

## Mapeamento de falhas em concessionária do setor elétrico: padronização, diagramação e parametrização

Liliane Dolores Fagundes (UNIFEI) [liliane@unifei.edu.br](mailto:liliane@unifei.edu.br)  
Dagoberto Alves de Almeida (UNIFEI) [dagoberto@unifei.edu.br](mailto:dagoberto@unifei.edu.br)

### Resumo

*Este artigo apresenta o trabalho realizado para gestão de falhas em uma distribuidora de energia elétrica, a Bandeirante Energia S.A. É visível a importância da gestão da manutenção neste setor, uma vez que a ocorrência de falhas pode representar grandes perdas econômicas e humanas, o que pode comprometer significativamente a imagem institucional das empresas. Foram utilizadas conjuntamente algumas ferramentas da Engenharia de Produção (Brainstorming, Diagrama Sistemático, Diagrama de Afinidades) para padronizar, diagramar e posteriormente parametrizar as principais falhas da concessionária em questão. A metodologia apresentada visa aumentar a excelência operacional no processo de gestão das falhas.*

*Palavras-chave: Mapeamento de falhas, Diagrama sistemático, Diagrama de afinidades.*

### 1. Introdução

As organizações almejam continuamente a redução e eliminação das falhas que estão inerentes aos seus produtos e serviços (SLACK *et al*, 1997). Com as empresas de distribuição de energia elétrica não poderia ser diferente. No entanto, no caso de tais empresas, a eliminação de falhas além de estar ligada com a busca da vantagem competitiva, envolve também o atendimento de padrões estabelecidos pelo órgão regulador ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) e a necessidade de se evitar algumas falhas cuja peculiaridade não é comum à outras empresas. Por exemplo, a descontinuidade no fornecimento de energia elétrica para um hospital ou para a residência de um indivíduo que utilize aparelho sobre-vida, é o tipo de falha que não pode ocorrer, pois sua ocorrência implica em efeitos catastróficos.

Devido à necessidade de se garantir a disponibilidade dos recursos energéticos continuamente, as empresas deste setor têm ampliado o uso de novas tecnologias e técnicas. Ou seja, as empresas têm dedicado especial atenção à Gestão da Manutenção com a finalidade de diminuir a probabilidade de ocorrência de falhas, ou pelo menos, ameniza-las e evitar a reincidência das mesmas. Uma vez que a continuidade do fornecimento de energia elétrica é crítica, a indisponibilidade operativa pode representar, em termos de custos, muitas vezes mais do que o que custaria reparar a própria falha (NUNES, 2001).

A necessidade cada vez maior em melhorar a qualidade de produtos e serviços e a satisfação dos clientes tem popularizado vários métodos e técnicas. Estas ferramentas têm como objetivo melhorar a confiabilidade de produtos ou processos, ou seja, aumentar a probabilidade de um item desempenhar sua função sem falhas. Dentro deste contexto algumas técnicas e ferramentas da Engenharia de Produção podem ser utilizadas conjuntamente para registrar, detalhar e conseqüentemente evitar a reincidência de falhas (HELMAN AND ANDREY, 1995). É exatamente isto que ocorre no presente trabalho: utilizamos conjuntamente algumas ferramentas da Engenharia de Produção (*Brainstorming*, Diagrama Sistemático, Diagrama de Afinidades) para padronizar, diagramar e posteriormente parametrizar as principais falhas da concessionária Bandeirante Energia S.A.

A utilização das ferramentas apresentadas neste trabalho visa aumentar a excelência operacional no processo de gestão das falhas que são responsáveis por redução da

produtividade do sistema. Dentro deste contexto, os principais objetivos a serem alcançados na empresa, com a aplicação da metodologia a ser apresentada neste trabalho, são:

- Possibilitar adequada atuação gerencial através do estudo das causas que, de fato, provocam um determinado problema. Ou seja, através de conhecimentos mais precisos é possível administrar adequadamente os recursos da empresa, tanto técnicos quanto materiais, e desta forma aumentar a vantagem competitiva neste ambiente concorrencial, após a privatização das empresas do setor elétrico.
- Minimizar perdas financeiras devido à carga interrompida: a perda financeira mencionada aqui não significa apenas o que a empresa deixa de ganhar quando a carga é interrompida para determinada região. Apesar desta perda ser enorme, ela é ínfima quando comparada com processos judiciais que empresas podem mover quando esta descontinuidade prejudica a produção industrial, ou em casos ainda piores, que são aqueles em que a descontinuidade no fornecimento de energia elétrica pode provocar a morte de uma pessoa.
- Aumentar a satisfação do consumidor: quanto maior o conhecimento das falhas, menor a chance de haver reincidência das mesmas e isto terá influência positiva na satisfação dos consumidores. A ANEEL tem um índice especial para avaliar a satisfação dos consumidores em relação aos serviços prestados pela sua concessionária. Este índice é denominado IASC (Índice ANEEL de Satisfação do Consumidor).
- Atendimento mais eficaz às normas do agente regulador (ANEEL): a ANEEL estabeleceu alguns indicadores que as empresas devem respeitar e continuamente melhorar seus valores. Dentre estes indicadores os mais conhecidos são o DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e o FEC (Frequência Equivalente por Unidade Consumidora). Com o estudo das falhas que afetam o sistema de distribuição, a concessionária consegue reduzir os valores do tempo médio de interrupção e da quantidade de interrupções em determinado período e este fato auxilia na melhoria de tais indicadores.

