



X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA

Transporte e Distribuição de Energia

MAPEAMENTO DO PROCESSO DE FORMAÇÃO DE FALHAS: UMA APLICAÇÃO NO SETOR ELÉTRICO

Dagoberto Alves de Almeida¹

Fabiano Leal²

Roberto Alves de Almeida³

RESUMO

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) tem como um de seus objetivos garantir a qualidade da energia, incentivando as distribuidoras de energia a evitarem ao máximo a ocorrência de falhas. Dentro deste contexto, este trabalho apresenta uma metodologia para mapeamento do processo de formação de falhas, através da definição dos conceitos de falha e causa, bem como a formação de equipes multidepartamentais para a realização de *brainstormings*, visando a padronização e parametrização de falhas e causas, agrupadas em grupos de afinidades (grupos de falhas e origens de causas). Por fim, a metodologia apresenta o uso do *diagrama sistemático de causa e efeito*, para a representação da lógica da gênese da falha.

Palavras-chaves: distribuição, falhas, mapeamento.

1. INTRODUÇÃO

A distribuição de energia elétrica pode ser considerada um dos serviços de maior importância para a população, sendo a energia um dos recursos básicos ao desenvolvimento.

Através de alguns indicadores, a ANEEL exerce um controle rigoroso sobre as concessionárias. Este controle tem por objetivo garantir a qualidade da energia, ou seja, incentivar 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

¹Universidade Federal de Itajubá - Caixa Postal 50, CEP 37500-903, Itajubá - MG, - (35) 3629 1150 - dagoberto@unifei.edu.br

²Universidade Federal de Itajubá - fleal@unifei.edu.br

³Universidade Federal de Itajubá - roberto@unifei.edu.br

de energia elétrica, a interrupção do fornecimento de energia apresenta alta gravidade e influencia negativamente os índices de continuidade.

A metodologia de mapeamento do processo de formação de falhas, apresentada neste artigo, visa aumentar a excelência operacional no processo de gestão das falhas. De uma forma geral, as falhas são responsáveis pela redução da produtividade do sistema. Através de conhecimentos mais precisos torna-se possível administrar adequadamente os recursos da empresa, tanto técnicos quanto materiais. Para o desenvolvimento do estudo, contou-se com o auxílio de especialistas que trabalham em concessionária de distribuição de energia elétrica e professores e mestrandos da Engenharia Elétrica e Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá.

A primeira parte deste trabalho apresenta uma conceituação de falha e causa. A seguir, apresenta-se uma abordagem sobre algumas técnicas da Qualidade Total, que formam a base de uma metodologia de mapeamento de falhas, apresentada no final deste artigo.

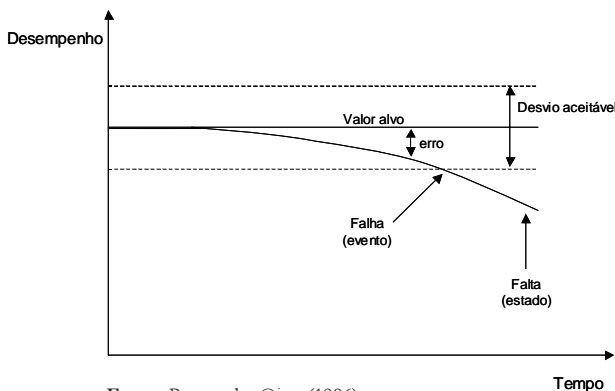
2. Falhas e Causas

De acordo com Rausand e Oien (1996), a falha representa um conceito fundamental para a análise de confiabilidade, sendo a falha definida como o término da habilidade de um item para o desempenho de uma requerida função. A qualidade de uma análise de confiabilidade depende fortemente da habilidade do analista em identificar todas as funções desempenhadas pelos componentes e as possíveis falhas com potencial de ocorrência.

