



## Aplicação da Gestão do Conhecimento no mapeamento de falhas em concessionária do setor elétrico

**Dagoberto Alves de Almeida**

*Ph.D in Manufacturing System Engineering (University of Cranfield)*

*Professor do Instituto de Engenharia de Produção e Gestão – Universidade Federal de Itajubá*

**Liliane Dolores Fagundes**

*M.Sc. em Engenharia de Produção (Universidade Federal de Itajubá)*

*Pesquisadora do Instituto de Engenharia de Produção e Gestão – Universidade Federal de Itajubá*

A capacidade das empresas de produzir, armazenar, disseminar e usar conhecimento está cada vez mais relacionada com o sucesso organizacional. A abordagem convencional de se utilizar sistemas de informação como um repositório de dados para atender rotinas e tomada de decisão não é suficiente. A importância da Gestão do Conhecimento é intensificada quando o conhecimento é usado para a análise de falhas, com o objetivo de evitar a ocorrência de problemas e aumentar a confiabilidade dos sistemas. Dentro deste contexto, o presente trabalho apresenta a aplicação da Gestão do Conhecimento para a análise de falhas em uma empresa distribuidora de energia elétrica através do mapeamento de falhas, ou seja, através do desenvolvimento de mapas de falhas que ilustram a arquitetura do processo de formação das mesmas na empresa. A intenção é que estes mapas se tornem ferramentas úteis no gerenciamento das falhas na empresa em questão, uma vez que o detalhamento das falhas irá ajudar a evitar a reincidência, ou em caso de reincidência, irão fornecer detalhes para uma solução mais rápida do problema.

**Palavras-chave:** gestão do conhecimento; mapeamento de falhas; gestão de empresas do setor elétrico.

The company capability of creating, storing, disseminating and using knowledge is even more related to its success than the current approach of using conventional information systems. Such an importance is intensified when the knowledge is used to analyze failures in order to avoid their damaging consequences and increasing systems reliability. In this context, this work presents an application of the Knowledge Management in an electric energy concessionary by means of failure mapping, which illustrates the fault formation process. The resulting maps are due to be useful managerial tools, since they will prevent failures recurrence and provide insights to get feasible solutions.

**Keywords:** knowledge management; failure mapping process; electric energy concessionary management.

### 1 Introdução

Segundo Karsak *et al.* (2002), a competitividade global estimulou as empresas a buscarem níveis mais altos de qualidade para seus produtos ou serviços. Tipicamente, para conseguir a melhoria desta qualidade, é necessário identificar e analisar os problemas, ou seja, as falhas que existem em determinado bem ou serviço. Isto explica porque as organizações preocupadas em se manterem competitivas almejam continuamente a redução e a eliminação das falhas inerentes aos seus produtos ou serviços.

Karsak *et al.* (2002) ainda salientam que devido a este fato, várias técnicas que visam assegurar a melhoria da qualidade e produtividade se tornaram alvo de estudo ao longo das últimas quatro décadas. Desta forma, a necessidade cada vez maior em melhorar a qualidade

de produtos e serviços e a satisfação dos clientes popularizou 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. É exatamente isto que ocorre no presente trabalho: algumas ferramentas da Engenharia de Produção são utilizadas conjuntamente (*Brainstorming*, Diagrama Sistemático, Diagrama de Afinidades) para mapear falhas de uma concessionária de energia elétrica, pois, como concluído no estudo de caso de Dikmen *et al.* (2004), o Diagrama de Afinidade e o Diagrama Sistemático ajudam consideravelmente na organização e resolução das necessidades dos clientes.

Segundo Fagundes *et al.* (2004), no caso de empresas distribuidoras de energia elétrica, a eliminação de falhas, além de estar ligada à busca da vantagem competitiva, envolve também o atendimento de padrões estabelecidos pelo órgão regulador, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), e a necessidade de se evitar algumas falhas, cuja peculiaridade não é comum a outras empresas. Por exemplo, a descontinuidade no fornecimento de energia elétrica para um hospital ou para a residência de um indivíduo que utilize aparelho de sobre-vida representa o tipo de falha que não pode ocorrer, pois sua ocorrência implicaria em efeitos dramáticos.

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 relacionadas 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. 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 custo do reparo da própria falha (NUNES, 2001). O mesmo autor ainda alerta para o fato de que os padrões de qualidade, tanto nos serviços quanto nos produtos, passaram a ser extremamente exigentes e a análise das falhas representam, em muitos casos, a garantia de sobrevivência das empresas, tamanha é a vigilância e a cobrança da sociedade. Com as empresas do setor de energia elétrica, tal vigilância e cobrança é garantida pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), com base em indicadores cada vez mais rigorosos (Resolução ANEEL, nº 24, de 27 de janeiro de 2000).

Para o mapeamento de falhas realizado no presente trabalho, foram utilizados o conhecimento e experiência de alguns profissionais da própria empresa e também de profissionais da área acadêmica. O modelo de Peter Gray (Figura 1) foi utilizado, uma vez que ilustra como a organização cria um ambiente propício ao conhecimento, isto é: criação, aquisição, disseminação e uso do conhecimento.

Salienta-se que os mapas de falhas e a dinâmica de criação associada aos mesmos representam a etapa 1 do modelo. Espera-se que o uso futuro e freqüente dos mapas de falhas (etapa 3 do modelo) caracterize um ambiente propício, típico de empresas baseadas no conhecimento.

Em suma, a realização deste trabalho visa permitir uma minuciosa análise das falhas e, conseqüentemente, aumentar a excelência operacional no processo de gestão das mesmas. Falhas estas que, salienta-se, são responsáveis pela redução da produtividade do sistema. Dentro deste contexto, os objetivos propostos a serem alcançados são:

- Propor uma metodologia de análise de falhas que considere os pressupostos da gestão do conhecimento, via mapeamento da relação de causa e efeito do processo de formação de falhas;
- Mapear as principais falhas da concessionária: as que afetam a qualidade do fornecimento de energia elétrica assim como as falhas relativas ao atendimento dos consumidores. O processo de mapeamento será conduzido segundo a metodologia para análise de falhas em proposição;

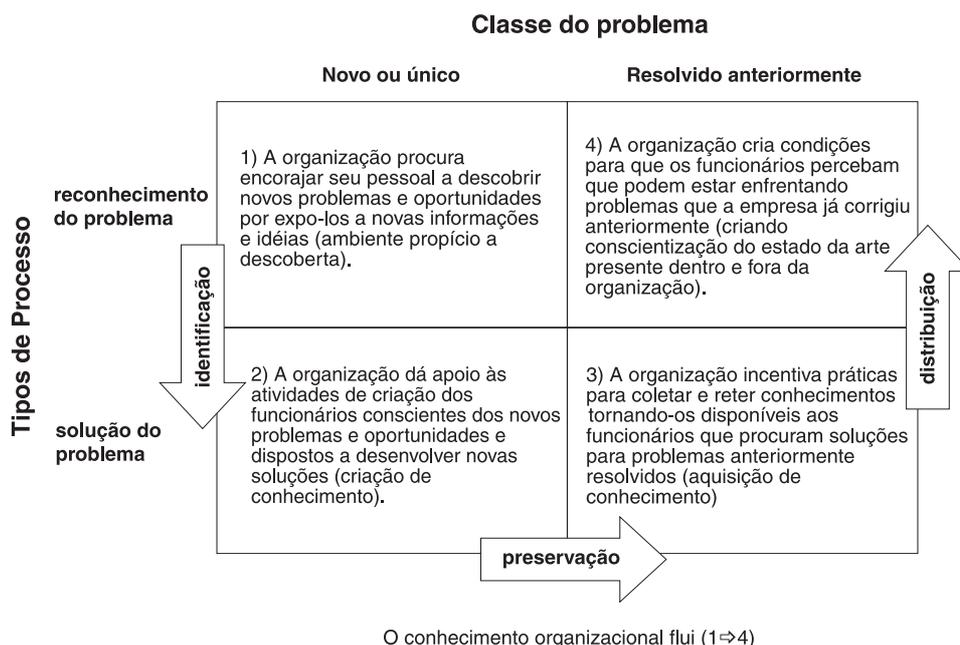


Figura 1 – Modelo de Peter Gray (GRAY, 2001)

- Demonstrar que as ferramentas de engenharia de produção que são largamente utilizadas no ambiente industrial e na área de serviços também podem auxiliar na melhoria da qualidade dos serviços de distribuição de energia elétrica;
- Estimular a troca de conhecimento entre os profissionais da empresa e o registro de tal conhecimento para posterior disseminação pela organização, ou seja, estimular a conversão do conhecimento. Em resumo, conceituar o tema Gestão do Conhecimento como inserido no escopo da Gestão da Manutenção;
- Capturar e registrar os conhecimentos do Grupo de Análise de Falhas.