Para o desenvolvimento do estudo, contou-se com o auxílio de especialistas que trabalham na empresa Bandeirante Energia S.A, assim como de acadêmicos da área de Engenharia Elétrica e da Engenharia de Produção. Através de debates e entrevistas tornou-se possível a padronização das falhas, a diagramação e a parametrização das mesmas.

A primeira parte do trabalho apresenta algumas considerações sobre a qualidade na distribuição de energia elétrica existentes atualmente no Brasil. A seguir, são apresentados alguns conceitos e instrumentos para a análise de falhas, segundo o atual estado da arte. Dentro deste contexto são apresentadas as ferramentas utilizadas no trabalho. Finalmente, na última etapa, é mostrada a metodologia desenvolvida para a gestão de falhas na Bandeirante Energia e a aplicação desta metodologia.

## **2. Considerações sobre a qualidade na distribuição de energia elétrica**

Devido ao fato da energia ser um recurso básico ao desenvolvimento, a distribuição de energia elétrica tornou-se um dos serviços de maior importância para a população. Esta enorme importância exige muita responsabilidade e monitoramento de todos tipos de detalhes, para que a qualidade do serviço não seja afetada.

A ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) tem como finalidade regular a prestação dos serviços de energia elétrica no Brasil, expedindo os atos necessários ao cumprimento das normas estabelecidas pela legislação em vigor, estimulando a melhoria dos serviços, zelando pela sua boa qualidade e observando os princípios de proteção e defesa do consumidor (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2004). Para monitorar a qualidade da distribuição de energia elétrica, vinculada ao princípio da continuidade, foram estabelecidos

os indicadores citados na resolução nº 24, de 27 de janeiro de 2000 da ANEEL. Os indicadores de continuidade estão divididos em indicadores de continuidade de conjunto (DEC e FEC) e indicadores de continuidade individuais (DIC, FIC, DMIC), que estão explicados à seguir, segundo a Resolução nº 24 (2000):

– Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC): Intervalo de tempo que, em média, no período de observação, em cada unidade consumidora do conjunto considerado ocorreu descontinuidade da distribuição de energia elétrica.

– Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC): Número de interrupções ocorridas, em média, no período de observação, em cada unidade consumidora do conjunto considerado.

– Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora (DIC): Intervalo de tempo que, no período de observação, em cada unidade consumidora ocorreu descontinuidade da distribuição de energia elétrica.

– Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora (DMIC): Tempo máximo de interrupção contínua, da distribuição de energia elétrica, para uma unidade consumidora qualquer.

– Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora (FIC): Número de interrupções ocorridas, no período de observação, em cada unidade consumidora.

Além dos índices de continuidade existem também outros, como os citados na Resolução nº 505, de 26 de novembro de 2001, que têm por finalidade monitorar a conformidade dos níveis de tensão de energia elétrica em regime permanente. Estes indicadores também se dividem em indicadores individuais (DRC e DRP) e indicador coletivo (ICC), explicados cada um a seguir, de acordo com a Resolução nº 505 (2001):

– Duração Relativa da Transgressão de Tensão Crítica (DRC): indicador referente à duração relativa das leituras de tensão, nas faixas de tensões críticas, no período de observação definido, expresso em percentual.

– Duração Relativa da Transgressão de Tensão Precária (DRP): indicador referente à duração relativa das leituras de tensão, nas faixas de tensões precárias, no período de observação definido, também expresso em percentual.

– Índice de Unidades Consumidoras com Tensão Crítica (ICC): percentual da amostra com transgressão de tensão crítica.

Como pode ser percebido através dos índices apresentados, a ANEEL exerce um controle extremamente rigoroso sobre as concessionárias. Este controle tem por objetivo garantir a qualidade da energia, ou seja, incentiva as distribuidoras de energia a evitarem ao máximo a ocorrência de falhas. Segundo o Comitê de Distribuição (1982), falha em sistemas de distribuição é todo evento que produz a perda de capacidade de um componente ou sistema desempenhar sua função, levando-os à condição de operação inadmissível. Dentre as falhas no fornecimento de energia elétrica, a interrupção apresenta alta gravidade e influencia negativamente os índices de continuidade. De acordo com a Resolução nº 24 (2000), a interrupção pode ser definida como a descontinuidade do neutro ou da tensão disponível em qualquer uma das fases de um circuito elétrico que atende a unidade consumidora. A mesma resolução classifica as interrupções em três tipos:

– Interrupção de Longa Duração: toda interrupção do sistema elétrico com duração maior ou igual a um minuto.

– Interrupção Programada: Interrupção antecedida de aviso prévio, por tempo preestabelecido, para fins de intervenção no sistema elétrico da concessionária.

– Interrupção de Urgência: Interrupção deliberada no sistema elétrico da concessionária, sem possibilidade de programação e caracterizada pela urgência na execução de serviços.

### 3. Análise de Falhas

Qualquer tipo de serviço, incluindo a distribuição de energia elétrica, pode conter falhas durante sua prestação. No entanto, falhas mais graves como a interrupção, podem gerar grandes prejuízos, cuja peculiaridade não é comum a outros tipos de prestações de serviços. O prejuízo aqui mencionado não significa apenas a quantidade de dinheiro que a distribuidora deixa de receber quando a carga é interrompida. A falha pode atingir grandes proporções se afetar indústrias que tenham sua produção comprometida e que possam mover processos judiciais, implicando em penalizações financeiras contra a concessionária. Piores ainda são os casos em que as interrupções no fornecimento de energia possam afetar a vida humana, por exemplo, se a energia for interrompida para um hospital ou para a residência de um indivíduo que utilize um aparelho de sobre-vida, como um pulmão artificial. Logo, a análise das falhas em empresas do setor elétrico é fundamental, principalmente pelos aspectos de se evitar a reincidência das mesmas e para garantir a confiabilidade do sistema, garantindo à população um serviço essencial à qualidade de vida.

