



Falha Humana em Operação e Manutenção de Subestações ¹

Sérgio Eduardo Lessa e Silva
Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia
E-mail: slessa@coelba.com.br

RESUMO

Conhecer detalhadamente a Falha Humana na manutenção de subestações de uma concessionária de energia elétrica e propor recomendações para diminuição da frequência destas falhas são os principais objetivos deste trabalho. À luz das teorias, da análise estatística das Falhas Humanas verificadas e da experiência adquirida no ambiente de trabalho, tem-se conclusões e recomendações a cerca deste assunto.

Após uma visão teórica sobre o assunto Falha Humana, é relatada a estatística das Falhas Humanas em subestações da Coelba, incluindo análise destes resultados. A técnica de prevenção de Falha Humana adotada na Coelba é abordada em seguida.

A análise dos resultados, conclusões e recomendações finalizam o presente trabalho, sem esgotar o assunto, logicamente. Particularmente na área das concessionárias de energia, o assunto Falha Humana é muito pouco discutido. Existe, assim, um vasto campo para novas pesquisas, análises, teorias e conclusões que este trabalho espera ter dado sua contribuição.

PALAVRAS-CHAVES

Falha humana, confiabilidade humana, análise de falha.

1- INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico em diversas áreas permitiu melhorar significativamente a confiabilidade em equipamentos, porém deixou mais evidentes as Falhas Humanas. Graves acidentes verificados nas décadas de 70 e 80 tiveram Falhas Humanas como principal causa: Bhopal, Challenger, Three Mile Island, Chernobyl. Esta última teve oito Falhas Humanas identificadas (PEDRASSANI, 2001).

Em sistemas elétricos, há registros de diversos blecautes provocados por Falha Humana. Em dezembro de 2000 dos quatro blecautes ocorridos no Rio de Janeiro, envolvendo três empresas concessionárias de energia, três foram por esse motivo. (ZIMMERMANN, 2001). Em 14/08/2003 ocorreu um dos maiores blecautes da história da América do Norte, envolvendo grande parte dos Estados Unidos e do Canadá. Investigação efetuada levaram a inferir que um alarme atuado em um centro de operação não teve a devida atenção do funcionário responsável, favorecendo a ocorrência do blecaute (SCHWEITZER, 2003).

(1) *Trabalho embasado na monografia entregue como avaliação final do curso de pós-graduação em Gestão de Manutenção, da UNIFACS (Universidade Salvador), 2003/2004.*
Orientador: Prof. Paulo Victor Fleming.

No sistema elétrico da Região Metropolitana de Salvador, estado da Bahia, Brasil, objeto deste estudo, Falha Humana representou 33% das falhas com desligamentos parciais ou totais de subestações. A análise sistemática dessas falhas, tem levado a definição de diversas ações para sua redução .

Os principais objetivos do presente trabalho são:

- Fazer uma análise estatística das Falhas Humanas verificadas no período de 1999 a 2005, apontando as principais causas das mesmas;
- Comparar a metodologia de prevenção à Falha Humana implantada com outras existentes na literatura;
- Avaliar resultados com a metodologia implantada, verificando possíveis melhorias à mesma;
- Propor ações que possam reduzir o número de Falhas Humanas.

2- DESCRIÇÃO

As falhas analisadas foram verificadas entre 01/01/1999 a 31/12/2005, nas subestações da Coelba, localizadas na Região Metropolitana de Salvador; tensão primária igual a 69 ou 230kV, potência instalada entre 5 e 100 MVA e perfazem um total de 29.

A manutenção é concebida através de Núcleos Polivalentes Locais (NPLs) (SILVA, 2002). O NPL consiste numa equipe de Manutenção, composta de técnicos (entre eles, um coordenador) e eletricitas, instalado numa subestação estrategicamente localizada que visa atender às necessidades de manutenção e operação, programadas ou não, de forma a se ter o menor número de ocorrências de interrupção, com a menor duração possível.

Na região Metropolitana de Salvador existem quatro NPLs, responsáveis pela manutenção e operação local de 29 subestações.

Em relação ao planejamento das atividades de manutenção, tem-se um órgão responsável pelo planejamento anual da manutenção preventiva e dos investimentos necessários nas subestações, pela engenharia de manutenção, com acompanhamento de desempenho dos principais equipamentos de subestação da empresa, dentre outras atividades. Para os serviços diários dos NPLs, o planejamento das atividades é de responsabilidade do coordenador do NPL.

Para o cadastro, histórico e programação de serviços dos equipamentos existe o software corporativo SAP, utilizado por todos os órgãos da empresa, na sua área de competência.

O planejamento das atividades nas subestações é feito a partir de solicitação de intervenção (SI) efetuada por algum NPL. O setor de Operação irá avaliar as interferências do serviço a ser executado no sistema elétrico e definirá a seqüência de manobras necessárias à realização do serviço. No dia da intervenção, o executante, através do número da SI, informa ao Centro de Operação envolvido que aquele serviço será realizado. O Centro emite uma Permissão de Serviço (PMS) e, juntamente com o executante, realiza as manobras necessárias para o serviço.