A primeira e a segunda parte do trabalho mostram o atual estado da arte com relação à Gestão do Conhecimento, à Análise de Falhas e à Qualidade na distribuição de energia elétrica, respectivamente. Logo em seguida é apresentado o mapeamento de falhas utilizando as formas de conversão do conhecimento que ocorreu na empresa, com um exemplo de diagramação. Finalizando, são apresentadas as conclusões obtidas pela realização do trabalho.

## 2 Gestão do Conhecimento (GC)

### 2.1 Considerações iniciais

A idéia de gerenciar conhecimento não é nova. Partilhar conhecimento é uma das atividades mais naturais, exceto nas empresas. As empresas que têm tido mais sucesso nesta atividade têm sido aquelas que têm investido na troca de conhecimento ao invés de deixar que esta troca aconteça naturalmente (LEITE, 2001). No entanto, Xu e Quaddus (2005) alertam para o fato de que a mudança de uma economia baseada em recursos para uma economia baseada em conhecimento está fazendo com que as organizações voltem suas atenções para o gerenciamento e a maximização do mais importante bem que elas possuem: o conhecimento. Ainda neste sentido, Laudon e Laudon (2004) afirmam que na economia da informação, competências essenciais, baseadas em conhecimento, são patrimônio-chave da organização. Fabricar produtos ou serviços exclusivos ou produzi-los a custo mais baixo que os concorrentes baseia-se em conhecimento superior dos processos de produção. Saber como fazer coisas eficazes e eficientemente, utilizando métodos que outra organização não consiga copiar, é fonte primária de lucro e fator de produção que não pode ser comprado em mercado externo.

À medida que o conhecimento se torna um patrimônio essencial e estratégico, o sucesso organizacional depende cada vez mais da capacidade da empresa de

criar, sistematizar, armazenar e disseminar conhecimento. Como alertado por Srdoc *et al.* (2005), a qualidade de qualquer produto ou serviço depende significativamente do conhecimento. Isto significa que através do conhecimento as empresas tornam-se mais eficazes e eficientes na utilização que fazem de seus escassos recursos. Por outro lado, sem conhecimento tornam-se menos eficientes e eficazes no emprego de seus recursos e, por fim, fracassam.

Adams e Freeman (2000) definem GC como a gestão que encara conhecimento como algo construído ativamente em um ambiente social. Outra definição é: conhecimento coletivo de uma organização, e não apenas estoque de dados ou informações. Este conhecimento coletivo inclui experiências, habilidades, dados e informações (SHOCKLEY III, 2000). Para Beijerse (1999), a GC consiste em alcançar objetivos organizacionais através da motivação conduzida pela estratégia e pela facilitação de funcionários do conhecimento para desenvolver, melhorar e usar suas capacidades para interpretar dados e informações. Leite (2001) cita que há quem interprete GC como treinamento, outros ainda como gerenciamento de um banco de dados eletrônico. Mas a mesma autora alerta para o fato de que GC é mais que isso, a GC envolve conectar eficientemente aqueles que sabem com aqueles que precisam saber e converter conhecimento pessoal em organizacional.

### 2.2 Conhecimento tácito e conhecimento explícito

De acordo com Nonaka e Takeuchi (1997), existem dois tipos de conhecimento:

- Conhecimento tácito: corresponde ao conhecimento pessoal embutido em experiência individual e envolve fatores intangíveis como crenças pessoais, perspectivas e o sistema de valores. É um componente crítico do comportamento humano.
- Conhecimento explícito: é o conhecimento que pode ser articulado em linguagem formal, o que inclui sentenças gramaticais, expressões matemáticas, especificações, manuais, etc.

### 2.3 Formas de conversão do conhecimento

Nonaka e Takeuchi (1997) ainda citam a existência de quatro formas de conversão do conhecimento: socialização, externalização, combinação e internalização.

- Socialização (de tácito para tácito): é o processo através do qual experiências são compartilhadas e o conhecimento tácito ou modelos mentais e habilidades técnicas são criados. Na prática da vida das

empresas, um indivíduo poderia adquirir conhecimento tácito de algum colega até mesmo sem o uso da linguagem, usando de imitação, observação e prática, através de treinamento no local de trabalho, sessões informais e *brainstorms*, interações com os clientes, etc.

- Externalização (de tácito para explícito): este seria o modo de conversão mais importante, porque permite a criação de novos e explícitos conceitos. Envolve a articulação do conhecimento tácito em explícito através do uso frequente de metáforas, analogias, conceitos, hipóteses e modelos. Esta prática seria importante por facilitar a comunicação dos conhecimentos tácitos que, normalmente, são de difícil verbalização. A própria escrita é um ato de conversão de externalização. Leite (2001) alerta para o fato de que geralmente, ao externalizar, usa-se de expressões inadequadas, inconsistentes e insuficientes. No entanto, tais discrepâncias e diferenças entre imagens e expressões promovem reflexão e interação entre indivíduos.
- Combinação (de explícito para explícito): este seria o processo preferido no Ocidente, na medida em que se baseia na troca de informações explícitas e no paradigma da tecnologia de informação. Envolve, pois, bastante o uso de mídias como documentos, reuniões formais, conversas telefônicas e, também, o de redes computadorizadas. É neste ponto do processo de criação de conhecimento que surgiriam os primeiros protótipos e modelos reais. Leite (2001) cita como exemplos deste tipo de conversão de conhecimento, o caso do ensino em escolas, cursos de MBA, treinamentos, etc.
- Internalização (de explícito para tácito): este último método seria semelhante ao do *learning by doing* em que os membros da organização passariam a vivenciar o resultado prático do novo “conhecimento”, ou seja, desenvolveriam um conhecimento operacional.

## 2.4 Gestão do Conhecimento e Tecnologia da Informação

Davenport e Prusak (1998) citam que apesar da troca de conhecimento não ser algo comum nas empresas, o processo de codificar e transmitir conhecimentos já é uma tradição. Exemplo disto são os programas de treinamento e desenvolvimento, as políticas organizacionais, os relatórios e os manuais. Mas Alavi e Leider (1999) salientam que o que é novo na área de Gestão do Conhecimento é o potencial de utilizar tecnologias de informação modernas. Fato também abordado por Silveira (2004): “A tecnologia da informação possibilita que o conhecimento de uma pessoa ou de um grupo seja extraído, estruturado e

utilizado por outros membros da organização e por seus parceiros de negócios no mundo todo. A tecnologia ajuda também na codificação do conhecimento e, ocasionalmente, até mesmo em sua geração.” Desta forma, podemos resumir que os sistemas de informação podem promover aprendizagem organizacional capturando, codificando e distribuindo tanto o conhecimento explícito quanto o tácito. Uma vez que a informação tenha sido coletada e organizada em um sistema, pode ser utilizada muitas vezes. O conhecimento pode ser preservado como memória organizacional, para treinar futuros funcionários ou ajudá-los no processo de decisão.

A tecnologia da informação tem papel importante na Gestão do Conhecimento, como habilitadora de processos de negócios que visam criar, armazenar, disseminar e aplicar conhecimento. É exatamente dentro deste contexto que surge o *Knowledge Management Systems* (KMS). Xu e Quaddus (2005) caracterizam o KMS como sendo uma maneira mais eficiente e sistemática de gerenciar conhecimento, que envolve a utilização de tecnologia de informação e outros recursos organizacionais para gerenciar o conhecimento estrategicamente. Todavia, Hansen *et al.* (1999) salientam que não deve haver exageros quanto ao investimento desordenado em sistema de informação. Enfatizam que, mais importante, é uma empresa cuja gestão esteja voltada para o conhecimento. O pressuposto é que a gestão do conhecimento dever ser considerada de cunho estratégico com apoio, portanto, da alta administração. Desta forma, salientam, a empresa se transformará gradualmente, em uma empresa baseada no conhecimento (*learning based company*).

A Gestão do Conhecimento pode ser uma abordagem muito útil na análise de falhas.

## 3 Análise de falhas

### 3.1 Conceitos importantes

Alguns conceitos são importantes quando é realizada uma análise de falhas. Alguns deles são apresentados a seguir.

Segundo o Comitê de Distribuição (1982), a falha em sistemas de distribuição corresponde a 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 do fornecimento de energia apresenta alta gravidade e influencia negativamente os índices de continuidade (ALMEIDA *et al.*, 2004).