Rausand and Oien (1996) definem alguns conceitos que são fundamentais no estudo de falhas. Segundo os autores, falha significa o fim da habilidade de um item executar uma função exigida. Já a maneira como podemos observar o defeito, ou seja, a descrição de um defeito, recebe o nome de modos de falha. São denominadas causas de falhas as circunstâncias durante o projeto, fabricação ou uso que levarão a uma falha. Depois de apresentarem os conceitos, Rausand and Oien (1996), finalizam: “A causa de falhas é um pedaço de informação necessário para evitar as falhas ou a recorrência das mesmas.” O presente trabalho segue exatamente este raciocínio; para cada falha apresentada vai rastrear as causas que realmente a provocaram, com a finalidade de agir diretamente nestas causas para que elas tornem-se incapazes de desencadear o processo gerador da falha.

Os responsáveis envolvidos com a produção, de acordo com Slack *et al.* (1997), têm basicamente três conjuntos de atividades relacionadas com falhas: compreensão de quais falhas estão ocorrendo e porquê (etapa de detecção); análise das formas de reduzir a probabilidade de falhas ou minimizar as conseqüências das mesmas (etapa de análise de falhas); elaboração de procedimentos que auxiliem na recuperação das falhas quando elas ocorrem. Este trabalho envolve estes três conjuntos de atividades como será mostrado posteriormente.

### 4. Diagrama de Árvore e Diagrama de Afinidades

A grande quantidade de variáveis envolvidas na prestação de serviços gera situações confusas em função do grande número de informações a serem administradas. As ferramentas da administração, especialmente o Diagrama em Árvore, o Diagrama de Afinidades e a Matriz de Priorização auxiliam bastante o processo de aperfeiçoamento contínuo da qualidade do serviço prestado, esclarecendo situações confusas e/ou complexas. (VELHO, 1995)

Neste estudo, duas das sete novas ferramentas da qualidade, são utilizadas. Estas sete novas ferramentas da qualidade, de acordo com Mizuno (1993), representam um conjunto de ferramentas gerenciais da qualidade e são as seguintes: Diagrama de Afinidades; Diagrama de Árvore; Diagrama de Relação; Diagrama de Matriz; Diagrama de Matriz de Dados; Tabela do Programa do Processo de Decisão (PDPC) e Cronograma.

A primeira ferramenta utilizada é o Diagrama de Afinidades. Segundo Werkema (1995), o Diagrama de Afinidades utiliza as similaridades entre dados não numéricos para facilitar o entendimento, de forma sistemática, da estrutura de um problema. Esta ferramenta é utilizada para: mostrar a direção adequada a ser seguida em um processo de solução de problemas; organizar as informações disponíveis para a solução de um problema e organizar as idéias provenientes de alguma avaliação. Geralmente o Diagrama de Afinidades é empregado nas sessões de “*Brainstorming*” realizadas nos trabalhos em grupo.

O Diagrama de Afinidades é uma ferramenta que requer mais criatividade do que lógica. Em geral, busca reunir grandes quantidades de dados de comunicação (idéias, relatórios, opiniões) e organizá-los em grupos baseados na relação natural entre os mesmos. Em outras palavras, é uma forma de *Brainstorming*. (MATTOS, 1998).

Velho (1995) cita de forma resumida e simplificada que o Diagrama de Afinidades é uma ferramenta utilizada para esclarecer problemas ou situações importantes onde o estado inicial é confuso, desordenado ou inexplorado.

Já o Diagrama de Árvores (também chamado de Diagrama Sistemático ou Dendrograma) é empregado na definição da estratégia para a solução de um problema e na elucidação da essência (ponto principal) de uma área a ser aprimorada. (WERKEMA, 1995). O Diagrama Sistemático representa acontecimentos na forma de uma árvore e seus galhos.

O Diagrama Sistemático expõe os meios necessários para alcançar metas e objetivos específicos, esclarece a essência do problema tornando visível a questão, em busca dos meios mais adequados para atingir os objetivos. Este método é eficiente para esclarecer os pontos-chave nas atividades de Círculo de Qualidade e desenvolver métodos eficazes de melhoria, além de permitir às pessoas envolvidas no negócio treinarem o pensamento em termos de meios e objetivos. Envolvidos em suas atividades profissionais diárias, é muitas vezes difícil para estas pessoas terem noções claras dos meios e objetivos. O Diagrama Sistemático diminui esta dificuldade. (MIZUNO, 1995).

O Diagrama Sistemático é usado para mapear sistematicamente toda a série de atividades que devem ser realizadas para atingir um objetivo almejado. De acordo com Mattos (1998), tem sido considerado de grande utilidade em situações quando:

- Necessidades muito mal definidas devem ser traduzidas em características operacionais e é necessário identificar as características que podem ser controladas de imediato.
- As possíveis causas de um problema precisam ser exploradas. Esse uso é muito semelhante ao Diagrama de Causa Efeito ou Gráfico de Espinha de Peixe.
- Identificar a primeira tarefa que deve ser realizada quando se tem em mira um amplo objetivo da organização.
- O assunto em foco apresenta complexidade e há tempo disponível para a solução.