As falhas aqui analisadas fazem parte de um banco de dados com todas as ocorrências nestas subestações que provocaram interrupção no fornecimento de energia elétrica devido ao desligamento não programado de toda uma subestação ou de um barramento da mesma. As falhas humanas em questão são aquelas em que esta interrupção foi provocada por ação direta de um profissional de Manutenção e/ou Operação.

3- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1- Definição de Falha Humana

A expressão falha humana significa que ocorreu uma falha no sistema e que foi causada ou teve contribuição de seres humanos. A falha pode ser de um grupo, organização ou apenas de um indivíduo (FIGUEIRÔA, 2004).

Na abordagem sobre Falha Humana, importante que seja abandonada a abordagem tradicional que indica que a mesma ocorreu devido a negligência, falta de compromisso e não observação de regras ou

procedimentos (LAFRAIA, 2001). Esta cultura tenta corrigir o problema através do terror e do medo, prejudicando o clima organizacional da empresa. Os funcionários não se sentirão à vontade para participar aos seus superiores de problemas existentes, sob o risco de ser imputado aos mesmos responsabilidade sobre alguns destes problemas.

Uma visão mais adequada à Falha Humana relata que os erros acontecem devido a uma complexa relação entre diversos fatores. O ambiente indutor ao erro pode resultar da sobrecarga de trabalho ou de informações, procedimentos ou instruções inadequadas, treinamento inadequado ou mesmo baixa motivação do operador. A tendência inevitável ao erro origina-se da capacidade limitada da memória humana, do limite no processamento de informações e/ou na dependência de regras específicas para a execução da tarefa.

3.2- Classificação das Falhas Humanas

Embora com algumas variações entre os diversos autores (Lafraia, Pedrassani e Figueirôa), as Falhas Humanas geralmente possuem a seguinte classificação:

Falha Humana por deslize;

Falha Humana por equívoco;

Falha Humana por violação.

Falha Humana por deslize - caracteriza-se por falhas na execução de ações necessárias para atingir um objetivo planejado devido a atenção inadequada na atividade. É aquela que os trabalhadores são incapazes de evitar devido à fragilidade humana em manter a atenção. Está relacionada a desempenhos baseados na habilidade, ou seja, a realização de tarefas sujeitas a utilização de funções de comportamento pré-programadas, as quais demandam um nível de consciência baixo (LIMA, 2002).

Falha humana por equívoco - aparece devido a falta que o trabalhador tem de alguma técnica essencial, habilidade ou conhecimento para impedir a ocorrência da falha.

Falha humana por violação – caracteriza-se quando o indivíduo conhece as ações corretas, mas, conscientemente, executa ações alternativas. É intencional, embora com o objetivo de agilizar ou apressar o serviço; jamais com a intenção de causar danos.

3.3- Técnica de avaliação de Falha Humana

A Análise de Falhas Humanas em Atividades de Manutenção AFHAM, criada por FIGUERÔA, 1999, foi direcionada para manutenção de aeronaves. Posteriormente LIMA, 2002 fez uma adaptação para manutenção em indústrias de processos. Seguindo a lógica dos trabalhos de FIGUEIRÔA e LIMA, a AFHAM foi desenvolvida através da Análise de Confiabilidade Humana (ACH), e é voltada para a aplicação de uma técnica de origem qualitativa que se propõe a reduzir a probabilidade de Falhas Humanas no cumprimento de tarefas de manutenção, sem que para isso seja necessário o cálculo do valor desta probabilidade.

As etapas para análise são as seguintes:

- Identificar as tarefas críticas - consistem nos desvios mais prováveis no cumprimento de cada passo dos procedimentos de manutenção que podem afetar tanto a segurança dos trabalhadores e da instalação, quanto o processo de produção. Estes desvios serão chamados de desvios críticos.
- Listar as conseqüências para cada desvio - são usados dois critérios:
Severidade - avalia o grau de desvio de uma tarefa, tendo quatro níveis e Complexidade - avalia o número de subtarefas, de pessoas, de informações, de recursos envolvidos com a tarefa, além da ergonomia. Possui cinco níveis.
- Atribuir valores aos passos críticos. A multiplicação dos valores atribuídos à Severidade e à Complexidade gera a graduação do Índice de Criticalidade (IC), e quanto maior o valor deste índice, mais crítico é o desvio analisado.

Na Tabela 1 estão apresentadas as categorias para o índice de criticalidade (IC), considerando as modificações realizadas nos critérios definidos para os níveis de severidade e complexidade.