De acordo com Rausand e Oien (1996), a falha representa um conceito fundamental para a análise de confiabilidade, sendo a falha definida por estes autores como sendo o término da habilidade de um item para o desempenho de uma requerida função. De acordo com o IEC 50 (1990), International Electrotechnical Commission, a falha é o evento onde a função requerida é interrompida, excedendo os limites aceitáveis, enquanto a falta é o estado de um item caracterizado pela impossibilidade de desempenhar uma requerida função, excluindo as situações de parada por manutenção preventiva (ou ações programadas) e paradas por falta de recursos externos. A falta é, portanto, um estado conseqüente.

Rausand e Oien (1996) relatam que as falhas são sempre classificadas em modos de falhas. Segundo os autores, modo de falha pode ser definido como o efeito pelo qual uma falha é observada em um item que falhou, ou seja, é como nós podemos observar o defeito. Nunes (2001) define modo de falha como sendo a maneira pela qual um determinado item deixa de executar sua função.

Outro conceito importante quando as falhas estão sendo analisadas é “causa de falhas”. De acordo com o IEC 50 (1990), “causa de falha” pode ser definida como sendo a circunstância durante o projeto, manufatura ou uso que tenha conduzido à falha. A “causa de falha” é parte necessária da informação para evitar a falha ou sua reincidência.

### 3.2 Técnicas para análise de falhas

---

Para o mapeamento de falhas proposto neste artigo, pesquisou-se uma ferramenta de análise causa e efeito que permitiria realizar o mapeamento. Deste modo, três ferramentas foram estudadas: *Fault Tree Analysis* (FTA), *Event Tree Analysis* (ETA) e o Diagrama de Árvore ou Diagrama Sistemático.

Segundo Andrews e Ridley (2002), nas últimas três décadas muitos modelos foram utilizados na identificação dos efeitos dos componentes de um sistema responsáveis pelas falhas e que dentre estes modelos a técnica utilizada mais freqüentemente foi a FTA. De acordo com estes autores, a FTA é um modelo gráfico, que parte de um modo de falha denominado “evento de topo”, buscando as causas diretas da ocorrência do evento. A FTA possibilita a estimativa de probabilidade com que determinada falha possa ocorrer, ou seja, realiza uma análise quantitativa. Apesar desta ferramenta ter se mostrado conveniente para encontrar as causas que desencadeavam o processo de formação de falhas, a pesquisa prosseguiu para verificar a existência de outras técnicas de causa e efeito que pudessem auxiliar na etapa de diagramação e posterior seleção da técnica mais adequada.

A segunda ferramenta candidata foi a *Event Tree Analysis* (ETA). Segundo Alberton (1996), na ETA desenvolve-se um esboço da estrutura da análise de eventos com cenários de perigo, sendo bastante semelhante à FTA. Todavia, enquanto esta última apresenta uma árvore lógica orientada verticalmente, a ETA é orientada horizontalmente. Uma outra diferença da ETA com relação a FTA é que na ETA, durante a diagramação, são utilizadas as possibilidades de amortecer o evento inicial. Nesta técnica também pode ser calculada a probabilidade de ocorrência de determinado evento.

A terceira ferramenta de análise de causa e efeito pesquisada foi o Diagrama Sistemático de Causa e Efeito, uma das Sete Novas Ferramentas da Qualidade (MIZUNO, 1993). Este diagrama, também chamado de Diagrama de Árvores, permite mapear toda a série de acontecimentos que devem ocorrer para que determinada falha ocorra. Devido à simplicidade de sua utilização e do mesmo atender o objetivo da diagramação, ele foi selecionado para a etapa de diagramação do presente trabalho. Vale ressaltar que o objetivo é realizar uma análise qualitativa, e não quantitativa, o que justifica a não adoção da FTA ou da ETA.

Durante a pesquisa para seleção de uma ferramenta para a diagramação teve-se contato com outra das Sete Novas Ferramentas da Qualidade, o Diagrama de Afinidades, o qual foi identificado como instrumento útil para auxiliar na padronização das falhas, uma vez que através dele é possível organizar dados de acordo com a relação natural entre os mesmos.

Como o Diagrama de Afinidade e o Diagrama de Árvore foram ferramentas selecionadas para a realização do trabalho, são mostrados mais detalhadamente nos subitens a seguir.

### 3.3 Diagrama de afinidade

---

O Diagrama de Afinidade, segundo Mizuno (1993), esclarece problemas ou situações importantes, cujo estado inicial é confuso, desordenado ou inexplorado. Karsak *et al.* (2002) esclarecem que em coletas de dados verbais sobre determinados problemas, o Diagrama de Afinidade permite o agrupamento de tais problemas em diversos conjuntos segundo suas afinidades e relações naturais. Deste modo, consegue-se uma maior compreensão da situação e sua consideração sob novos enfoques, estimulando a criatividade e o surgimento de novas idéias.

De acordo com He *et al.* (1996) e Anjard (1995), o Diagrama de Afinidade é uma ferramenta de *brainstorming*, utilizada para agrupar fatos, opiniões, idéias, de acordo com alguma forma de afinidade natural. Esta ferramenta coleciona um grande número

de idéias, opiniões, informações e organiza tais dados, agrupando através de um relacionamento natural entre cada item.

A idéia do Diagrama de Afinidades converge para o trabalho em equipe, já que o problema de organização de idéias aparece quando várias pessoas se manifestam sobre um mesmo tema. O processo de agrupamento é lento, pois é preciso captar a essência de cada uma das idéias, em cada um dos dados. É, portanto, conveniente que se esteja bem seguro de que o tema é adequado a esse tipo de trabalho. Esta atividade de agrupamento é mostrada por Almeida *et al.* (2004) e está representada na Figura 2.

Um mesmo evento pode ser definido por diversos nomes  $a_i$  ( $i = 1$  até  $n$ ) pelos departamentos, conforme mostra a Figura 2. Compete à equipe definir o evento e nomeá-lo por um nome padrão (falha A). Definidas as falhas, estas são então agrupadas de acordo com suas afinidades (grupo C, contendo a falha A e B).

### 3.4 Diagrama sistemático de causa e efeito

De acordo com He *et al.* (1996) e Karsak *et al.* (2002), o Diagrama Sistemático é utilizado de maneira *top-down*, para detalhar uma falha em sucessivos níveis.

O Diagrama de Árvore representa acontecimentos na forma de uma árvore e seus galhos. Ainda de acordo com Mizuno (1993), quando se seleciona os meios para alcançar uma meta, é necessário estabelecer os meios secundários para este fim; então os meios principais se tornam as metas dos meios secundários. Este comportamento demonstra a dualidade dos componentes intermediários da árvore.

O uso de um diagrama de causa e efeito (Diagrama de Ishikawa, ou “espinha de peixe”) é simples e eficaz,

porém apresenta algumas dificuldades, sobretudo quando existe um número elevado de causas. Nestes casos, uma possível solução é ordenar as causas e os efeitos na forma de um Diagrama de Árvore. Este diagrama, que expressa as causas e seus efeitos, é denominado Diagrama Sistemático de Causa e Efeito, e será utilizado neste trabalho.

Como será mostrado no decorrer do trabalho, estas ferramentas auxiliarão durante a prática de Gestão do Conhecimento visando à qualidade no serviço de distribuição de energia elétrica na empresa em questão.

## 4 Qualidade na distribuição de energia elétrica

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

A ANEEL 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, 2005). Para monitorar a qualidade da distribuição de energia elétrica, vinculada ao princípio da continuidade, foram estabelecidos os indicadores citados na resolução n° 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), explicados à seguir segundo a Resolução n° 24 (2000):

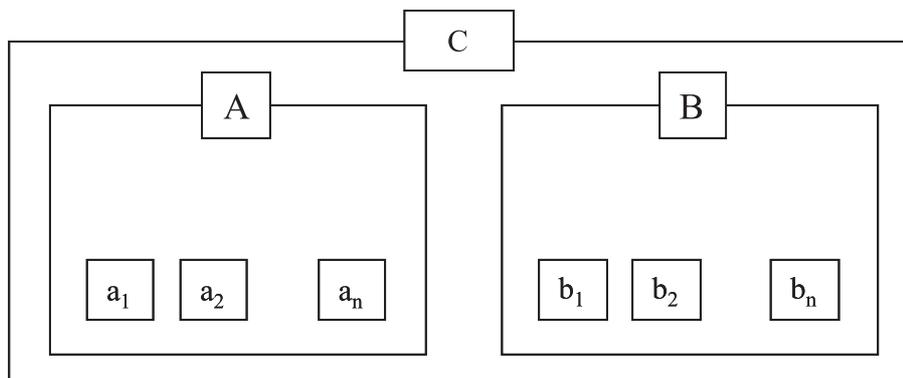


Figura 2 – Diagrama de Afinidade utilizado no agrupamento de falhas afins.