Mizuno (1993), reforça a utilização do Diagrama Sistemático para encontrar as causas de um problema e alerta para o fato de que o uso de um Diagrama de Causa e Efeito é simples e eficaz. Entretanto, são encontradas pequenas dificuldades nos seguintes casos:

- Quando as causas no nível de amostra precisam ser comparadas, examinadas e avaliadas;
- Quando a influência de cada causa é quantificada e expressa em um diagrama semelhante ao item citado no item anterior;
- Quando o número de causas é muito grande;
- Quando as causas de nível inferior necessitam de exame em relação às medidas necessárias, aos detalhes de procedimento ou a uma lista de normas.

Nos casos citados acima, uma solução é ordenar as causas e os efeitos na forma de um Diagrama Sistemático. Um Diagrama Sistemático que expressa as causas e seus efeitos é denominado Diagrama Sistemático de Causa e Efeito. Um Diagrama de Causa e Efeito e um Diagrama Sistemático de Causa e Efeito expressam um fato ou processo idêntico de duas formas diferentes (MIZUNO, 1993).

## **5. Metodologia para gestão de falhas na Bandeirante Energia S.A.**

### **5.1 Diagnóstico**

A empresa alvo de estudo é a Bandeirante Energia S.A. A Bandeirante Energia S.A. é uma das maiores distribuidoras de energia elétrica do Estado de São Paulo, atendendo a uma população de cerca de 4 milhões de habitantes, em 28 municípios localizados nas regiões do Alto Tietê e Vale do Paraíba, compreendendo uma área de 9,6 mil km<sup>2</sup>. Sua área de concessão está localizada em uma região altamente desenvolvida em termos de infra-estrutura, escoamento da produção e ambiente empresarial. (BANDEIRANTE ENERGIA S.A., 2004).

A primeira fase do trabalho consistiu em um diagnóstico da empresa, ou seja, foram realizadas atividades de reconhecimento e entendimento do funcionamento das atividades operacionais da Bandeirante Energia, principalmente nas questões relativas à gestão de falhas. O objetivo desta etapa foi conhecer a empresa nos seus potenciais e carências do processo de gestão de falhas: sua base de dados, como é utilizada pela gestão e se os resultados são compatíveis com as expectativas de atendimento aos clientes e com os esforços operacionais demandados.

Nesta fase, foi realizado um levantamento dos dados que a empresa possui disponível em seu sistema. Através destes dados foi possível construir um Diagrama de Pareto com as principais falhas ocorridas no ano de 2003, conforme mostrado na figura 1. Por esta figura pode-se observar que as três primeiras falhas, falta de energia, IP apagado ou aceso de dia e energia fraca, corresponderam à cerca de 80% das falhas ocorridas no período.

O que o Diagrama de Pareto sugere é que existem elementos críticos e a eles deve-se prestar total atenção. Usa-se, assim, um modelo gráfico que os classifica em ordem decrescente de importância, a partir da esquerda. Os elementos sob estudo (apresentados na linha horizontal) são associados a uma escala de valor (que aparece na vertical), constituída de medidas em unidades financeiras, frequências de ocorrência, percentuais, número de itens, etc. (GALUCH, 2002). Atualmente, constata-se que as bases do Princípio de Pareto se aplicam a várias áreas do conhecimento (biologia, controle de estoque, etc.). Em particular, no campo da Gestão da Qualidade, tem-se mostrado uma ferramenta importante na priorização de ações, minimizando custos operacionais e evitando fracassos.

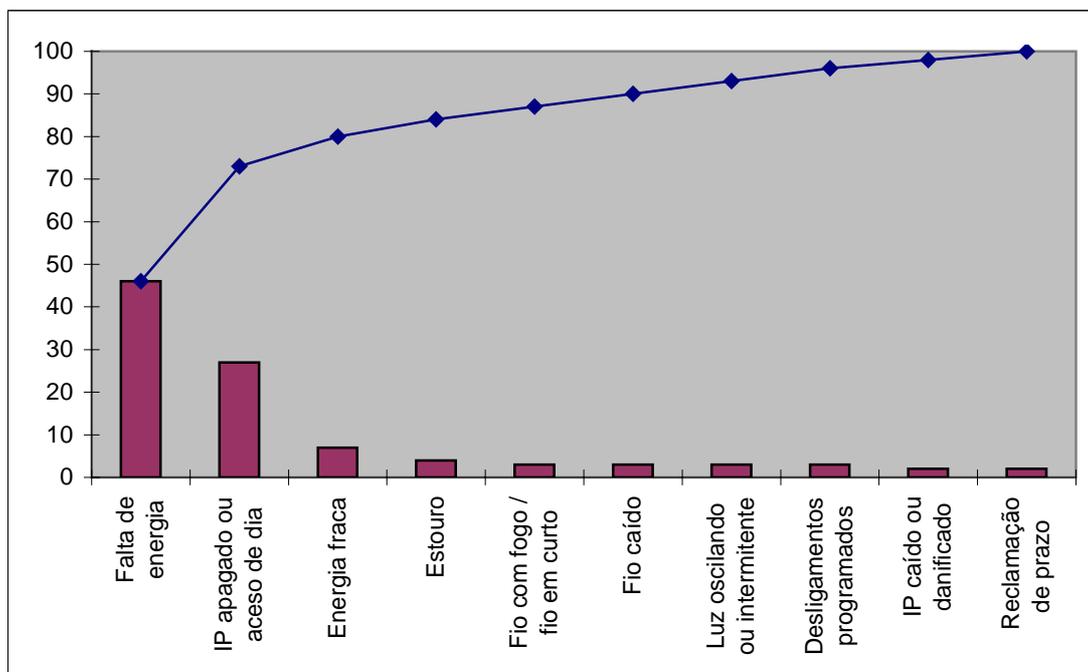


Figura 1- Diagrama de Pareto das solicitações de emergência mais ocorridas em 2003

Deste modo, as falhas apresentadas no Diagrama de Pareto serviram de base para começar a fase de padronização e mapeamento. Nestas etapas posteriores o objetivo passou a ser detalhar cada uma das colunas apresentadas no Diagrama de Pareto. Um exemplo é a coluna “Falta de Energia” que passou a ser o Grupo “Falta de Energia” e dentro deste grupo foram especificadas várias falhas que causam a falta de energia.