O termo “falha” é frequentemente confundido com os termos “falta” e “erro”. Segundo Rausand e Oien (1996), existem várias definições para estes termos. De acordo com o IEC 50 (191), *International Electrotechnical Commission*, um erro é a discrepância entre um valor (ou condição) medido, observado ou computado, e a verdade (especificada ou teoricamente correta). Um erro não é uma falha pelo fato de estar dentro de limites aceitáveis de desvio de um desempenho desejado (valor alvo).

Ainda de acordo com o IEC 50 (191), 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. A Figura 01 demonstra a relação entre falha, erro e falta.

Figura 01 – Conceituação de erro, falha e falta



Fonte: Rausand e Oien (1996)

Ainda de acordo com o IEC 50 (191), a causa da falha pode ser definida como sendo a circunstância, durante o projeto, manufatura ou uso, na qual tenha conduzido à falha. A causa da falha é parte necessária da informação para evitar a falha ou sua recorrência.

3. Ferramentas de controle da qualidade

Para o mapeamento de falhas proposto neste artigo, faz-se uso da combinação de duas ferramentas de controle da qualidade: o diagrama de afinidades e o diagrama de árvore (ou diagrama sistemático).

De acordo com Mizuno (1993), sete ferramentas de controle foram agrupadas, sendo denominadas de 7 ferramentas de controle da qualidade. Nos anos 80, novas sete ferramentas foram compiladas, constituindo 14 ferramentas (com as sete antigas). Estas ferramentas estão representadas na Tabela 01.

Tabela 01 – 14 ferramentas de controle da qualidade

7 ferramentas de controle da qualidade	7 novas ferramentas de controle da qualidade
Diagrama de causa e efeito	Diagrama de relações
Gráfico de Pareto	Diagrama de afinidade
Folha de verificação	Diagrama de árvore (diagrama sistemático ou de hierarquia)
Histograma	Diagrama de matriz
Diagrama de dispersão	Matriz de priorização
Gráfico de controle	Gráfico do programa do processo de decisão
Gráficos variados	Diagrama de seta

Segundo He *et al.* (1996), as sete novas ferramentas não são tão conhecidas quanto às sete antigas ferramentas, porque as novas ferramentas estão mais no plano estratégico da qualidade, sendo mais qualitativas e com suas formatações ainda em aberto. As novas ferramentas iniciaram uma nova era na qualidade, baseada em dois requerimentos fundamentais: a criação de valor agregado acima das necessidades dos clientes e a prevenção de falhas no reconhecimento das necessidades dos clientes, ao invés da retificação.

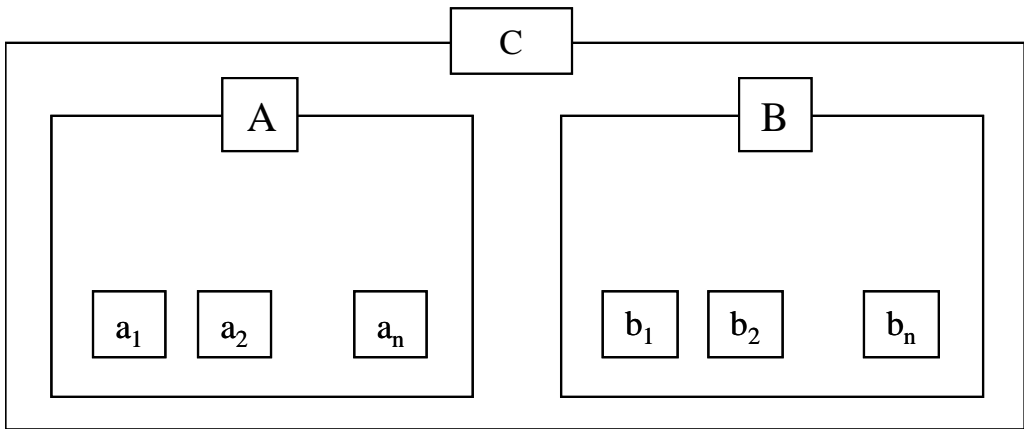
3.1 Diagrama de Afinidade

O Diagrama de Afinidade, segundo Mizuno (1993), esclarece problemas ou situações importantes, cujo estado inicial é confuso, desordenado ou inexplorado. Dados verbais coletados sobre o problema são agrupados 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 estes 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 está representada na Figura 02.