- 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 citados acima, existem outros. Um exemplo são os indicadores 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. De acordo com a Resolução nº 505 (2001) estes indicadores também se dividem em:

- Indicadores individuais: DRC (Duração Relativa da Transgressão de Tensão Crítica) e DRP (Duração Relativa da Transgressão de Tensão Precária);
- Indicador coletivo: ICC (Índice de Unidades Consumidoras com 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.

## 5 Mapeamento de falhas em concessionária do setor elétrico utilizando a GC

No presente trabalho, o método de pesquisa utilizado é a pesquisa-ação. Bryman (1989) caracteriza a pesquisa-ação como sendo o método no qual o investigador

torna-se parte do ambiente estudado com o objetivo de resolver problemas organizacionais. E é realmente este fato que acontece neste trabalho: os pesquisadores tomaram conhecimento do assunto e juntamente com especialistas pertencentes à empresa e outros pertencentes à área acadêmica, passaram a participar do desenvolvimento de uma metodologia para auxiliar no processo de gestão de falhas da empresa.

Coughlan e Coughlan (2002) definem que, como o próprio nome sugere, a pesquisa-ação é um método de pesquisa que tem como objetivos tomar ação sobre algum fato e ao mesmo tempo criar conhecimento sobre esta ação. Estes mesmos autores citam quatro características que definem o que é pesquisa-ação:

- Primeiramente, a pesquisa-ação tem como foco a pesquisa em ação e não a pesquisa sobre a ação. A idéia central desta primeira característica é que este método de pesquisa utiliza um método científico para estudar a resolução de importantes problemas sociais ou organizacionais, juntamente com pessoas que lidam diretamente com estes problemas. Coughlan e Coughlan (2002) ainda citam que na pesquisa-ação é utilizado um processo cíclico composto por quatro passos: planejamento, ação, avaliação da ação e planejamentos adicionais para atingir o objetivo, quando necessário;
- A pesquisa-ação é participativa: esta característica menciona que os membros do sistema alvo de estudo participam ativamente do processo cíclico mencionado acima;
- Pesquisa-ação é pesquisa simultânea com ação. O objetivo é fazer com que a ação seja mais efetiva, uma vez que ela é construída simultaneamente com o desenvolvimento do conhecimento científico;
- Finalmente, a pesquisa-ação é ao mesmo tempo uma seqüência de eventos e uma aproximação para solução de problemas. Como uma seqüência de eventos compreende ciclos que envolvem coleta de dados, análise dos mesmos, planejamento de ação, ação e avaliação. Como um método para resolver problemas, é uma aplicação do método científico para problemas práticos que necessitam de soluções que envolvam ação e a colaboração e cooperação dos pesquisadores e dos membros do sistema organizacional alvo de estudo. Coughlan e Coughlan (2002) finalizam com a conclusão de que os resultados desejados com uma pesquisa-ação não são apenas soluções para os problemas, mas também um importante aprendizado sobre os resultados desejados e indesejados. Além disto, se trata de uma contribuição à teoria e ao conhecimento científico.

## 5.1 Diagnóstico

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 empresa, 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, disponíveis da empresa. Através destes dados foi possível construir um Diagrama de Pareto com as principais falhas quanto ao critério frequência de ocorrências, no ano de 2003, conforme mostrado na Figura 3.

Deste modo, as falhas apresentadas no Diagrama de Pareto serviram de base para começar a fase de padronização e mapeamento. Nas 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 “Interrupção no Fornecimento 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 e que foram importantes em fases posteriores, dizem respeito à dinâmica das ocorrências e às maneiras de se identificar falhas no sistema de distribuição de energia elétrica.

Com relação às ocorrências, elas são priorizadas da seguinte maneira:

- Emergenciais: são de máxima prioridade, pois envolvem a salvaguarda de vida humana. Por este motivo implica na interrupção no fornecimento de energia;
- De urgência: 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.).

Com relação às maneiras de se identificar uma ocorrência de falha elétrica no sistema elétrico de distribuição, existem três formas. A primeira trata da atuação de dispositivos que imediatamente retiram de operação uma certa parte do sistema. A segunda maneira, mais subjetiva, trata 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.).

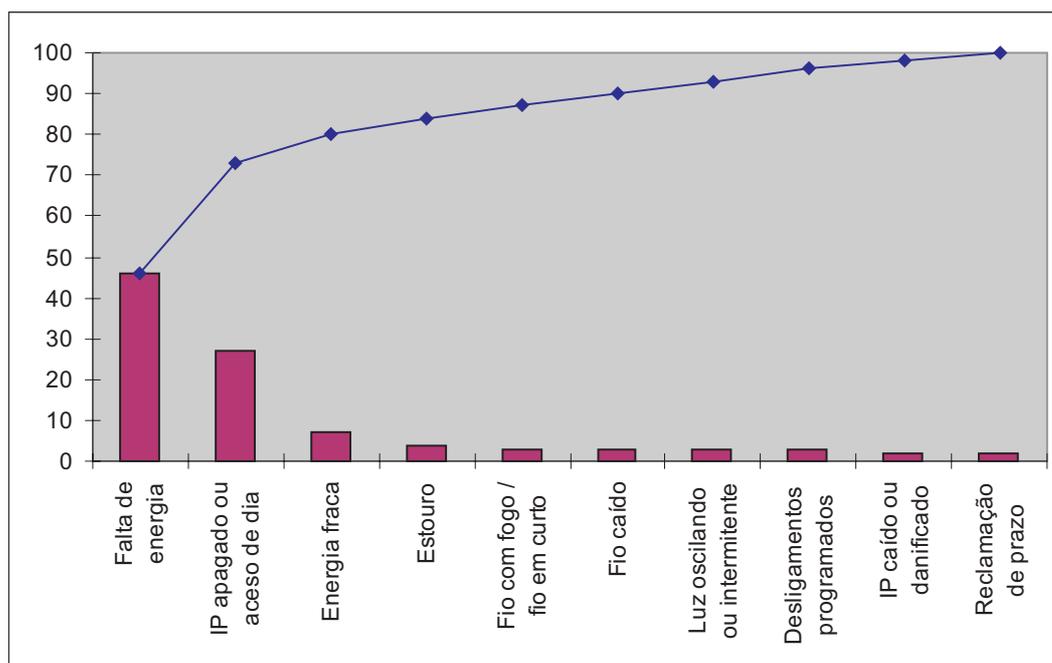


Figura 3 – Diagrama de Pareto das solicitações de emergência mais ocorridas em 2003

## 5.2 Padronização

Após a fase inicial de diagnóstico, começaram a ser realizadas reuniões com uma equipe de especialistas que foi denominada “Grupo de Análise de Falhas”. Este grupo foi composto por cinco especialistas que trabalham em diferentes setores da empresa e o grupo de Gestão da Produção da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Os autores deste trabalho eram membros da equipe. Ainda é importante salientar que os funcionários da empresa escolhidos para comporem o “Grupo de Análise de Falhas” foram indicados por sua experiência e conhecimento. Além disto, foi exigido que estes funcionários fossem de áreas diferentes, pois a diversidade de informações ajudaria mais durante o mapeamento.

A importância destas pessoas neste trabalho deve-se ao fato de que no desenvolvimento de uma iniciativa de Gestão do Conhecimento, as pessoas são peças-chave, pois, segundo Silveira (2004), alguns investigadores asseguram que o conhecimento não existe fora das mentes das pessoas. O conhecimento fora do “conhecedor” é apenas informação.

O trabalho apresentado aqui foi realizado em doze encontros ao longo de seis meses, durante o ano de 2004. Foram utilizados encontros de dois dias a cada mês. Para o desenvolvimento das atividades do Grupo de Análise de Falhas, com vistas à obtenção dos mapas de falhas, o grupo de Gestão da Produção da UNIFEI desenvolveu uma metodologia (Fagundes *et al.*, 2004), conforme mostrado na Figura 4. A utilização da metodologia apresentada neste trabalho possibilitou conduzir o processo de geração dos mapas de falhas de uma maneira que em muito facilitou o processo de externalização do conhecimento (transferência do conhecimento tácito dos especialistas para o conhecimento explícito, expresso nos mapas de causa e efeito). A metodologia parte do pressuposto de que 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.

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 que atuam na rotina do dia-a-dia, tratar falhas como causas e vice-versa. Feito isto, a metodologia de condução dos trabalhos para detecção, seleção, mapeamento e análise de falhas e causas foi mostrada à equipe.