Outros aspectos importantes diagnosticados nesta primeira fase do trabalho, que foram importantes em fases posteriores, dizem respeito à dinâmica das ocorrências e às maneiras de se identificarem falhas no sistema de distribuição de energia elétrica.

As ocorrências são priorizadas da seguinte maneira:

- Emergenciais: salvaguarda de vida humana – máxima prioridade; interrupção no fornecimento de energia;
- Urgências: não há risco de vida, mas há baixa qualidade da energia ou situações afetas à eminência de falha, podem ser programadas;
- Comerciais: média tensão (ligação, religação, corte, etc.).

Existem três maneiras de se identificar uma ocorrência de falha elétrica no sistema elétrico de distribuição. A primeira trata-se da atuação de dispositivos que imediatamente retiram de operação uma certa parte do sistema. Estes dispositivos normalmente são os relés de proteção, que ao perceber uma situação de falta, comandam os disjuntores ou religadores automáticos telecomandados e monitorados, que têm por finalidade interromper o fornecimento de energia, evitando-se maiores danos ao sistema elétrico. Normalmente, estes dispositivos de proteção situam-se em uma ETD (subestação de distribuição) no caso de disjuntores e circuitos troncos no caso de religadores. No entanto, falta ainda clareza sobre o tipo de falta ocorrido. Tais dispositivos possibilitam algumas tentativas de religamento, pois existe uma grande probabilidade de se conseguir sucesso em uma ou duas tentativas, instantâneas e temporizadas. Não se obtendo sucesso, o sistema não é mais religado e imediatamente aciona-se uma equipe de manutenção, que começa a procurar o defeito até que o mesmo seja sanado e o sistema seja religado de maneira segura. A segunda maneira, mais subjetiva, trata-se de defeitos ou anormalidades que são reportadas pelos consumidores através de ligação ao *Call Center* ou mesmo ao posto de atendimento da concessionária. A terceira maneira envolve defeitos que são repassados pelos clientes especiais (hospitais, bombeiros, etc).

## 5.2 Padronização

Após a fase inicial de diagnóstico, começaram a ser realizadas reuniões com uma equipe que foi batizada de “Grupo de Análise de Falhas”. Este grupo foi composto por cinco especialistas que trabalham em diferentes setores da empresa e de sete pessoas do meio acadêmico (da Engenharia Elétrica e da Engenharia de Produção).

O primeiro passo nestas reuniões consistiu em esclarecer os conceitos de falha, causa e efeito com todos os envolvidos na fase de mapeamento (padronização, diagramação e parametrização). Este passo foi de fundamental importância, uma vez que é muito comum, principalmente entre os funcionários na rotina do dia-a-dia, tratar falhas como causas e vice-versa.

Logo após, foi iniciada a fase de mapeamento. É importante detalhar que o mapeamento inclui a padronização, diagramação e parametrização das falhas. Os especialistas dos diferentes setores da empresa mais professores da área de engenharia elétrica e de engenharia de produção foram reunidos e com base na experiência e nos dados da empresa, iniciou-se a fase de padronização. A técnica do *Brainstorming* foi largamente utilizada nesta etapa do trabalho.

O *Brainstorming* é uma rodada de idéias, destinada à busca de sugestões através do trabalho de grupo, para inferências sobre causas e efeitos de problemas e sobre tomada de decisão (MATTOS, 1998). O mesmo autor aponta como aspecto positivo na utilização desta técnica o

seguinte fato: no dia a dia das empresas, os profissionais se colocam frente a um problema, e em muitas vezes fica difícil sair de situações inusitadas. Por mais bem treinados que estejam, surge o impasse. Isso se deve muitas vezes à própria base de conhecimento, recebida em treinamentos, ou mesmo durante a formação acadêmica, que privilegia um enfoque rígido de pensamento. O *Brainstorming* busca romper com este paradigma na abordagem das questões. Espera-se liberar os membros da equipe de formalismos limitantes, que inibem a criatividade, e, portanto, reduzem as opções de soluções e meios. Busca-se encontrar a diversidade de opiniões e idéias.

Com a finalidade de agrupar falhas que apresentam impactos semelhantes para o consumidor foram criados quatro Grupos de Falhas: Interrupção no Fornecimento de Energia, Grupo IP (Iluminação Pública), Qualidade Técnica da Energia, Qualidade do Atendimento. Isto significa que todas as falhas que ocasionam interrupção no fornecimento de energia elétrica, por exemplo, foram agrupadas no primeiro grupo. Todas as que estão relacionadas com problemas na iluminação pública se concentram no segundo grupo. As falhas que afetam a qualidade técnica da energia, como oscilações de tensão, se concentram no terceiro grupo. Finalmente, todas as falhas relacionadas com deficiências no atendimento aos clientes foram agrupadas no quarto grupo. O Grupo Interrupção no Fornecimento de Energia é o que possui maior quantidade de falhas e estas foram subdivididas: as que ocorrem no Sistema de Distribuição e as que ocorrem no Sistema de Subtransmissão. Posteriormente, para cada grupo, foram levantadas as falhas que mais ocorrem, conforme mostrado na figura 2, tudo isto com o auxílio do Diagrama de Afinidades.