Tabela 1 – Matriz para Determinação do Índice de Criticalidade

MATRIZ DE CRITICALIDADE		Categoria de Severidade			
		Baixa (I)	Média (II)	Alta (III)	Crítica (IV)
Categoria de Complexidade	Extremamente Significativa (A)	Elevado	Muito Elevado	Muito Elevado	Muito Elevado
	Muito Significativa (B)	Moderado	Elevado	Muito Elevado	Muito Elevado
	Significativa (C)	Moderado	Elevado	Muito Elevado	Muito Elevado
	Pouco Significativa (D)	Reduzido	Moderado	Elevado	Muito Elevado
	Insignificante (E)	Reduzido	Reduzido	Moderado	Elevado

3.3.1- Linhas de Defesa

Não importa quanto se consiga entender sobre os antecedentes psicológicos do erro humano ou quão sofisticados são os artifícios cognitivos (mecanismos para ajudar a memória ou ações a serem tomadas) eventualmente oferecidos para aqueles que têm ocupação de alto risco, o fato é que falhas humanas continuarão ocorrendo (REASON, 1990). Sabendo que não é possível evitar completamente a ocorrência de falha humana, é necessário estabelecer defesas no sistema com o objetivo de eliminar as conseqüências negativas advindas destas falhas.

A primeira linha de defesa contra o erro humano é, e sempre será, um bom projeto do produto. Se forem economizados recursos no desenvolvimento na etapa projeto, isto implicará em gastos maiores pagos posteriormente pelos departamentos de treinamento, operação e manutenção.

Nesta fase, procura-se identificar as defesas de projeto e quais os métodos que poderiam ser usados para evitar que os desvios nos procedimentos venham a gerar uma falha do sistema. A tabela 2 apresenta as linhas de defesas definidas nesta técnica.

Tabela 2 – Tipos de Linhas de Defesa

LD	Linha de Defesa
1	Inspeção visual com utilização de check-list;
2	Teste operacional ou com avaliação de parâmetros;
3	Treinamento periódico;
4	Acompanhamento de um supervisor;
5	Reavaliação de procedimento;
6	Reprojeto do sistema.

3.3.2- Planilha AFHAM

O método descrito nas seções anteriores é implementado por meio de uma planilha contendo oito colunas que é preenchida nas reuniões de grupo de trabalho. A tabela 3 apresenta a planilha utilizada no estudo.

Tabela 3 – Planilha AFHAM

Análise de Falha Humana em Atividades de Manutenção - APHAM							
Sistema				Tarefas			
Passo	Descrição	Desvios	Conseqüências	Severidade	Complexidade	Criticalidade	Linhas de defesa/ Observação

4- SITUAÇÃO DAS FALHAS HUMANAS NAS SUBESTAÇÕES DA COELBA

Para o presente estudo, e seguindo a literatura conforme o item 3.2, as falhas humanas foram classificadas em deslize, equívoco e violação. Estes três tipos foram considerados em todos os casos de Falha Humana: de manutenção ou de operação; provocada por pessoal próprio ou contratado.

4.1- Estatística das falhas

Nos sete anos analisados, ocorreram 81 falhas humanas (33%) de operação ou de manutenção em 20 das 29 subestações operadas e mantidas pela Coelba na Região Metropolitana de Salvador, conforme gráfico 1. Falha Humana constituiu assim o principal problema dentre aqueles causadores de desligamento de subestação.

A evolução das Falhas Humanas no período analisado foi conforme gráfico 2. As Falhas Humanas de Manutenção corresponderam a 65% do total e as de Operação a 35%.

Conclui-se que o maior problema é nas atividades de Manutenção, embora nas manobras operacionais, haja um número representativo de falhas humanas. O gráfico 2 ratifica a maior incidência das Falhas Humanas de Manutenção a cada ano analisado.

Em 81% destas Falhas Humanas de Manutenção, os envolvidos são funcionários próprios; 19% são funcionários de empresas contratadas. Os tipos verificados foram violação com 38%, equívoco com 35% e deslize com 27%, conforme gráfico 3. A Falha Humana de Manutenção do tipo violação assim foi considerada quando o profissional envolvido tem conhecimento suficiente sobre a atividade e devido a falha em planejamento, não utilização de procedimento, não utilização dos diagramas elétricos antes do serviço, dentre outros motivos, provoca a falha.

Em relação às Falhas Humanas de Operação, 76% delas são provocadas por manobras comandadas na própria subestação e as demais, são manobras realizadas a partir do Centro de Operação do Sistema (COS), localizado no edifício Sede da Coelba, através de comandos remotos.

No gráfico 4, tem-se os tipos de Falha Humana de Operação. Constata-se que deslize e equívoco, com valores iguais a 40 e 33%, respectivamente, foram as de maiores incidências e violação representou 27% destas falhas. Estas falhas do tipo violação ocorreram principalmente durante manobra de cargas através de seccionadores e durante situações em que ocorreu sobrecarga em circuitos.