Na fase 2, que consistiu na definição da origem das causas das falhas, o Grupo de Análise de Falhas foi reunido, e com base na experiência e nos dados da empresa foram determinadas treze origens de causas de falhas na empresa: vandalismo, procedimentos, fatores ambientais, fenômenos naturais, furto, fraude, fator humano, acidentes, externo, comunicação, contingência, econômica e vida útil. A razão que leva à cada uma destas origens foi detalhada, assim como as ações gerenciais que já foram tomadas para resolvê-las quando elas ocorreram. A determinação destas origens significa que todos os modos de falhas que foram mapeados devem ter pelo menos uma destas origens. Ou seja, estas origens serão alvo da atuação gerencial, pois são elas que desencadeiam o processo que leva à ocorrência das falhas.

- **Vandalismo:** esta origem implica que a falha ocorre porque alguém, intencionalmente, joga algum objeto na rede ou realiza outro ato com a intenção de lesar o sistema de distribuição. Conforme o relatado pelos funcionários da empresa durante as reuniões, um exemplo de vandalismo é quando indivíduos realizam ações que levam à paralisação do fornecimento de energia com o objetivo de escurecer determinada área e facilitar tráficos e assaltos. Durante os encontros, os funcionários da empresa citaram o seguinte caso: crianças da periferia de uma das cidades da região jogavam objetos na rede para provocar falta de energia. A empresa promoveu uma campanha de conscientização em conjunto com escolas da região e levou algumas crianças para visitar hospitais. Durante estas visitas, as crianças puderam perceber que o que faziam podia provocar a morte de vizinhos e conhecidos que estavam internados nos hospitais, além dos recém-nascidos que dependiam de estufas. Esta simples ação gerencial diminuiu surpreendentemente a quantidade de interrupções devido a esta origem;
- **Procedimentos:** alguns exemplos de falhas que têm como origem procedimento, são projetos ineficientes; normas e regras equivocadas, inclusive de higiene e segurança do trabalho; planos mal-elaborados; falta ou não observância de legislação específica. A ação gerencial demanda revisões das normas e procedimentos onde forem encontrados erros; conscientização dos funcionários para o respeito à legislação existente; correção e aprimoramento de projetos que se demonstrem ineficientes e de planos que foram mal-elaborados;
- **Fatores Ambientais:** pássaros podem provocar curto circuito quando tocam os fios. Outros animais que também podem prejudicar o sistema de distribuição, conforme o relatado pelos funcionários durante as reuniões, tais como gambás e cobras; Árvores também são responsáveis por grande

quantidade dos curtos-circuitos. A poluição, por sua vez, pode provocar corrosão de alguns componentes da rede de distribuição. A atuação gerencial para a origem “fatores ambientais” no caso de pássaros é colocar dispositivos que evitem que os fios tenham contato. Uma programação bem elaborada de podas de árvores resolve os curtos-circuitos provocados por árvores. É importante ressaltar que na região litorânea as árvores crescem com maior rapidez devido ao clima e precisam de um monitoramento ainda mais rigoroso para não causar danos à rede elétrica. Para evitar que componentes danificados pela corrosão sejam causadores de danos no sistema de distribuição, é necessário um programa de manutenção que monitore a eficiência dos equipamentos e quando eles precisam ser substituídos;

- Fenômenos Naturais: esta origem representa os danos causados por descargas atmosféricas, maresia, chuva, vento forte, inundação, erosão. Os prejuízos causados pelas descargas atmosféricas são amenizados com a instalação de pára-raios em locais estratégicos. Já os efeitos da maresia sobre os equipamentos são monitorados da mesma forma que o citado anteriormente para corrosão. A

instalação de dispositivos que evitem o contato de fios ameniza os danos causados pelos ventos fortes;

- Furto: esta origem refere-se aos danos causados por apropriação de ativos (roubo de material). De acordo com o relatado pelos funcionários é cada vez mais comum que pessoas roubem todo tipo de material, principalmente os que contêm metais nobres e podem ser vendidos. Nestes roubos as pessoas arriscam a própria vida ao terem contato com altas tensões. Estes prejuízos são grandiosos para qualquer concessionária de energia. Um jornal especializado, *EFEI Energy News* (2002), cita que a Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig) estima que nos últimos dois anos teve um prejuízo de mais de R\$ 500 mil com furto de cabos de alumínio. Segundo o gerente de negócios da empresa, na época cada quilômetro de cabo de alumínio usado para fazer o retorno de energia para a subestação custava R\$ 831,00. O mesmo jornal cita que outro alvo dos bandidos são os transformadores. O Núcleo de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em Montes Claros, foi vítima dos ladrões sete vezes em apenas um ano. Ao todo, os bandidos levaram três transformadores e quase um quilômetro de cabos. A maior

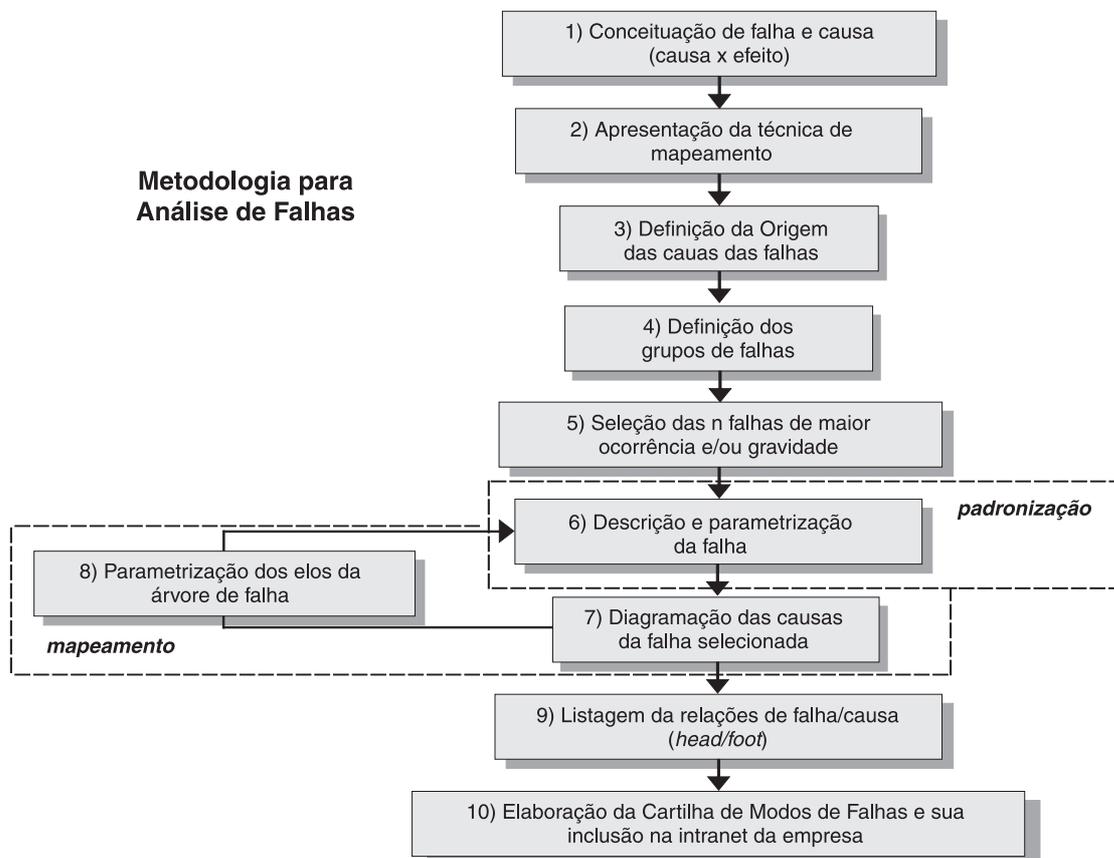


Figura 4 – Metodologia para Análise de Falhas

suspeita é que estes materiais são vendidos para ferros velhos;