O Grupo Interrupção no Fornecimento de Energia contém as falhas que compõem a primeira coluna do Diagrama de Pareto, mostrado na figura 1. As demais falhas da mesma figura foram agrupadas nos outros grupos de acordo com o impacto sentido pelo cliente.

GRUPO INTERRUÇÃO NO FORNECIMENTO DE ENERGIA		GRUPO IP
<b>SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO</b> 1. Abertura de chave fusível 2. Cabo interrompido 3. Queima de transformador de distribuição 4. Atuação do religador / disjuntor 5. Manobra inadequada 6. Problema de Conexão (Mufla) 7. Problema de Conexão (Primário) 8. Problema de Conexão (Secundário) 9. Problema de Conexão (Ramal do cliente) 10. Problema de Conexão (Medidor) 11. Problema interno no cliente 12. Interrupção de suprimento 13. Pára-raio 14. Isolação	<b>SISTEMA DE SUBTRANSMISSÃO</b> <b>I) Subestação</b> <b>A) Potência</b> <b>a.1) Bay de linha de transmissão</b> 1. Atuação do disjuntor 2. Falta de suprimento 3. Cabo interrompido e conexão inadequada 4. Defeito no sistema de Comando, Controle e Proteção (CCP) <b>a.2) Bays de barra</b> 1. Atuação do disjuntor 2. Defeito no sistema de CCP <b>a.3) Bays de transformador</b> 1. Atuação do disjuntor 2. Defeito no sistema de CCP <b>a.4) Bays de alimentadores</b> 1. Atuação do Disjuntor 2. Cabo interrompido e conexão inadequada 3. Defeito no sistema de CCP <b>a.5) Bays de Banco de Capacitores</b>  <b>II) Rede da subtransmissão</b> 1. Atuação do Disjuntor 2. Falta no sistema	1. Atraso no atendimento 2. Lâmpada apagada à noite 3. Lâmpada acesa durante o dia 4. Ruído de componentes da IP 5. Luminária danificada 6. Baixa luminosidade
		<b>GRUPO QUALIDADE DO ATENDIMENTO</b> 1. Deficiência do Call Center 2. Deficiência da equipe de campo 3. Deficiência no posto de atendimento 4. Deficiência da comunicação institucional

Figura 2- Diagrama de Afinidades das principais falhas da Bandeirante Energia S.A.

### 5.3 Diagramação

A próxima etapa chave do trabalho consistiu na diagramação das falhas. Nesta fase o objetivo foi encontrar as causas responsáveis por cada uma das falhas listadas no Diagrama de Afinidades.

A figura 3 facilita o entendimento de como a etapa de diagramação foi realizada: a “cabeça da árvore”, também chamado de evento de topo, é a falha citada no Diagrama de Afinidades. A partir do evento de topo de cada uma das falhas foi realizada uma análise e um encadeamento entre as mesmas e seus eventos básicos, de modo que chegou às causas básicas de cada uma das falhas, também chamadas “pés da árvore”.

Uma explicação mais detalhada é a seguinte: primeiramente para cada evento de topo foram procuradas todas suas causas, as quais foram chamadas de causas primárias. Estas, por sua vez, foram consideradas como falhas e repetiu-se o processo realizado para o evento de topo, encontrando desta forma as causas secundárias. Este processo foi repetido até chegar-se às causas denominadas de “pés da árvore”. Percebe-se que análise foi realizada da cabeça para o pé da árvore. Já a parte de atuação para impedir a reincidência de tal falha seguirá o caminho inverso, começará pelo pé.

Nesta etapa foi utilizado o Diagrama de Árvore. A figura 4 mostra o mapeamento da falha “Atraso no Atendimento”, pertencente ao Grupo IP. As falhas situadas mais à jusante que serão alvo direto de atuação para evitar a reincidência da “cabeça da árvore” ou evento de topo. Todas as outras falhas que aparecem no Diagrama de Afinidades (figura 2) foram diagramadas seguindo o mesmo raciocínio.

