90,0	90,3	0,23	49,9	82,5
97,9	98,4	0,27	57,2	98,4

Tabela 2 – Medições em conexão coberta com protetor removível

Temp real (°C)	Temp termovisor (°C)	e	Temp e=0,75 (°C)	Temp e=0,27 (°C)
42,8	41,2	0,47	36,5	50,1
49,7	49,6	0,26	35,4	48,8
61	60,1	0,21	37,3	53,5
70,7	70,9	0,22	41,6	63,9
81,1	81,1	0,22	45,4	72,6
91,4	90,5	0,21	48,1	78,7
102,8	102,8	0,22	54	91,4

Dos dados levantados, foram obtidos os gráficos 6 e 7. Observa-se nas curvas emissividade x temperatura levantadas uma mesma tendência de variação, sugerindo que não haverá grandes diferenças considerar o mesmo comportamento aos dois protetores indicados no gráfico 6. Consta-se nestas curvas que a partir de 50°C aproximadamente, o ajuste da emissividade no termovisor, cujos valores estão entre 0,21 e 0,30, tende a ser constante para indicar os valores reais de temperatura. Já para valores menores que 50°C, necessário uma maior variação do ajuste da emissividade para se obter os diversos valores de temperatura.

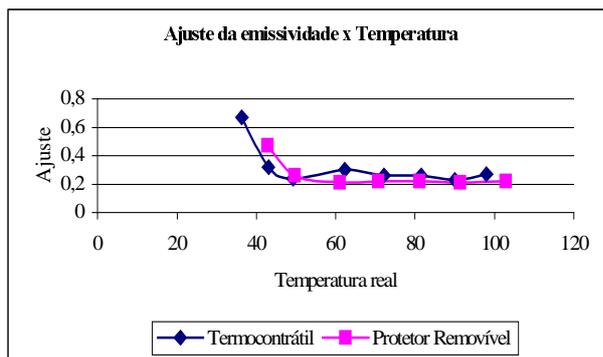


Gráfico 6

O gráfico 7 serve apenas para ilustrar a diferença entre usar a emissividade igual a 0,75, valor usual nas termografias sem protetor, e usando emissividade igual a 0,27, valor médio obtido nos testes em laboratório, considerando toda a faixa de temperatura medida. Na reta ideal considera-se que os valores indicados no termovisor correspondem aos valores reais de temperatura da conexão. Quanto mais distante desta reta, maior será o erro da termografia. Desta forma, os valores obtidos em laboratório indicam que, usando a emissividade ajustada em 0,27, tanto em protetores termocontráteis quanto nos protetores removíveis, obtêm-se termografias mais precisas.

Como foram priorizados estes dois tipos de protetores, não foi efetuada avaliação similar com o protetor feito com tubo de PVC. Nas duas imagens obtidas através do termovisor, chega-se a conclusões semelhantes à dos outros protetores: a temperatura real na conexão é obtida com a emissividade ajustada num patamar bem abaixo do que é usualmente utilizado, podendo ser adotados os mesmos critérios relatados aos outros protetores.

4.2. Testes em campo

Numa termografia realizada em 10/05/01, foi observada uma elevação de temperatura (Δt) igual a 24,73°C em uma das buchas, em relação às demais, de um religador da subestação Mataripe (MTR21X3). Após avaliação e definição do que seria feito, em 15/05/01, foi realizada nova termografia, desta vez com e sem o termocontrátil existente no mesmo.

Primeiramente foi feita nova termografia com o termocontrátil – neste caso, o Δt encontrado foi de

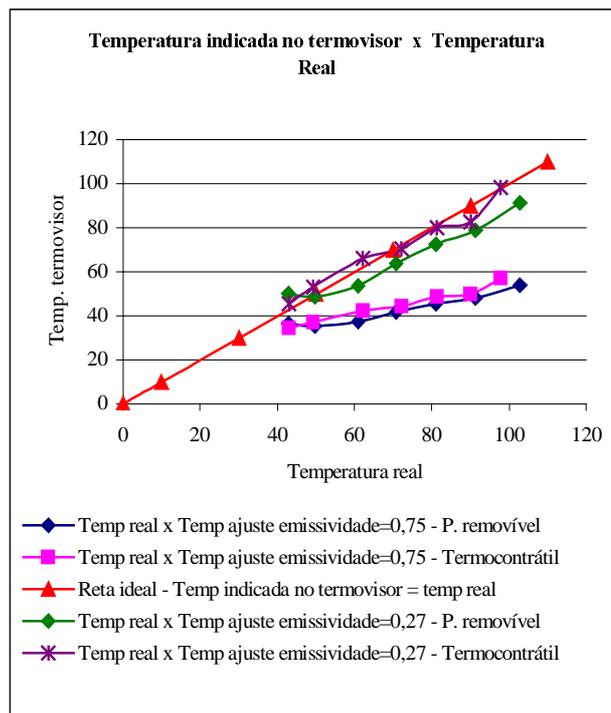


Gráfico 7

10,35°C, com a mesma emissividade do dia 10/05/01 (0,75). Feita a manobra de by-pass deste religador, desligado o mesmo e suspenso o termocontrátil da conexão com ponto quente, foi encontrado um Δt de 19,27°C (imediatamente após a manobra), com a emissividade ajustada em 0,75. Nova termografia 35 minutos após a normalização do religador e sem o termocontrátil encontrou-se um Δt igual 16,42°C.