Figura 02 – Diagrama de afinidades utilizado no agrupamento de falhas afins.



Um mesmo evento pode ser definido por diversos nomes a_i ($i = 1$ até n) pelos departamentos, conforme mostra a Figura 02. 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).

No trabalho realizado, as falhas foram agrupadas em Grupos de Falhas, assim como foram criados Origens de Causas. Esta questão será discutida no item “modelo de mapeamento de falhas”, do presente artigo.

3.2 Diagrama de Árvore

A apresentação da falha e seu encadeamento lógico com suas causas se dão através do Diagrama de Árvore. De acordo com He *et al.* (1996), o diagrama de árvore (diagrama de hierarquia, ou diagrama sistemático) é utilizado de maneira *top-down*, para detalhar um evento de topo em sucessivos níveis.

O diagrama de árvore representa acontecimentos na forma de uma árvore e seus galhos. 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 elos 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.

4. Modelo de mapeamento de falhas

Para esta pesquisa o método contemplado é a pesquisa-ação. Segundo Bryman (1989) pesquisa-ação é uma abordagem para pesquisas sociais aplicadas nas quais a ação do pesquisador e o objeto de pesquisa interagem para o desenvolvimento de um diagnóstico e de uma solução para o problema.

Segundo Ganim (2003), a atividade de distribuição tem suas instalações compostas de linhas, redes, subestações e demais equipamentos associados, em tensões inferiores a 230 kV, ou instalações em tensão igual ou superior, quando especificamente definidas pela Aneel.

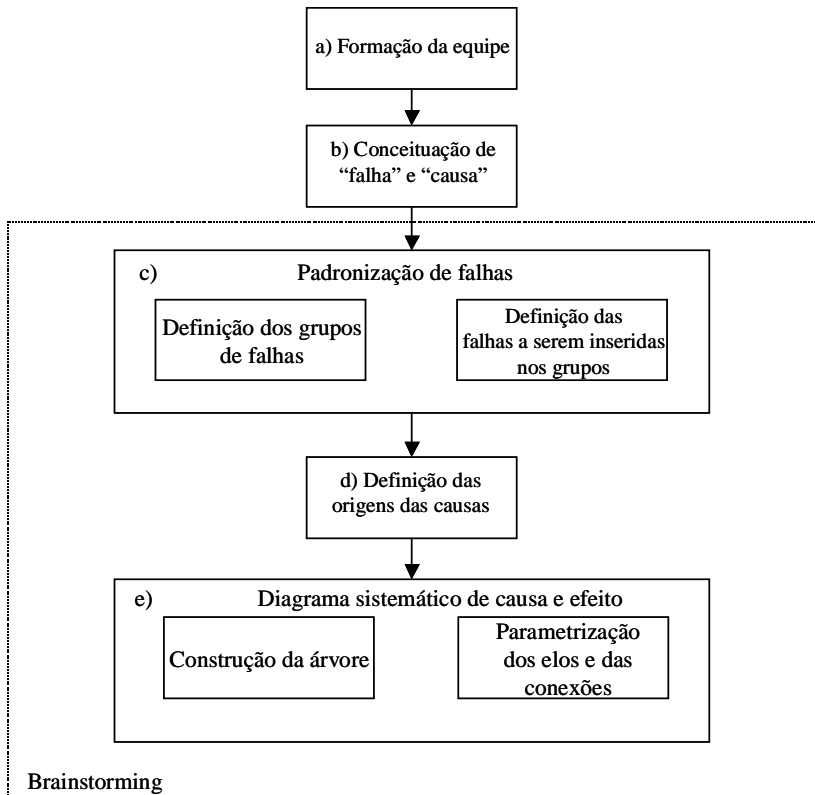
A Figura 03 apresenta o modelo desenvolvido e utilizado para o mapeamento de falhas. Este mapeamento apresenta como resultado as árvores de falhas com os elos padronizados e parametrizados.