FALHAS EM SUBESTAÇÕES 1999 a 2005

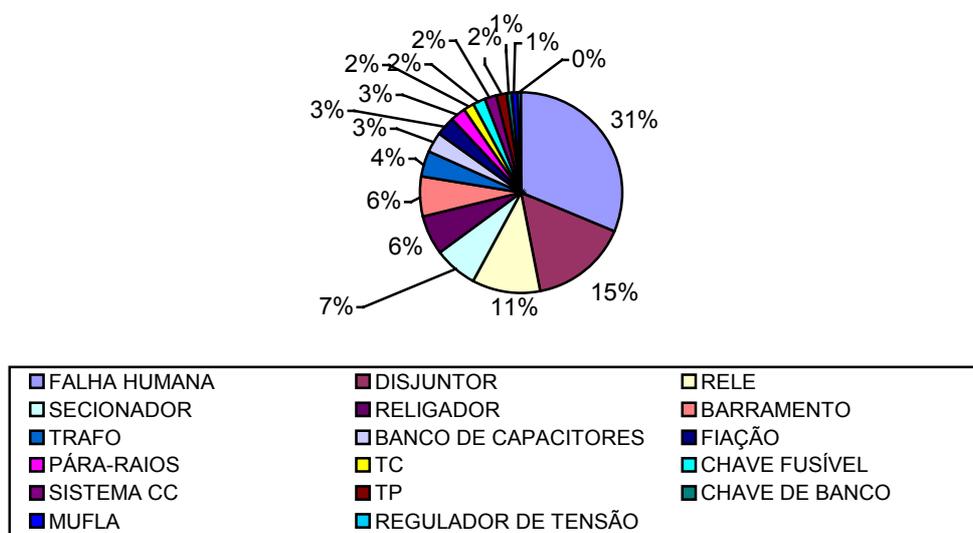


Gráfico 1

Quanto à programação, 55% das falhas humanas de operação foram em atividades programadas e 45% foram em atividades não programadas.

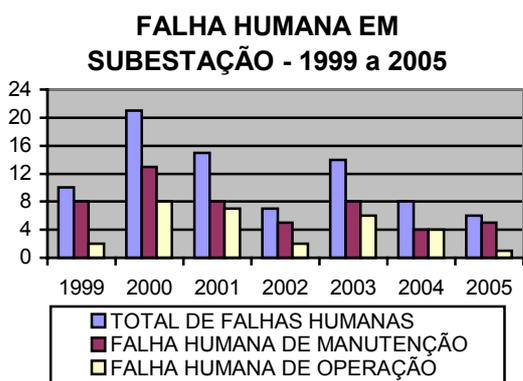


Gráfico 02

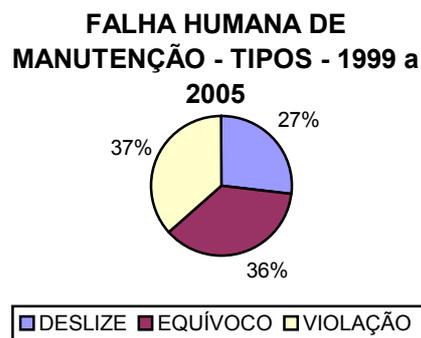


Gráfico 03

Considerando as falhas humanas de Manutenção e Operação, o principal problema é equívoco, tipo existente em 35% das falhas. Violação e deslize também estão fortemente presentes entre os tipos destas falhas, conforme gráfico 5.

O gráfico 6 mostra que as Falhas Humanas ocorrem mais na área da manutenção da proteção e controle com 51%. Falha Humana nas manobras vem em seguida com 35% e na manutenção de equipamentos ocorreu 14% das Falhas Humanas verificadas entre 1999 e 2005.

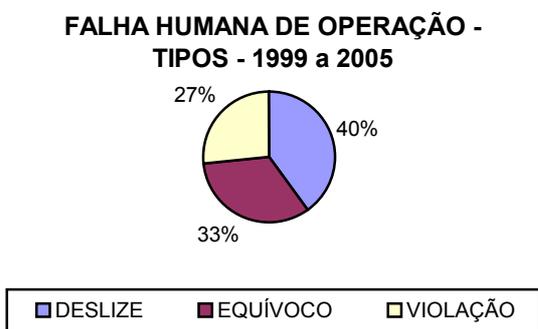


Gráfico 4

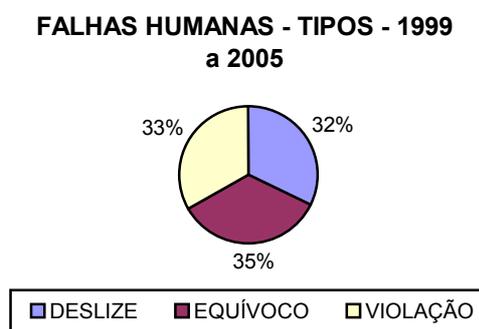


Gráfico 5



Gráfico 6

4.3- Análise estatística das falhas

Conforme gráfico 5, as Falhas Humanas dos tipos equívoco (35%), violação (33%) e deslize (32%), ocorreram de tal forma que não permite destacar apenas um tipo. Isto ocorre porque se na Manutenção

de subestações, conforme gráfico 3, ocorreram mais equívoco e violação, na operação houve mais do tipo deslize.