Com os dados acima e analisando as imagens através de software [10], obteve-se a tabela 3. Desta tabela confirma-se a validade de utilizar um valor de emissividade inferior ao que geralmente é utilizado – o Δt praticamente dobrou quando se alterou o ajuste da emissividade de 0,75 para 0,40.

Tabela 3 - Testes em campo

Nº Imagem	Δt (°C)	e	Observação
1	10,35	0,75	Antes da manobra, com termocontrátil
2	19,27	0,75	Imediatamente após a manobra, sem termocontrátil
1	19,15	0,40	Imagem 1, com emissividade ajustada para indicar $\Delta t = 19,27^\circ\text{C}$
3	16,42	0,75	35 min após reiniciar circulação de corrente, sem termocontrátil
1	16,36	0,47	Imagem 1, com emissividade ajustada para indicar $\Delta t = 16,42^\circ\text{C}$

Numa ocorrência em um religador na subestação Itiúba (IIB29J1) estes testes também foram confirmados. Na termografia realizada em 28/02/01, com emissividade ajustada em 0,75, foi encontrado $\Delta t = 7,44^{\circ}\text{C}$. Por [9], este valor indica apenas que é para manter este equipamento em observação. Utilizando uma emissividade = 0,50 (temperatura do objeto até 50°C), estima-se que este delta seria igual a 15°C (estimativa efetuada a partir de outras termografias). Com este valor, conforme a instrução de avaliação de termografia [9], dever-se-ia intervir no equipamento num prazo máximo de 30 dias. Como isto não ocorreu, o ponto quente evoluiu de tal forma que o termocontrátil danificou-se devido ao sobreaquecimento (conforme catálogo deste produto, a sua temperatura de operação é 105°C em regime permanente, 130°C em sobrecarga e 250°C em curto-circuito), fato detectado em 05/04/01.

4.3. Procedimento proposto

Dos testes efetuados em laboratório e em campo propõe-se alterar a instrução de avaliação de inspeção termográfica. Estas alterações consistem basicamente em:

- diminuir o Δt a ser considerado para fins de definição de ação corretiva, no caso de instalações com protetores de bucha. Sem protetores, até 5°C é considerado normal e entre 5 e 10°C é para manter em observação; a partir de 10°C é estabelecido prazo à intervenção. Considerando a mesma emissividade de instalações sem protetores (geralmente adota-se $e = 0,75$), a proposta é conforme a tabela 4.

Tabela 4 - Proposta de alteração

Δt ($^{\circ}\text{C}$)	Ação
$\Delta t < 1^{\circ}\text{C}$	Não precisa intervir
$1 < \Delta t \leq 4^{\circ}\text{C}$	Suspeito – manter em observação
$4 < \Delta t \leq 8^{\circ}\text{C}$	Revisão completa no prazo máximo de 30 dias
$8 < \Delta t \leq 15^{\circ}\text{C}$	Revisão no menor prazo, observadas as condições operativas do sistema
$\Delta t > 15^{\circ}\text{C}$	Intervenção imediata

- para uma melhor avaliação em campo, visto que o software de análise de termografia de alguns fabricantes de termovisores não permite alteração do ajuste da emissividade, pode-se adotar os seguintes ajustes de emissividade para instalações com protetores de bucha:
 - Temperatura do objeto $\leq 50^{\circ}\text{C} \Rightarrow e = 0,50$
 - Temperatura do objeto $> 50^{\circ}\text{C} \Rightarrow e = 0,26$

Estes valores devem ser também utilizados, sempre que o software permitir, na análise das imagens efetuadas em escritório.

5. CONCLUSÃO

A termografia é uma ferramenta fundamental da Manutenção Preditiva nos dias atuais, por determinar o momento mais adequado para intervir num equipamento. Evita-se, desta forma, falhas em equipamentos e intervenções desnecessárias e os transtornos advindos destes problemas.

Um procedimento específico de termografia em equipamentos com protetores de bucha, conforme relatado no presente trabalho, mantém esta ferramenta com a confiabilidade necessária para continuar sendo usada na rotina da Manutenção Elétrica.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Goulart, Marco A. Material informativo sobre o protetor eletrostático, 3M do Brasil, São Paulo, 2000.
- [2] Relatório mensal da operação dezembro 2001 – Departamento de Operação, Coelba.
- [3] Veiga, Francisco Eugênio C., Relatório 080/GMPS/1998, Coelba, Salvador – Bahia, 1998.
- [4] Brandão, Paulo Seroa da Motta, Relatório de 15/01/1997, Coelba, Salvador - Bahia, 1997.
- [5] Banco de dados do Sistema de Ocorrências do Departamento de Operação, Coelba, Salvador – Bahia, 1997 a 2002.
- [6] Silva, Sérgio E. L., Avaliação das Proteções de Equipamentos em Subestações, Coelba, Salvador - Bahia, 2000.
- [7] Silva, Sérgio E. L., Ocorrências com Animais, Coelba, Salvador - Bahia, 2001.
- [8] McMullen, Paul, Central Region Control Strategy of Ontário Hydro, Canadá, 1993.
- [9] MTQ 00.10 Instrução Técnica para Avaliação de Inspeção Termográfica, 1ª edição, Departamento da Gestão da Manutenção, Coelba, Salvador - Bahia, 1999.
- [10] Irwin Report, Software de Análise de Termografia, Flir Systems, Suécia, 1998.