- Fraude: a fraude refere-se ao roubo de energia através de adulteração do medidor, adulteração do padrão e furto de energia antes do ponto de entrega (“gato”). Um exemplo do prejuízo desta origem para as concessionárias é o da concessionária Escelsa que perde anualmente mais de 4,4% de toda a energia que fornece aos mais de 922 mil clientes no estado do Espírito Santo apenas com ligações clandestinas (EFEI ENERGY NEWS, 2002). Outro exemplo do prejuízo causado pela fraude é o citado no *site* da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL, 2004): esta concessionária estima que apenas em Campinas existam oito mil ligações clandestinas, responsáveis por um prejuízo de R\$ 1 milhão ao ano (considerando apenas se fosse aplicada a tarifa de baixa renda para todos, e a média de consumo de 115 kWh por mês dos clientes regularizados). Os furtos de energia antes do ponto de entrega comprometem todo o sistema, podendo deixar trechos de ruas e até mesmo um bairro inteiro sem energia, além de oferecer riscos de acidentes a quem os executa, pois o consumo desta energia não é planejado. No ano de 2004, a CPFL começou um projeto-piloto para impedir o furto de energia elétrica através do “gato”. De acordo com o relatado no *site* da empresa este projeto implica na aplicação de uma nova tecnologia: cabos concêntricos que partem de uma caixa, no alto do poste, diretamente para o medidor do consumidor – sem conexões intermediárias – impossibilitando ligação à da rede para furtar energia. O novo condutor utilizado para o ramal de ligação é concêntrico, onde em um único condutor estão as fases, isoladas e envolvidas pelo neutro, dificultando desta forma o furto da energia. Caso haja rompimento da isolamento, pode provocar curto-circuito. Essa nova tecnologia empregada é chamada rede secundária anti-furto e possui uma caixa com barramentos isolada e lacrada, onde os cabos saem diretamente para os bornes do medidor, atendendo os clientes com nível de tensão e qualidade adequados. Mesmo que o lacre seja rompido, não há como ter acesso aos cabos sem provocar um curto-circuito que desligará toda a rede, além de não oferecer riscos para o fraudador;
- Fator Humano: as falhas que têm fator humano como origem são aquelas provocadas por profissionais, tanto os da própria empresa quanto os terceirizados. O “fator humano” pode cometer erros por falta de treinamento, falta de motivação, por irresponsabilidade ou por desrespeito às normas e procedimentos vigentes, inclusive de higiene e segurança do trabalho. Desta forma, o que a empresa já fez e ainda tem feito para evitar falhas provenientes desta origem, é dar treinamento adequado aos

funcionários e motivá-los;

- Acidentes: casualidades tais como abalroamento, pipa, incêndio, balões, interferência por cruzamento de linhas, podem afetar o sistema de distribuição e referem-se à origem de acidentes;
- Externo: esta origem implica em falhas sentidas pelos clientes que não são de responsabilidade da concessionária. As falhas podem ocorrer devido a problemas de fornecedores da distribuidora (empresas geradoras e transmissoras de energia elétrica, além de prestadores de serviços terceirizados), problemas nas instalações dos clientes ou em outras concessionárias e operadoras de telefonia celular;
- Comunicação: origem que implica na falta de adequada comunicação da empresa junto a seus clientes e autoridades com relação a desligamentos programados, qualidade da energia e divisão de responsabilidades. Comunicação ineficiente entre os setores da própria empresa distribuidora também são pertencentes a esta origem;
- Contingência: quando há uma configuração alternativa não usual do sistema, implicando no aumento da vulnerabilidade momentânea do mesmo, existe a possibilidade de ocorrer alguma falha cuja origem é a contingência. Um exemplo prático desta origem é um circuito duplo alimentando enquanto o sistema alternativo está sob manutenção, o que implica em alto potencial de risco;
- Econômica: restrições orçamentárias, risco calculado e inviabilidade econômica podem ser a causa de não investimento em equipamentos, técnicas e outros itens que seriam capazes de evitar a ocorrência de algum tipo de falha;
- Vida útil: o próprio desgaste natural dos equipamentos, ou seja, os alcances do tempo de vida úteis dos equipamentos/componentes farão que os mesmos falhem se não forem trocados, o que ocasionará em avarias no sistema de distribuição.

Concluída a etapa 2, tiveram início as etapas de definição de grupos de falhas e de seleção/ordenação de falhas. As fases de padronização e mapeamento definiram o cerne do processo de mapeamento. Os especialistas dos diferentes setores da empresa e da área acadêmica reuniram-se para um esforço conjunto, onde a técnica do *brainstorming* foi largamente utilizada.

Com a finalidade de agrupar falhas que apresentam impactos semelhantes para o consumidor (etapa 3 da metodologia), foram criados quatro Grupos de Falhas: Interrupção no Fornecimento de Energia, Grupo IP (Iluminação Pública), Qualidade Técnica da Energia e Qualidade do Atendimento. Isto significa que todas as falhas que ocasionam interrupção no fornecimento de



Figura 5 – Diagrama de Afinidade das principais falhas levantadas

energia elétrica, por exemplo, foram agrupadas no primeiro grupo e assim sucessivamente para os demais grupos. Posteriormente, para cada grupo, foram levantadas as falhas que mais ocorrem (etapa 4), conforme mostrado na Figura 5, tudo isto com o auxílio do Diagrama de Afinidade.

O Grupo Interrupção no Fornecimento de Energia contém as falhas que compõem a primeira coluna do Diagrama de Pareto, mostrado na Figura 3. As demais falhas da mesma figura foram agrupadas nos outros grupos de acordo com o impacto sentido pelo cliente.

Na fase inicial (etapas de 1 a 4 da metodologia) foram utilizadas três formas de conversão do conhecimento: a socialização, a externalização e a combinação. A socialização ocorreu através das sessões de *brainstorming*. Os funcionários relataram, nestas sessões, as falhas mais ocorridas em cada setor de acordo com a experiência de cada um. A combinação ocorreu principalmente através da utilização dos documentos existentes na empresa e que, de alguma forma, traziam registros referentes às falhas ocorridas. Também a combinação ocorreu devido às reuniões formais. O registro de todas as informações adquiridas nas sessões de *brainstorming*, nos documentos e nas reuniões formais, que geraram a Figura 5, implicou no uso da externalização.

Logo após, foi iniciada a fase de mapeamento. É importante detalhar que o mapeamento inclui a padronização, diagramação e parametrização das falhas. De fato, embora se apresentem como fases distintas, na

prática ambas as etapas (5 e 6) ocorreram quase que simultaneamente, onde padronização e diagramação passaram a ser entendidos conceitualmente como o processo de mapeamento em si.

### 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 6 facilita o entendimento de como a etapa de diagramação foi realizada: a “cabeça da árvore”, também chamada 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 a 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.

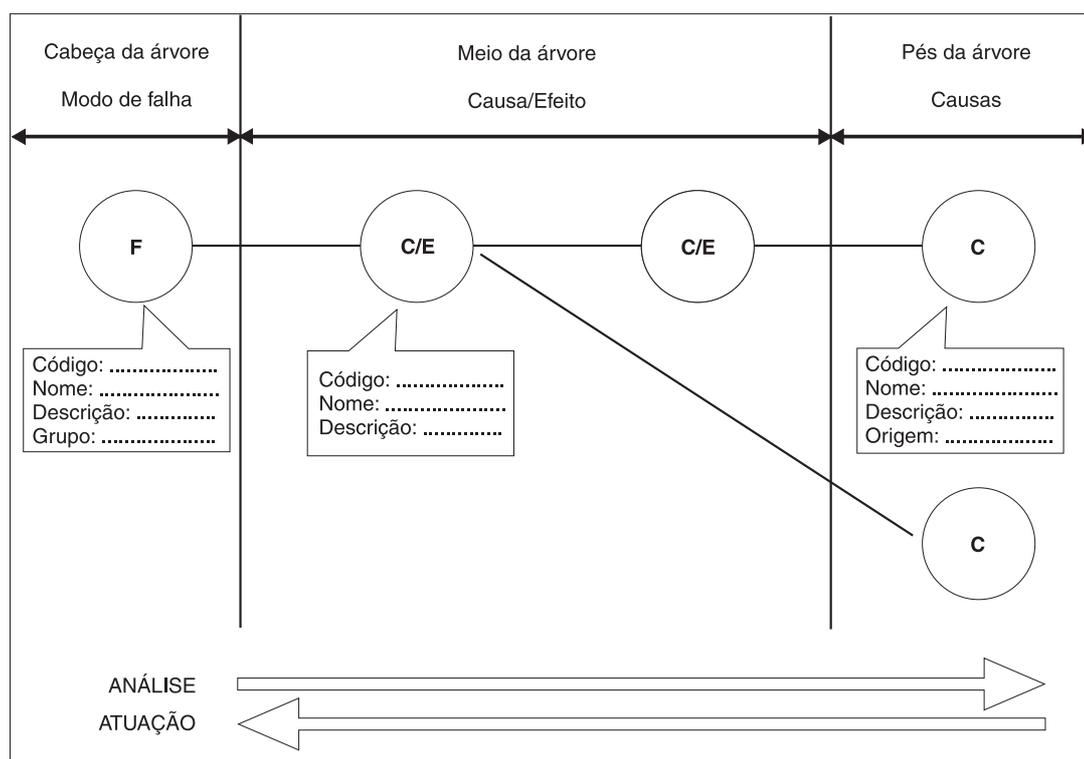


Figura 6 – Diagramação e parametrização das falhas

Também na fase de diagramação foram utilizadas três formas de conversão do conhecimento: a socialização, a externalização e a combinação. A socialização ocorreu novamente através das sessões de *brainstorming*. Os funcionários e acadêmicos contribuíram cada um com seus conhecimentos para a montagem dos diagramas. A combinação ocorreu através da utilização de teorias dos livros, dos documentos da empresa e de normas do setor de energia elétrica. O registro dos diagramas desenvolvidos, assim como das informações referentes a eles, caracterizou a externalização.