De acordo com a Figura 03, o modelo está assim dividido:

a) Formação da equipe

O mapeamento de falhas constitui um trabalho de equipe envolvendo não somente o pesquisador, mas também membros da própria organização, já que se pretende utilizar ao máximo o raciocínio multidirecional. Tem-se a intenção de obter um diagrama que faça uma descrição bastante ampla do tema. Portanto, é conveniente que a equipe seja multidisciplinar e multidepartamental.

Figura 03 - Modelo de mapeamento de falhas.



b) Conceituação de “falha” e “causa”

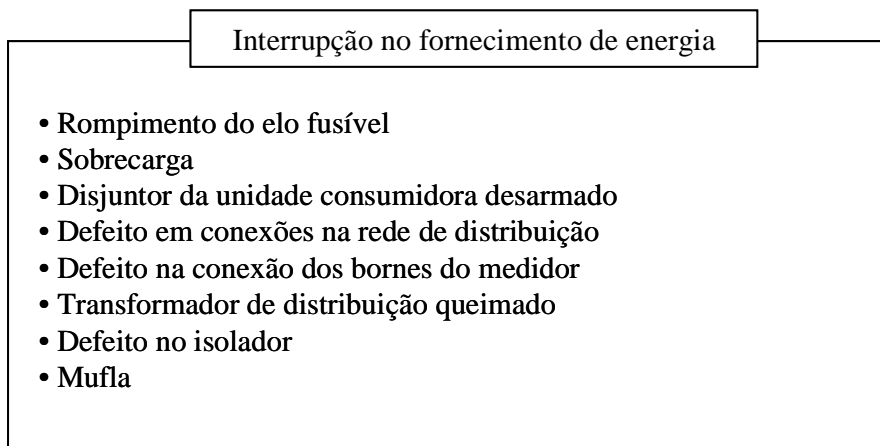
Após a formação da equipe, torna-se necessário esclarecer aos membros da equipe os conceitos de falha e causa, para evitar problemas do mau uso das duas expressões. Esta etapa é fundamental para a construção da lógica da árvore.

c) Padronização de falhas

Para o levantamento das falhas e suas causas são realizados *brainstormings* com os membros do grupo. Inicialmente, a equipe define as falhas do processo e as divide em grupos de afinidade.

A Figura 04 exemplifica um agrupamento nomeado “Interrupção no fornecimento de energia”. “Qualidade da energia” e “Qualidade do atendimento” também pode ser citados como agrupamentos de falhas afins.

Figura 04 – Grupo de falhas selecionadas “Interrupção no fornecimento de energia”.



Ao considerar a “Interrupção do fornecimento de energia” como uma falha, e não como um conjunto, haveria a ocorrência de uma ramificação muito extensa para as causas primárias (rompimento do elo fusível, sobrecarga, etc.). Portanto, no grupo (ou conjunto) “Interrupção do fornecimento de energia”, existem várias falhas cuja afinidade consiste no fato de provocarem (efeito percebido) interrupção no fornecimento de energia.

A padronização, mais do que a montagem de grupos, significa a criação de uma semântica da falha (nome e descrição).

d) Definição das origens das causas

Ainda utilizando a idéia do diagrama de afinidades, são definidas as origens das causas. As origens são grupos, com características afins, que originam todos os efeitos subsequentes, até a conseqüência final, a falha.

Esta definição permite criar uma convergência dos ramos da árvore até as origens padronizadas de causas. A Tabela 02 representa as origens definidas.

Tabela 02 – Agrupamento em origens de causas e descrições.