Em dezenove falhas por violação que ocorreram na Manutenção, correspondente a 37% do total, sete foram em atividades de implantação de automação em subestações, realizadas por pessoal próprio e pessoal de empreiteira; sete foram durante testes de proteção, sendo seis programados e um não programado; duas foram devido fiação de proteção desconectada; uma devido a instalação de relé danificado (sem verificação prévia do mesmo) e uma devido contato em barramento energizado, durante serviço em subestação blindada a SF6, executado pelo fabricante da mesma. Este quadro mostra que o planejamento adequado das atividades de manutenção pode favorecer a redução das Falhas Humanas de Manutenção de forma significativa, pois verificações prévias ou ao final dos serviços poderiam evitar a ocorrências destas falhas.

O tipo equívoco, existente em 37% das Falhas Humanas de Manutenção, mostra que, apesar dos treinamentos freqüentes existentes na empresa, muitas informações não estão para todos os envolvidos. Análise das ocorrências com esta causa apontada indica:

- Sistemas específicos, com poucos profissionais conhecendo-os, favorecendo a ocorrências de falhas por equívoco (verificado quatro vezes);
- Projeto inadequado de algumas subestações, diferente da maioria, favorecendo falhas humanas. Foi o caso de ocorrência numa subestação onde normalmente operam dois transformadores em paralelo, porém, com o circuito de proteção configurado para desligar toda a subestação em caso de falha em um dos transformadores. Assim, intervenção em um dos transformadores nesta subestação precisa ser criteriosamente analisada e programada para evitar desligamento de toda a subestação.

O deslize, representante de 26% das Falhas Humanas de Manutenção, está relacionado a:

- Graduação indevida de relés de proteção;
- Conexão errada de fiações, provocando desligamentos no mesmo instante ou posteriormente;
- Trips indevidos durante normalizações ou testes de circuitos;
- Atuação indevida em um relé durante teste em outro próximo;
- Esquecimento de aterramento após manutenção.

As Falhas Humanas de Manutenção com empresas contratadas foram devido a:

Atuação da empreiteira durante a automação de subestações (seis ocorrências);

- Serviço de linha viva (duas ocorrências);
- Serviço de correção de vazamento de óleo em trafo;
- Serviço de fabricante em subestação blindada a SF6 (uma ocorrência).

As Falhas Humanas de Operação são também fortemente influenciadas pelo projeto da subestação. Algumas subestações da Grande Salvador, por exemplo, operam com transformadores em paralelo e não possuem disjuntor individual por transformador. Isto aumenta o risco de uma manobra de liberação deste equipamento, já que a desenergização ou energização do mesmo sem corte de carga será apenas através de seccionadores, equipamentos inadequados para abrir circuito com carga, embora isto seja uma prática adotada por diversas empresas, através de procedimento específico. No histórico em estudo, houve cinco falhas provocadas por abertura de seccionadores com carga que acabou provocando desligamento da subestação devido arco elétrico excessivo que foi gerado. A operação através de um disjuntor, ao invés de seccionador, certamente evitaria algumas destas falhas.

Falha humana de operação do tipo equívoco, com 33%, ocorreram pelos motivos abaixo:

- Tentativa de atualizar sinalização do estado de operação (se aberto ou fechado) de um seccionador, via comando no Centro de Operação, provocou abertura deste seccionador e atuação de proteção. Para a subestação envolvida isto não poderia ser feito desta forma, como é feito com a maioria das subestações;

- Tentativa de normalizar subestação remotamente, com evidências de problema permanente, antes de inspeção prévia no local;
- Manobra de normalização de disjuntor que estava em manutenção, com falha em um de seus passos;
- Desligamento de disjuntor auxiliar de disjuntor de alta tensão, responsável por circuito elétrico essencial deste equipamento (provocou três desligamentos em três subestações);
- Desconhecimento de operação mecânica de disjuntor de alta tensão;
- Interpretação equivocada de diagrama unifilar de proteção (provocou três desligamentos de subestação).

Deslize correspondeu a 40% das Falhas Humanas de Operação e ocorreram devido a:

- Equipamento mantido sem uma das proteções elétricas, apesar da sinalização;
- Manobra do seccionador errado (quatro vezes);
- Não inserção do disjuntor de alta tensão totalmente;
- Não verificação da subestação totalmente durante falha em um dos alimentadores, deixando parte da subestação desligada;
- Durante manobra de transferência de disjuntor para teste de alimentador, esqueceu-se de mudar posição de uma chave de comando;
- Abertura de seccionador antes de verificar estado de operação de disjuntor, provocando atuação de proteção devido arco elétrico excessivo (duas vezes).

Violação representou 27% das Falhas Humanas de Operação. Ocorreram pelos motivos a seguir:

- Em subestação com dois transformadores houve desligamento por atuação de proteção de um deles, tendo saído o segundo por sobrecarga. Não foi providenciado restrição de carga;
- Transferido subestação para um outro circuito que não estava preparado para isto provocou desligamento da subestação por sobrecarga no circuito substituto;
- Problema detectado e não corrigido provocou desligamento de subestação durante manobra;
- Procedimento seguido durante normalização de linha de transmissão que estava entregue à Manutenção provocou atuação de proteção porque havia uma outra em Manutenção e um dos itens deste procedimento só poderia ser executado ao final do serviço na segunda linha;
- Houve atuação de proteção durante manobra com seccionador de transformador em subestação que possui dois transformadores em paralelo e sem disjuntor individual por transformador (duas vezes).