Nesta etapa foi utilizado o Diagrama de Árvore. A Figura 7 mostra o mapeamento da falha “Pára-raio aberto”, pertencente ao Grupo Interrupção do Fornecimento de Energia. As falhas situadas mais à jusante é que serão alvo direto de atuação gerencial, para evitar a reincidência da “cabeça da árvore” ou evento de topo. Todas as outras falhas que aparecem no Diagrama de Afinidades (Figura 4) foram diagramadas seguindo o mesmo raciocínio.

#### 5.4 Parametrização

A última etapa do mapeamento foi a parametrização, que consistiu em detalhar cada falha. A Figura 5, 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, “Pára-raio aberto”;
- 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 4);
- 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

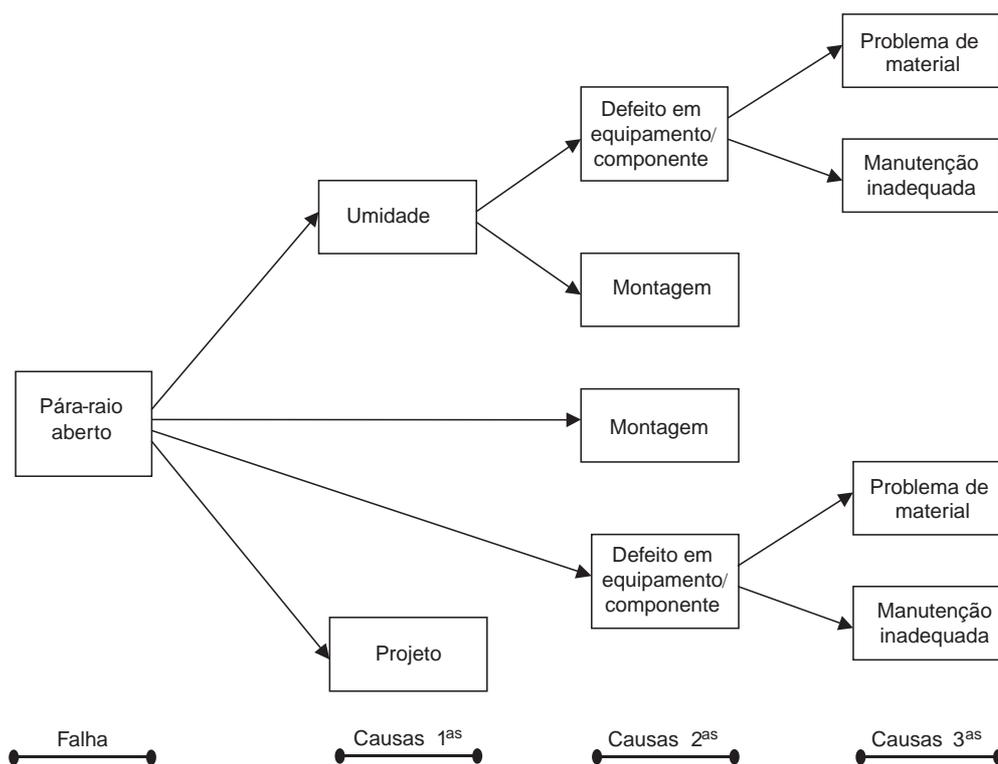


Figura 7 – Diagrama Sistemático da falha “Pára-raio aberto”

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 passa 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 é essencial na parametrização dos pés das árvores, pode constar também na parametrização de outros nós, se for conveniente.

A parametrização do diagrama da Figura 6 encontra-se a seguir com os itens considerados mais importantes: nome do nó, descrição e origem (quando existe).

Nó: Pára-Raio Aberto.

Descrição: O pára-raio é o dispositivo destinado a proteger o equipamento elétrico contra sobretensões transitórias elevadas e a limitar a duração e, com frequência, a intensidade da corrente subsequente (RGE, 2005). Pára-raio aberto é uma avaria da resistência não-linear do pára-raio; inclui o sistema de aterramento (malha e terra).

Origem: Vida Útil.

Nó: Umidade.

Descrição: umidade penetra no pára-raio, principalmente a água da chuva.

Origem: Fenômenos Naturais.

Nó: Projeto.

Descrição: Projeto inadequado do sistema de pára-raio; interligação de pára-raios por fio rígido na prumada de aterramento; número/posição/especificação dos pára-raios no projeto do sistema (subestação ou rede).

Origem: Procedimentos.

Nó: Defeito em Equipamento/Componente.

Descrição: Defeito decorrente do uso, fabricação, transporte, manuseio, instalação, etc. A determinação

de suas causas dependerá de uma investigação criteriosa da engenharia.

Origem: Procedimentos, Fraude, Vandalismo, Fator Humano e Fenômenos Naturais.

Nó: Montagem.

Descrição: houve algum erro durante a montagem que propicia condições que podem levar a falhas. Esta montagem equivocada pode ocorrer pela existência de procedimentos errados, por erro involuntário do próprio funcionário durante a montagem ou por erro voluntário, o que caracteriza a fraude.

Origem: Procedimentos, Fator Humano e Fraude.

Nó: Problema de Material.

Descrição: Problema com materiais que compõem a rede elétrica ou do próprio equipamento (composição, especificação e fabricação).

Origem: Fator Humano, Fraude e Procedimentos.

Nó: Manutenção Inadequada.

Descrição: Manutenção realizada que não retornou ao item as suas condições operacionais originais.

Origem: Fator Humano e Procedimentos.

Nó: Problema de Material.

Descrição: Problema com materiais que compõem a rede elétrica ou do próprio equipamento (composição, especificação e fabricação).

Origem: Fator Humano, Fraude e Procedimentos.

Para facilitar na diagramação e parametrização dos mapas de falhas foi desenvolvido um *software* pelo grupo de Gestão da Produção da UNIFEI. Desta forma, o sistema de informação auxiliou na coleta e armazenamento de informações. A Figura 8 mostra um exemplo do mapa da falha “Problemas de isolamento”, construído com a ajuda do citado *software*. As informações relativas a documentos da empresa, normas do setor elétrico e fotos de ocorrências de falhas puderam ser armazenadas no *software*. Para ter acesso a tais informações basta clicar nos nós (representados por círculos) ou conexões (representadas por setas).

Novamente nesta etapa, os três tipos de conversão do conhecimento utilizados foram: socialização, combinação e a externalização. A socialização ocorreu novamente nestas etapas para diagramação e parametrização através das sessões de *brainstorming*. Os funcionários e acadêmicos contribuíram cada um com seus conhecimentos para a montagem dos diagramas. A combinação ocorreu através da utilização de teorias dos livros, dos documentos da empresa e de normas do setor de energia elétrica. O registro dos diagramas desenvolvidos, assim como das informações referentes a eles, caracterizou a externalização.

Já durante a fase de intervenção gerencial será utilizada a quarta forma de conversão do conhecimento, a internalização.