ORIGENS	DESCRIÇÃO
Programada	Não obediência aos prazos de programação de desenvolvimento da atividade.
Fenômenos naturais	Tempestades, descargas atmosféricas, inundações, ventania, temperatura, umidade.
Meio ambiente	Animais diversos (interrupção em linhas aérea e subterrânea), erosão, árvore, poluição, queimadas.
Externa ao sistema	Suprimento de energia à concessionária (Sistema de Geração e Transmissão), instalação do cliente.
Fator Humano	Não obediência aos procedimentos e normas vigentes (concessionária, cliente e terceirizados)
Vandalismo	Ato intencional e danoso, provocado por terceiros. Ex: tiro no isolador, artefatos enrolados na rede (calçados, arame, etc)
Fraude	Adulteração nos ativos da empresa. Ex: roubo de energia, fornecimento ou instalação de material não conforme.
Furto	Apropriação ilícita de ativos da empresa. Ex: roubo de cabos
Procedimentos	Procedimentos (comissionamento, etc) e projetos inadequados.
Operacional	Decorrentes dos testes de pesquisa de defeitos, manobras na rede, etc.
Acidentes	Pipa, asa delta, pára-quedas, abalroamentos, etc.
Comunicação	A empresa não orienta adequadamente seus consumidores sobre interrupção programada e não implementa programas de conscientização.
Interna	Decorrente de causas relativas à deterioração dos componentes da rede (defeito interno do próprio componente já instalado e em operação).
Contingência do sistema	Indisponibilidade de parte do sistema, tal como: indisponibilidade de linha, gerador, transformador, etc.

Cada origem apresenta características comuns entre as causas, apresentando, portanto, similaridades nas intervenções gerenciais.

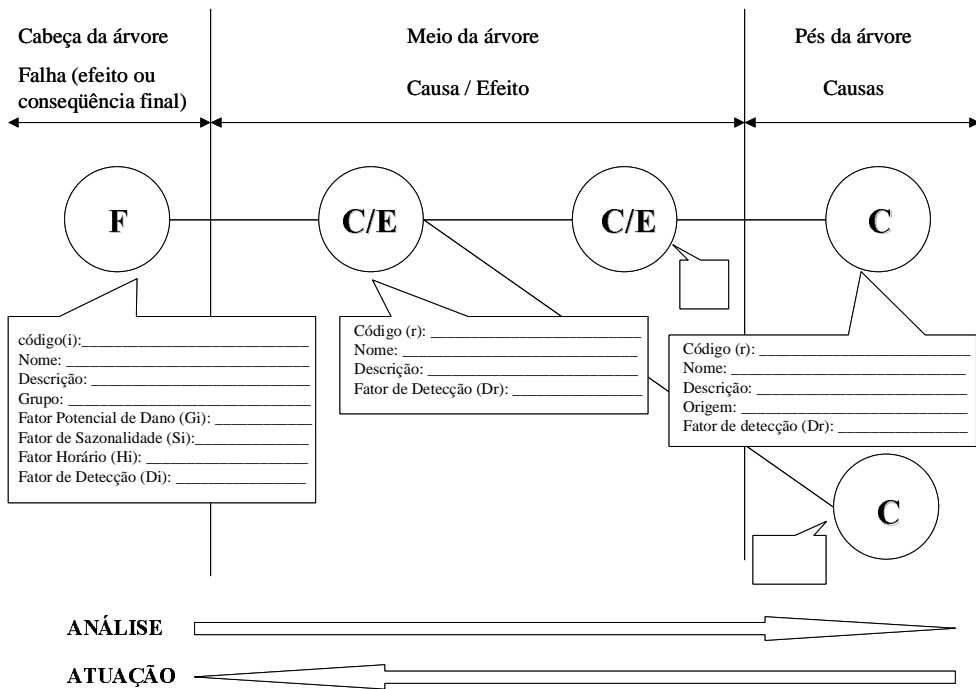
e) Diagrama sistemático de causa e efeito

Quanto à construção do diagrama sistemático de causa e efeito, pode-se dizer que este é um processo trabalhoso e lento. Sua construção é evolutiva, isto é, acompanha a evolução da equipe no entendimento do tema.