As Falhas Humanas de Operação verificadas estão muito relacionadas à atenção com que o operador executa (observar o tagueamento envolvido, o completo fechamento ou abertura de seccionador, a completa inserção do disjuntor, a seqüência completa da manobra, etc) e ao conhecimento ou a atualização das informações necessárias para o serviço. O percentual elevado de Falhas Humanas de Operação por deslize e por equívoco confirma isto.

5- PREVENÇÃO DE FALHA HUMANA ADOTADA NA COELBA

Conforme já citado, a análise sistemática das falhas em subestações que vem sendo feita anualmente, constatando que Falha Humana é o principal problema, levou o Departamento de Manutenção, juntamente com outros envolvidos (Operação e Automação), a definir ações visando a diminuição deste tipo de falha.

A principal destas ações foi a alteração do procedimento operacional de intervenção em subestações (COELBA, 2004), atacando desta forma a Falha Humana de Manutenção totalmente e a grande parte das Falhas Humanas de Operação. Foi incluído no mesmo a necessidade de uso de um check-list (tabela 4), a ser utilizado antes de intervenções em subestações, onde o responsável pela intervenção define, a partir do check-list, medidas preventivas para evitar desligamento da subestação por falha

humana. Ataca principalmente a Falha Humana na área de proteção e controle, apontada no gráfico 6 como a que tem mais registro de Falha Humana.

Tabela 4 – Check-list para intervenções em subestações

SUPLEMENTO N.º	PMS N.º	SI N.º	DATA DE EXECUÇÃO			
DESCRIÇÃO DO SERVIÇO:						
DURANTE A INTERVENÇÃO				SIM	NÃO	NA
Não usar objetos pessoais que causem risco;						
Equipe usar epi / epc;						
Isolar e sinalizar a área de trabalho, evitando inclusive, a atuação de componentes de outros sistemas;						
Detalhar minuciosamente, a todos os componentes da equipe, todas as características e passos da intervenção (planilha, desenho, descritivo, etc);						
Confirmar o código de operação dos equipamentos a serem manobrados, conforme roteiro escrito passado pelo pré-despacho;						
Confirmar a adequabilidade dos parâmetros da ordem de graduação - OG às características do circuito;						
Abrir chaves;						
Possibilitar corte visível;						
Abrir e isolar disjuntores;						
Aplicar detector de tensão;						
Efetuar aterramento no circuito de potência a ser trabalhado;						
Colocar na posição "local" os relé(s) do(s) equipamento(s) a serem mantidos;						
Identificar componentes que não serão trabalhados e que estão próximos ao local de serviço;						
Desconectar fios de bobina de abertura de disjuntor ou de relé de bloqueio;						
Desligar 125vcc, se necessário. analisar conseqüências;						
Desativar proteções necessárias;						
Operar disjuntores ou chaves de alimentação de comando. analisar conseqüências;						
Verificar existência de dispositivos que podem causar desligamento;						
Bloquear trips;						
Curto-circuitar secundário de tes;						
Abrir chaves de aferição / medição;						
Abrir e isolar secundário dos tps;						
Desativar religamento;						
Em caso de substituição de relés e/ou equipamentos, confirmar a configuração adequada;						
Medir tensão antes de conectar condutores desconectados durante o serviço;						
APÓS A INTERVENÇÃO						
Confirmar ordem de graduação implantada;						
Desconectar aterramentos efetuados para o serviço;						
Remover do local fios e cabos utilizados e desnecessários;						
Desbloquear trips;						
Normalizar equipamentos;						
Normalizar sinalizações dos relés;						
Reconectar fios que foram desconectados durante o serviço;						
Verificar se a comunicação e telecontrole do equipamento estão normais;						
Recolher ferramentas, instrumentos e documentação utilizados;						
Efetuar limpeza do local trabalhado;						
TÉCNICO RESPONSÁVEL			REGISTRO			
COORDENADOR			REGISTRO			

Este check-list traz várias ações de defesa para serviços típicos em subestação que mais provocam Falhas Humanas. Assim, se, por exemplo, uma equipe de manutenção necessita verificar o circuito elétrico de abertura de um disjuntor de alta tensão que está fechado e alimentando cargas, o

responsável pelo serviço será alertado no check-list da necessidade de desconectar fiação da bobina de abertura do disjuntor para evitar a abertura do mesmo e a interrupção no fornecimento de energia para alguns clientes. Ele marcará a execução desta ação no início do serviço e deverá marcar a normalização desta fiação ao final do serviço. Embora utilizando o princípio das linhas de defesa dos trabalhos de FIGUEIRÔA e LIMA, estas ações de defesa não se restringem às indicadas na tabela 2, item 3.3.1 por estarem relacionadas com um serviço que será executado de imediato e não com a melhoria de um procedimento, como sugerido pela AFHAM.