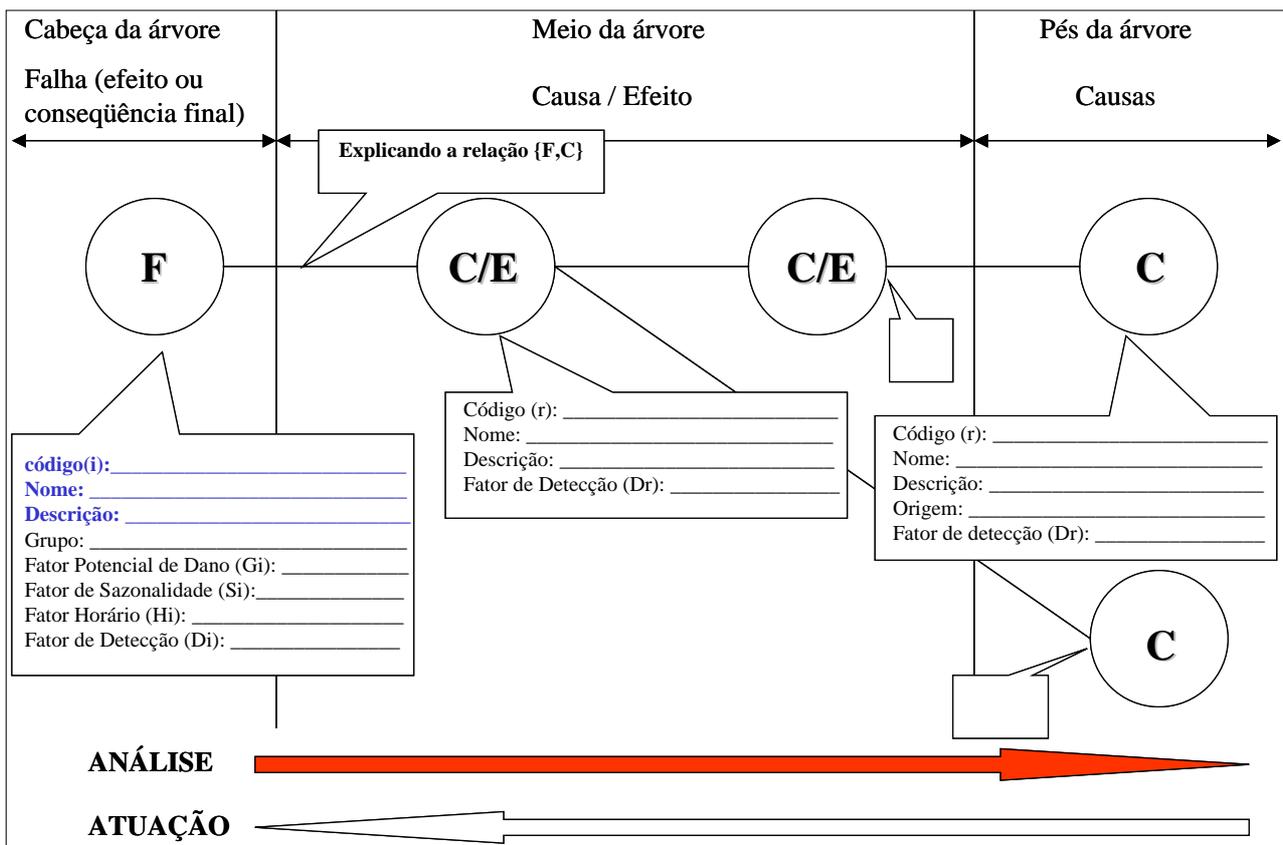


Figura 3- Diagramação e parametrização das falhas

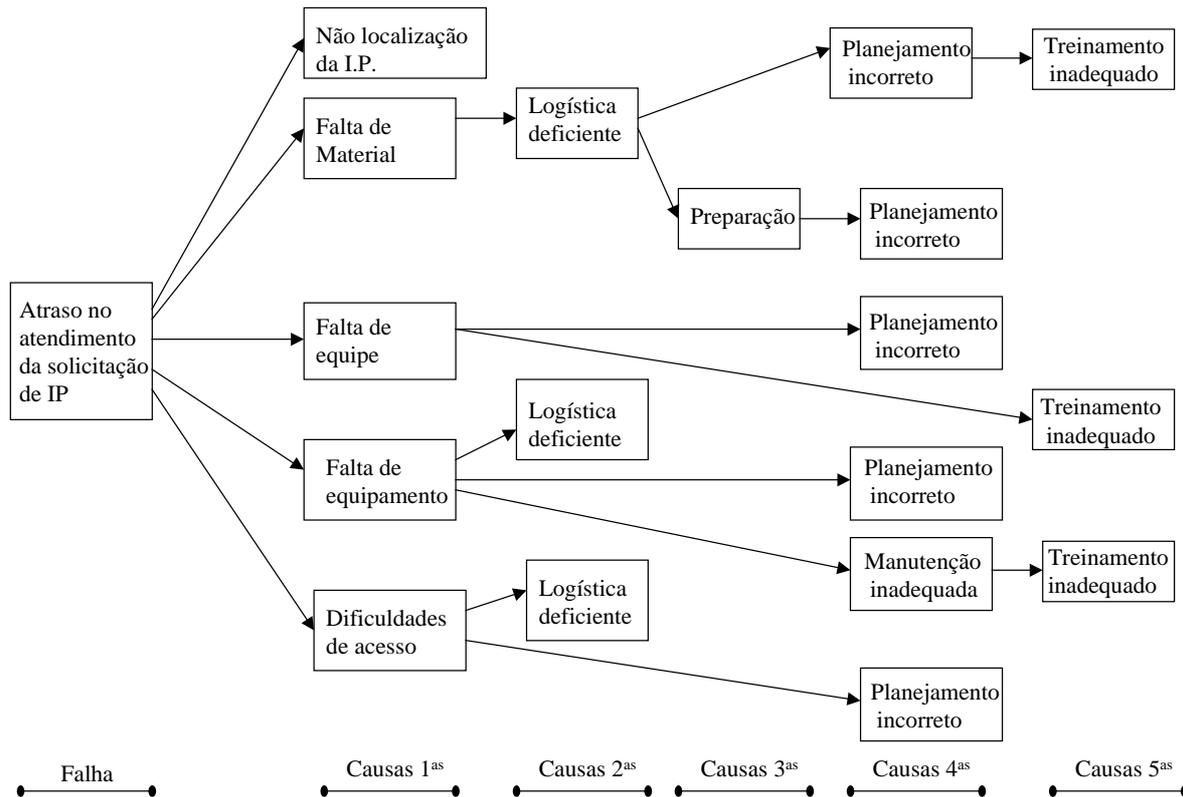


Figura 4- Diagrama Sistemático da falha “Atraso no Atendimento de Solicitação de IP”