O diagrama sistemático de causa e efeito apresenta um comportamento dual dos elos. Cada elo intermediário (meio da árvore) assume um papel de causa/efeito. O elo inicial (cabeça da árvore) apresenta identidade única, de falha (efeito). Os elos finais (pés das árvores) também apresentam uma identidade única, de causa, conforme mostra a Figura 05.

Cada elo da árvore é então parametrizado, sendo caracterizado por um conjunto de informações. Vale ressaltar que apenas nos elos finais são parametrizadas as origens.

Figura 05 – Lógica da arquitetura das árvores, apresentando a relação dual dos elos (meio da árvore) e a parametrização dos elos.



Cada elo da árvore, seja o elo falha (cabeça da árvore), os elos causa/efeito (meio da árvore) e os elos causa (pés da árvore), são parametrizados com informações padrões (conforme mostra a Figura 05), tais como:

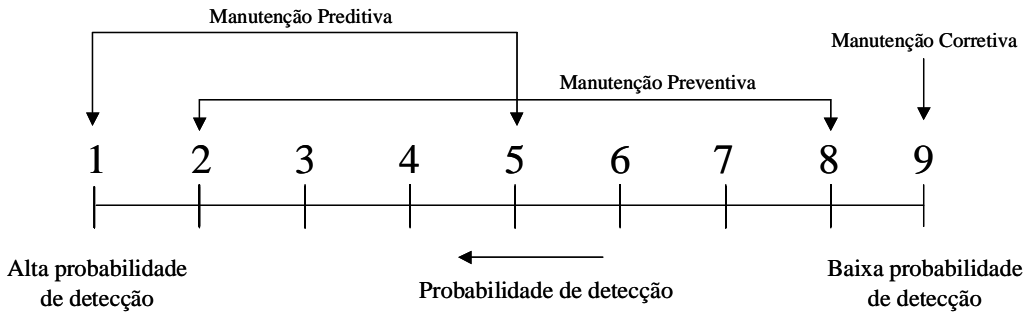
i) elo falha (F)

Nos elos falha devem ser definidos o seu código (i), nome e descrição, o grupo ao qual pertence (conforme mostra Figura 04) e os seguintes fatores:

- Fator Potencial de Dano (G_i): fator que representa o potencial de dano da falha ao sistema, variando de 1 (menor dano) a 9 (maior dano). O potencial de dano registra uma característica intrínseca da falha.
- Fator de Sazonalidade (S_i): fator que pondera a característica intrínseca da falha referente ao seu potencial de dano, de acordo com períodos sazonais. Pode-se citar como exemplo o período chuvoso, que pode agravar o potencial de dano de uma determinada falha.
- Fator Horário (H_i): fator que pondera o potencial de dano da falha, de acordo com os períodos do dia. Pode-se citar como exemplo a divisão do dia em três períodos: leve, médio e pesado. Esta classificação permite atribuir um peso maior ao dano de uma determinada falha quando esta ocorre no horário “de pico” do sistema.

Fator de Detecção (D_i): fator que descreve a política de manutenção adotada, ou seja, a avaliação conceitual da política de manutenção vigente do sistema gerador de falhas. Este fator varia de 1 a 9, conforme apresenta a Figura 06. A questão da detecção, assim como o potencial de dano, são retratadas na ferramenta FMEA - *Failure Mode and Effects Analysis* (Helman e Andery, 1995) .

Figura 06 - Fator de detecção, definido de 1 a 9.



ii) elo intermediário (C/E)

Nos elos intermediários devem ser definidos o código (r), nome e descrição, e por fim o Fator de Detecção (D). Este fator dependerá das facilidades tecnológicas da detecção das partes do sistema sujeitas à falha. Assim como demonstrado na Figura 06, este fator varia de 1 a 9, indicando a probabilidade de detecção da causa antes que ela venha a provocar a falha.

iii) elo causa, pé da árvore (C)

Nos elos que representam os pés da árvore devem ser definidos o código (r), nome e descrição, origem e o fator de detecção (D). Os grupos de origem da causa foram apresentados na Tabela 02 deste presente trabalho.