A principal vantagem desta técnica em relação a definida por LIMA (item 3.3) é que a mesma independe se existe procedimento formal ou não. Serviços sem procedimentos formais não são aplicáveis através da AFHAM.

Parte representativa dos serviços necessários em uma subestação precisam de procedimentos, visando a qualidade do serviço e a segurança das pessoas e da instalação. Ocorre, porém, que há serviços onde um procedimento formal não é aplicável. Defeitos em circuitos elétricos, com diversas causas e locais possíveis, são exemplos de atividades onde um procedimento formal seria inviável.

Outro problema refere-se ao aspecto cultural dos profissionais de manutenção.

Serviços mais rotineiros, ainda que existam procedimentos, raramente são seguidos pelos profissionais. Esta é uma prática observável em diversas empresas, particularmente, em serviços mais básicos (por exemplo, troca de rolamentos em motores elétricos e calibração de relés de sobrecorrente eletromecânicos).

Para cada tipo de atividade, existe um método adequado de prevenção. Soluções genéricas são ineficazes na prevenção de Falha Humana. Existe uma crença induzida pelo movimento da qualidade total de que a existência de procedimentos por si só melhora a qualidade de produtos ou serviços, porém, este nem sempre é o caso.

A adoção de procedimentos escritos se aplica à atividade onde o modo de interação do operador com o ambiente é semiconsciente. A exemplo do que ocorre com os procedimentos, a aplicação de treinamento ao operador depende da natureza da atividade: atividades conscientes exigem treinamentos que enfatizem os princípios que as regem; por outro lado, atividades automáticas exigem treinamentos que provocam aumento da habilidade do operador (LAFRAIA, 2001).

Outras ações estão relacionadas à conscientização e reciclagem dos profissionais. Para isto, em reuniões com todos os profissionais do setor, é enfatizada a importância de:

- Trazer o texto escrito da manobra para o local onde vai executá-la;
- Seguir a norma de comunicação com o Centro de Operação durante a liberação do serviço;
- Consultar previamente os diagramas elétricos relacionados ao serviço;
- Sempre confirmar o tag do equipamento antes de realizar a manobra.

Além disso, assim como é feito para outros tipos de falhas, para toda Falha Humana é gerado um relatório de ocorrência, elaborado com o profissional envolvido e seu coordenador, buscando levantar as causas e difundir com o grupo para que a mesma não mais ocorra.

A partir de 2004, primeiro ano de efetivo combate à Falha Humana, têm-se boas perspectivas quanto a diminuição deste tipo de falha. O gráfico 2 mostra que 2004 foi o ano com menor número de Falhas Humanas na Manutenção, no período analisado de 1999 a 2004. O ano de 2005 foi o que ocorreu menor número de falhas humanas, considerando o total de operação e manutenção.

O próprio gráfico mostra também que há muito a ser feito. Falhas Humanas de Operação tiveram mais ocorrência em 2004 que nos anos de 1999 e 2002. Já em 2005, ocorreram mais falhas humanas de manutenção que em 2004 e o mesmo número de 2002. Ao contrário dos anos anteriores, a Falha Humana de Operação em 2004 ocorreu mais no Centro de Operações e não em subestação. Das 4 falhas de operação verificadas, três foram em Centro de Operação (sendo uma deslize e duas violação) e uma foi em subestação (deslize).

6- ANÁLISE DOS RESULTADOS

A falta de um adequado planejamento e programação de serviços tem influenciado de forma significativa a ocorrência de Falhas Humanas de Manutenção. As diversas falhas do tipo violação e as circunstâncias em que a maioria delas ocorre são diretamente influenciadas pela falta de um planejamento adequado.

As falhas por equívoco estão muito associadas a particularidades de relés e circuitos de proteção, tanto em Manutenção quanto na Operação. Polarização errada nos relés de proteção, chave de transferência de proteção em posição inadequada, reinstalação de relé com trip ativado foram algumas destas falhas verificadas. Conclui-se que é necessário o estabelecimento de linhas de defesa para se precaver contra determinadas especificidades. As subestações foram construídas em momentos tecnologicamente distintos, provocando diversas diferenças entre as subestações. Estas linhas de defesa podem ser estabelecidas em procedimentos específicos por subestação que atingiriam dois objetivos: criaria-se um acervo técnico e um plano de combate a Falha Humana por subestação.

As Falhas Humanas por deslize são as de tratamento mais complicado já que as mesmas estão associadas a fatores intrínsecos do ser humano. Evitar que o ser humano esqueça um item da tarefa ou não troque o equipamento a ser manobrado não são das atividades mais simples. Os remédios para os deslizes envolvem dois enfoques (LAFRAIA, 2001):

- Tornar mais fácil para os seres humanos prestarem mais atenção;
- Reduzir a extensão da dependência humana.

No primeiro caso, pode-se incluir uma melhor identificação dos equipamentos. Sinalização clara e sem ambigüidades dos equipamentos é uma das maneiras mais simples de reduzir a ocorrência de Falhas Humanas (LORENZO, 2001).