#### 5.4 Parametrização

A última etapa do mapeamento foi a parametrização, que consistiu em detalhar cada falha. A figura 3, que auxiliou no entendimento do processo de diagramação das falhas, também facilita observar como as árvores foram parametrizadas. A cabeça da árvore diagramada foi detalhada, ou parametrizada, com informações relativas:

- Ao código: codificação (número) pelo qual a falha é conhecida na empresa.
- Nome: simplesmente o nome da falha, por exemplo, “Atraso no atendimento”.
- Descrição: explicação detalhada do que significa a falha.
- Grupo: grupo ao qual a falha pertence de acordo com a classificação do Diagrama de Afinidades (figura 2). Por exemplo, no caso da falha “Atraso no atendimento”, o grupo é IP (Iluminação Pública).
- Fator potencial de dano: este fator avalia qual a gravidade que a falha representa. Para esta avaliação foi utilizada uma escala variando de 1 a 9, onde quanto maior o número, maior a gravidade da falha.
- Fator de sazonalidade: foram considerados dois períodos: o período úmido (de novembro à março) e o período seco (de abril à outubro). Este parâmetro foi considerado porque dependendo da estação a falha pode representar maior gravidade.
- Fator horário: considerou-se importante na parametrização deixar um campo para horário, pois como ocorre com a sazonalidade, dependendo do horário que a falha ocorre sua gravidade é maior e conseqüentemente terá prioridade de reparo. Como exemplo podemos citar o caso de um fio de alta tensão que cai em determinado local. Se este episódio ocorre em dia de chuva e em um horário que grande quantidade de pessoas passam neste local, certamente a gravidade será maior que em outras situações.

- Fator de detecção: fator que representa a facilidade de detectar a falha. Na fase de diagnóstico foi observado que existem basicamente duas maneiras de se detectar uma falha: ou através de aparelhos do sistema de distribuição, ou por avisos de clientes.

As causas intermediárias foram parametrizadas apenas em relação à quatro aspectos: código, nome, descrição e fator de detecção. Os pés das árvores foram parametrizados levando em consideração os mesmos aspectos abordados nas causas intermediárias, adicionando-se também o parâmetro origem. A origem que permitirá especificar qual o tipo de intervenção será adotada para solucionar a falha, ou evitar a reincidência da mesma.

## 6. Conclusão

As empresas, de modo geral, têm dedicado especial atenção à Gestão da Manutenção com a finalidade de diminuir a probabilidade de ocorrência de falhas, ou pelo menos, amenizá-las e evitar a reincidência das mesmas. A empresa alvo deste estudo, a Bandeirante Energia S.A., como as demais concessionárias de energia elétrica, procuram melhorar seu desempenho e conseqüentemente isto está relacionado com a gestão de falhas.

O mapeamento das falhas realizado na empresa tem como objetivos principais facilitar a atuação gerencial e evitar a reincidência das falhas. O mapeamento está dividido em três fases: a padronização, diagramação e parametrização das falhas. A padronização consistiu em encontros entre especialistas com a finalidade de debater as falhas que afetam a empresa. Nesta etapa foi utilizado o Diagrama de Afinidades para agrupar as falhas que apresentam impactos semelhantes para o consumidor em quatro Grupos de Falhas: Interrupção no Fornecimento de Energia, Grupo IP (Iluminação Pública), Qualidade Técnica da Energia, Qualidade do Atendimento. Na diagramação foram encontradas as causas que dão origem às falhas utilizando o Diagrama Sistemático. Finalmente, na parametrização foram detalhados todos os dados referentes às falhas e às suas causas. A parametrização é uma fase essencial, pois através dela que tornará possível a atuação para correção e para evitar as reincidências das falhas.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 01 de agosto de 2004.

BANDEIRANTE ENERGIA S.A. Disponível em: <<http://www.bandeirante.com.br>>. Acesso em: 01 de agosto de 2004.

COMITE DE DISTRIBUIÇÃO. (1982)- Planejamento de Sistemas de Distribuição. Vol 1, Editora Campus. 1ª Edição. Rio de Janeiro.

GALUCH, L. (2002)- Modelo para implementação das ferramentas básicas do controle estatístico do processo – CEP em pequenas empresas manufactureiras. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

HELMAN H., ANDERY, P. R. P. (1995)- Análise de Falhas. Aplicação de FMEA e FTA. Editora Fundação Cristiano Ottoni, Belo Horizonte, 156 p.

MATTOS, R. (1998)- Análise crítica de uma metodologia de solução de problemas na prestação de serviços- Uma Aplicação Prática do MASP. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

MIZUNO, S. (1993)- Gerência para melhoria da qualidade: as sete novas ferramentas de controle da qualidade. LTC livros técnicos e científicos Ed. Rio de Janeiro.

NUNES, E. L. (2001)- Manutenção centrada em confiabilidade (MCC): análise da implantação em uma sistemática de manutenção preventiva consolidada. Dissertação apresentada ao programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina Florianópolis.

RAUSAND, M., OIEN, K. (1996) The basic concepts of failure analysis. *Reliability Engineering and System Safety*, n.53, p. 73-83.

Resolução n° 24 da ANEEL, 27 de janeiro de 2000.

Resolução n° 505 da ANEEL, de 26 de novembro de 2001.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C; HARRISON, A & JOHNSTON, R. (1997)- Administração da Produção. Editora Atlas S.A., 1ª Edição, São Paulo.

VELHO, A. S. (1995)- O aperfeiçoamento contínuo da qualidade do serviço. Dissertação apresentada ao programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

WERKEMA, M.C.C. (1995)- As Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos. EDG-Editora de Desenvolvimento Gerencial. 6 ed. Belo Horizonte.