A filosofia do presente projeto é entender como “causa” aquilo que é plausível de intervenção gerencial. Assim, não há sentido em se entender que eventos como “descargas atmosféricas”, do grupo de origem “Fenômenos Naturais”, sejam consideradas como causas anuláveis por ações gerenciais.

A partir desta parametrização e da lógica da árvore, torna-se possível uma análise completa da gênese do problema, partindo da cabeça ao pé da árvore (à jusante), permitindo assim uma atuação gerencial, partindo dos pés à cabeça da árvore (à montante).

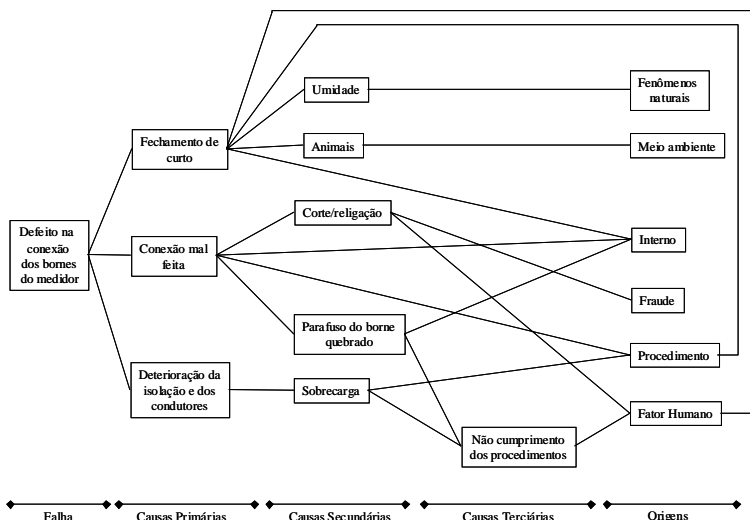
As conexões entre os elos também podem ser parametrizadas, a fim de melhor caracterizar a relação existente entre cada elo. Estas informações também têm a função de evitar que a equipe se perca em futuras análises da árvore, pois mantém o registro explicativo de cada relação causa/efeito.

Após a finalização do diagrama, os participantes da equipe devem fazer uma análise da situação retratada e realizar uma revisão. Isto é importante para aproveitar ao máximo o potencial da ferramenta. Esta verdadeira leitura crítica é feita movendo-se, sobre o diagrama, no sentido inverso ao da construção.

5. Um exemplo de aplicação do modelo

A Figura 07 representa um diagrama sistemático de causa e efeito, construído a partir da falha “Defeito na conexão dos bornes do medidor”, do grupo de falhas “Interrupção do fornecimento de energia”.

Figura 07 – Diagrama sistemático de causa e efeito referente à falha “Defeito dos bornes do medidor”.



Devido ao requerido detalhamento necessário, a apresentação da parametrização da árvore será exposta em artigo posterior.