No segundo caso tem-se a automação das subestações que provoca menos interferência humana nas mesmas.

A técnica como a de LIMA, abordada no item 3.3, tem aplicação restrita em situações como esta de Manutenção e Operação de subestações. O pré-requisito obrigatório de se ter um procedimento é o principal inconveniente, mas não é o único. O longo tempo envolvido no uso desta técnica é outro ponto negativo.

Outro aspecto a se comentar é a necessidade de maior praticidade nas empresas. A prevenção contra Falhas Humanas tem que ser uma ação contínua. Para isto, ela tem que ser prática e de fácil aplicação, algo que não pode ser afirmado sobre a AFHAM.

Por outro lado, o uso da técnica indicada no item 5, desenvolvido na Coelba, tem melhorado e pode melhorar ainda mais a prevenção contra Falhas Humanas. Uma forma de aperfeiçoar esta técnica é reforçar a necessidade de se estabelecer linhas de defesas, conforme item 3.3.1.

7- CONCLUSÕES

Com os limites lógicos que equações econômicas impõem à gestão das empresas, dificultando, por exemplo, a renovação dos equipamentos das subestações, melhorar o desempenho destes sistemas elétricos através da redução das Falhas Humanas é algo relativamente fácil e barato. Após estudo detalhado como o aqui realizado onde é pormenorizado os tipos mais freqüentes, as principais causas, as circunstâncias em que ocorrem, dentre outros detalhes, medidas de baixo valor econômico podem trazer grandes retornos técnicos.

O presente trabalho demonstrou que o principal problema na Manutenção e Operação de subestações da Coelba, localizadas na Região Metropolitana de Salvador, a Falha Humana, pode ser atacado com uma série de medidas, centradas principalmente na organização do trabalho executado em subestações. O planejamento adequado das atividades, o cumprimento do procedimento de intervenções em

subestações, com o uso do check-list, melhor identificação dos equipamentos, são algumas destas medidas.

Destacou também que uma técnica de prevenção contra Falha Humana, nos moldes existentes na literatura específica e aqui relatada, é importante, mas não resolve isoladamente este problema. Isto ocorre principalmente devido a pouca praticidade em aplicá-la na rotina diária de uma empresa. É um tipo de técnica a ser utilizada na elaboração e reavaliação de procedimentos técnicos. Se a atividade a ser desenvolvida não possuir procedimento (algo possível para diversas tarefas em subestações), este tipo de técnica não é aplicável.

As discussões sobre Falha Humana ainda estão isoladas no interior das empresas. Isto talvez seja uma consequência do tratamento equivocado que historicamente algumas empresas vem dando ao assunto, envolvendo muito o aspecto disciplinar em relação aos funcionários envolvidos. Neste enfoque, trazer esta discussão para o exterior da empresa pode prejudicar a imagem da mesma.

Por mais que se evolua, por mais que os equipamentos fiquem tecnologicamente desenvolvidos, o ser humano estará sempre presente. Harmonizar esta relação homem - máquina, de forma que o primeiro não seja um problema na gestão de falhas dos sistemas constitui objetivo de todos os profissionais que de uma forma ou de outra, se deparam com este tipo problema.

8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PEDRASSANI, EDSON LUIS; Método para registro, análise e controle de Falhas Humanas na Manutenção de Centrais Hidrelétricas. XVI SNTPEE, anais do 16º Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia, Campinas, CIGREE, 2001.

ZIMMERMANN, P. Furnas e Light são multadas em R\$ 15 mi por apagões no RJ. Folha Online, 25/01/2001. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/dinheiro/ult91u13879.shl>.

SCHWEITZER BRASIL; Blackouts: Sintomas e remédios de prevenção. Mensagem pessoal enviada para o autor. 30 de agosto de 2003.

SILVA, SÉRGIO E. L. E; Descentralização da Manutenção de Subestações da Coelba. I CMM, Anais do 1º Congresso Mundial da Manutenção, Salvador: ABRAMAN, 2002, publicado em CD-ROM.

FIGUEIRÔA FILHO, C.L.S; As Falhas Humanas na Manutenção. Tópicos Especiais em Manutenção. Notas de aulas do curso Gestão em Manutenção, UNIFACS, Salvador, 2004.

FIGUEIRÔA FILHO, C.L.S; Um Método para Avaliação de Falhas Humanas na Manutenção de Aeronaves, Dissertação de Mestrado, Engenharia de Produção, UFBA, Outubro 1999.

LAFRAIA, JOÃO RICARDO B. Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade. Rio de Janeiro, Qualitymark, 2001.

LIMA, MARCELO CURY E; Análise do Potencial de Falhas Humanas em Atividades de Manutenção. Dissertação de Mestrado, Engenharia de Produção, UFF, Junho 2002.

LORENZO, D. K. API 770. USA, 2001.

REASON, J. T. Human Error, Cambridge University Press, New York, 1990.

COELBA, OTS 01.03 Procedimento para intervenção em subestação, 2ª edição, 2004.