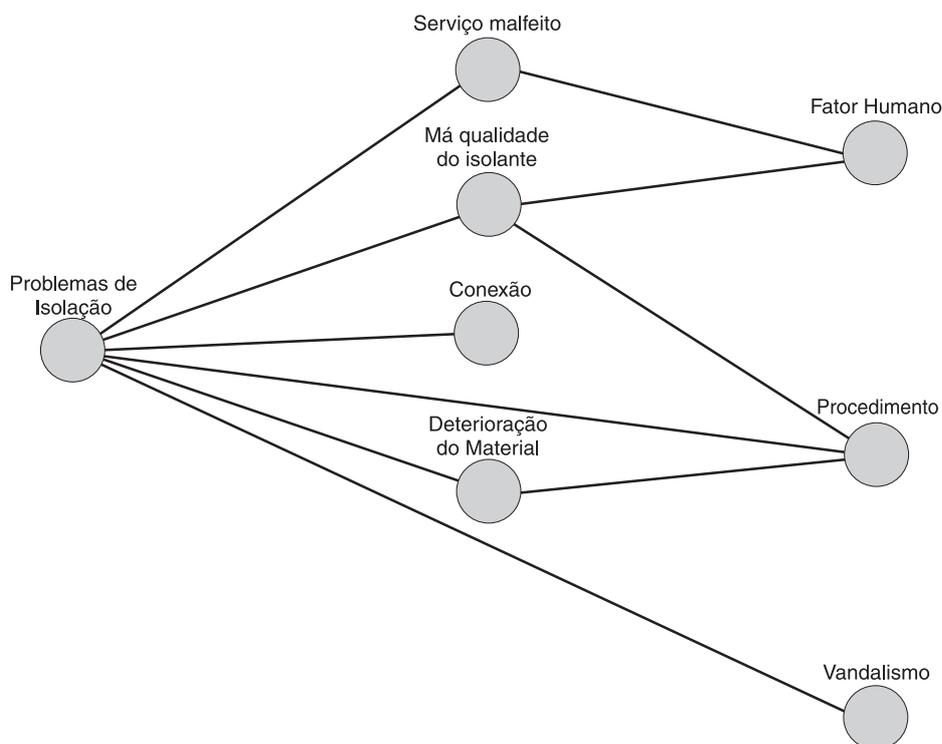


Figura 8 – Exemplo de um modo de falha mapeado utilizando o SI

## 6 Conclusão

Os trabalhos sobre Gestão do Conhecimento geralmente são realizados por pesquisadores da área de sistemas de informação ou da área de ciências humanas. No entanto, o presente estudo mostra a aplicação desta abordagem por usuários do sistema, responsáveis pela operação e gestão, com o objetivo de melhoria no processo de gestão de falhas em uma concessionária do setor elétrico.

Para a realização do trabalho, a abordagem da Gestão do Conhecimento auxiliou na análise de falhas, uma vez que os mapas de falha explicam a relação causa-efeito de maneira pedagógica, ou seja, pressupõe entendimento e ensino no contexto de repasse de informações, experiência e conhecimento.

Os mapas de falha confeccionados a partir do conhecimento dos especialistas garantiram que o conhecimento fosse sistematizado, isto é, organizado segundo a lógica de causa e efeito. Além disto, permitiu também que o conhecimento fosse registrado, isto é, mantido para uso e aprimoramento, considerando-se também repositório de informações pertinentes (fotos, normas, registros, procedimentos, etc.).

As reuniões para o mapeamento das falhas representaram uma oportunidade para a troca de conhecimento entre especialistas do Grupo de Análise de Falhas. Pôde-se perceber que durante as reuniões houve os seguintes tipos de conversão do conhecimento:

- Socialização: porque os funcionários e professores compartilharam suas experiências pessoais adquiridas durante os anos de profissão. Estas experiências foram compartilhadas principalmente através de *brainstorms*. A importância deste tipo de conversão do conhecimento está na existência de fatos e detalhes desconhecidos e ignorados pela teoria, mas que na realidade são fundamentais para melhor qualidade;
- Externalização: ocorreu através do registro do conhecimento tácito dos funcionários e professores nos mapas dos modos de falhas e na parametrização;
- Combinação: a troca de informações explícitas (dados, documentos, resoluções, normas, teorias de livros) durante o mapeamento caracterizou este tipo de conversão do conhecimento no presente trabalho.

Já a utilização deste conhecimento gerado, de agora em diante na empresa caracterizará a Internalização. Isto poderá ser concretizado através do uso de exposições, treinamentos, manuais e documentos, que tornarão possível a internalização do conhecimento pelas

pessoas. Desta forma, por intermédio de formas explícitas de conhecimento, poderá chegar-se ao conhecimento tácito.

## Referências

- ADAMS, E.; FREEMAN, C. Communities of practice: bridging technology and knowledge assessment. *Journal of Knowledge Management*, v.4, n.1, 2000.
- Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Disponível em [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br). Acesso em jan/2005.
- ALAVI, M.; LEIDNER, D. E. Knowledge management systems: issues, challenges, benefits. *Communications of AIS*, v.1, n.7, p. 2-41, 1999.
- ALBERTON, A. *Uma metodologia para auxiliar no gerenciamento de riscos e na seleção de alternativas de investimentos em segurança*. Dissertação (Mestrado em Eng. Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 1996.
- ALMEIDA, D. A.; LEAL, F.; ALMEIDA, R. A. Mapeamento do Processo de Formação de Falhas: Uma Aplicação no Setor Elétrico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA (CBE), 10, *Anais...* Rio de Janeiro, 2004.
- ANDREWS, J. D.; RIDLEY, L. M. Application of the Cause-Consequence Diagram Method to Static System. *Reliability Engineering & System Safety*, 2002, v. 75, p. 47-58.
- ANJARD, R. P. Management and planning tools. *Training for Quality*, v.3, n.2, p. 34-37, 1995.
- BEIJERSE, R. Questions in knowledge management: defining and conceptualizing a phenomenon. *Journal of Knowledge Management*, v.3, n.2, 1999.
- BRYMAN, A. *Research Methods and organization studies*. London: Unwin Hyman, cap. 03, 1989.
- Comitê de Distribuição. Planejamento de Sistemas de Distribuição. v. 1, 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1982.
- COUGHLAN, P.; COUGHLAN, D. Action Research-Action research for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, v.22, n.2, pp. 220-240, 2002.
- DAVENPORT, T.; PRUSAK, L. *Conhecimento Empresarial – Como as organizações gerenciam o seu*

capital intelectual – métodos e aplicações práticas. 5. ed. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1998.

DIKMEN, I.; BIRGONUL, M.T.; KIZILTAS, S. Strategic use of quality function deployment (QFD) in the construction industry. *Building and Environment*, v.40, n.2, pp. 245-255, 2004.

EFEI Energy News. Ano 3, n. 266, Edição 020705, Julho 2002. Disponível em <http://www.energynews.efei.br/anterior/EEN-020705.htm>. Acesso em dez/2004.

FAGUNDES, L. D.; ALMEIDA, D. A.; LEAL, F. Metodologia de gestão de falhas para empresas do setor elétrico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 24. *Anais...* Florianópolis/SC, 2004.

GRAY, P. A problem solving perspective on knowledge management practice. *Decision Support Systems*, 31, 2001, 87-102.

HANSEN, M. T.; NOHRIA, N.; TIERNEY, T. What's your strategy for managing knowledge? Harvard Business Review on Organizational Learning. *Harvard Business Review Paperback*, 2001, pp. 61-86.

HE, Z.; STAPLES, G.; ROSS, M.; COURT, I. Fourteen Japanese quality tools in software process improvement. *The TQM Magazine*, v. 8, n.4, p. 40-44, 1996.

IEC 50 (191). *International Electrotechnical Vocabulary*. Chapter 191 – Dependability and quality of service. Int. Electrotechnical Commission, Geneva, 1990.

KARSAK, E. E.; SOZER, S.; ALPTEKIN, E. Product planning in quality function deployment using a combined analytic network process and goal programming approach. *Computers & Industrial Engineering*, v. 44, n. 1, pp 171-190, 2002.

LAUDON, K. C.; LAUDON, L. P. *Management Information Systems: Managing the Digital Firm*. 8. ed., New Jersey, 2004.

LEITE, V. F. *Gestão do Conhecimento em Empresas de Itajubá: Um Estudo Exploratório*. Dissertação (Mestrado em Eng. Produção). Programa de Pós-

Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, 2001.

MIZUNO, S. *Gerência para melhoria da qualidade: as sete novas ferramentas de controle da qualidade*. LTC – Livros Técnicos e Científicos Ed., 1993. 312 p.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. *Criação de Conhecimento na Empresa. Como as empresas Japonesas geram a dinâmica da inovação*. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

NUNES, E. L. *Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC): análise da implantação em uma sistemática de manutenção preventiva consolidada*. Dissertação (Mestrado em Eng. Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2001.

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

Resolução nº 24 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), 27 de janeiro de 2000.

Resolução nº 505 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), 26 de novembro de 2001.

Rio Grande Energia (RGE). Disponível em [www.rgers.com.br/informese/glossario.asp](http://www.rgers.com.br/informese/glossario.asp). Acesso em fev/2005.

SCHOCKLEY III, W. Planning for Knowledge Management. *Quality Progress*, p.57-62, Março 2000.

SILVEIRA, A. A. *Gestão do conhecimento como ênfase na aprendizagem organizacional: um estudo de multi-caso no contexto bancário*. Dissertação (Mestrado em Eng. Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, 2004.

SRDOC, A.; RIJEKA, C.; SLUGA, A.; BRATKO, I. A quality management model based on the “deep quality concept”. *International Journal of Quality & Reliability Management*. v. 22, n. 3, pp. 278-302, 2005.

XU, JUN; QUADDUS, MOHAMMED. Adoption and diffusion of knowledge management systems: an Australian survey. *Journal of Management Development*, v. 24, n. 4, pp. 335-361, 2005. ■