6. Conclusões

O presente artigo apresentou um modelo de mapeamento de falhas, através de uma aplicação no setor de distribuição de energia elétrica. A falha mapeada representa um acervo de informações necessário à excelência da atuação operacional. A consolidação do mapeamento das falhas é obtida através dos *mapas de modos de falhas*, cuja base teórica compreende uma relação de causa e efeito de todas as possibilidades de ocorrência de uma dada falha em questão. Os “pés da árvore de falhas” representam suas causas básicas, associadas às origens que provocam, inicialmente, os efeitos finais indesejados. Cada um dos elos, sejam vistos à montante ou à jusante, como causas ou conseqüências, devem ser descritos através de informações. Tais informações se constituirão em um banco de dados onde, posteriormente, será relevante para a determinação de indicadores de desempenho quali-quantitativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANJARD, R. P. Management and planning tools. Training for Quality, volume 3, n. 2, p.34-37,1995.
- BRYMAN, A. Research methods and organization studies. London: Unwin Hyman, 1989. ISBN 0-04-445212-8.
- COMITE DE DISTRIBUIÇÃO. Planejamento de Sistemas de Distribuição. Vol 1, Editora Campus. 1ª Edição. Rio de Janeiro, 1982.
- GANIM, A. Setor elétrico brasileiro: aspectos regulamentares e tributários. Editora CanalEnergia, Rio de Janeiro, 2003.
- HE, Z.; STAPLES, G.; ROSS, M.; COURT, I. Fourteen Japanese quality tools in software process improvement. The TQM Magazine, volume 8, n. 4, p.40-44, 1996.
- HELMAN, H.; ANDERY, P.R.P. Análise de falhas (aplicação dos métodos de FMEA e FTA). Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.
- IEC 50(191). International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 191 – Dependability and quality of service. International Electrotechnical Commission, Geneva, 1990.
- MIZUNO, S. Gerência para melhoria da Qualidade - As sete novas ferramentas de controle da Qualidade. Editora LTC, 1993.
- RAUSAND, M.; OIEN, K. The basic concepts of failure analysis. Reliability Engineering and System Safety, 73-83, 1996

OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS DE INSPEÇÃO E RETRATAMENTO DE POSTES DE MADEIRA

F. L. R. Vidor¹; A. Saldanha²; M. Pires³

RESUMO

Este trabalho está sendo realizado com o objetivo de propor uma metodologia de inspeção e retratamento de postes em serviço nas redes de eletricidade da empresa AES Sul Distribuidora Gaúcha de Energias S/A. Em uma primeira fase foi realizado um estudo piloto em parte da rede de distribuição dos municípios de Canoas e Montenegro onde foram inspecionados 503 postes. Estas inspeções indicaram que cerca de 30% dos postes inspecionados encontram-se em condições favoráveis de retratamento. Um número menor nos dois municípios (cerca de 10%), necessitava de substituição imediata. No tratamento curativo dos postes, foi utilizado um produto a base de Boro e Flúor que se propõe impedir a ação dos agentes decompositores da madeira aumentando a sua durabilidade. Foi também criada uma área de testes controlados para avaliar o processo de difusão deste produto na madeira e suas efetivas propriedades preservativas. Em parte do estudo piloto foi testado um aparelho que se baseia na taxa de umidade e resistência mecânica do poste para determinar sua expectativa de vida útil.

Palavras-chave - Retratamento de madeira, postes em serviço, preservativos de madeira

I. INTRODUÇÃO

E grande o número de produtos utilizados no tratamento da madeira e assim também são variados os resultados obtidos na aplicação desses produtos [1, 4-6]. No que se refere aos postes de madeira, o conhecimento do seu estado de conservação é de fundamental importância na tomada de decisões pelas empresas do setor elétrico [13,14]. A ampliação da vida útil dos postes de madeira pode representar decisivo fator na composição de seus custos, com possíveis reflexos positivos, igualmente, na composição de preços ao consumidor. O ganho ambiental é outra variável que deve ser levada em conta, pois a madeira é um recurso natural renovável [2,3].

¹Biólogo, MSc.; 3 – Prof. Dr. - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - Av. Ipiranga, 6681, Predio 12 B-CEP 90619 900 – Porto Alegre/RS, Tel: 51 33203549, mpirez@puccrs.br

²Economista, MSc. - AES Sul Distribuidora Gaúcha de Energia S/A. - Rua Dona Laura, 320 – CEP 90430 090 – Porto Alegre/RS, Tel: 51 3316-1400, antonio.saldanha@aes.com

Este trabalho tem por objetivo identificar alguns dos produtos destinados ao tratamento curativo da madeira, bem como suas técnicas de aplicação. Com vistas a avaliar a difusão de um preservativo à base de Boro e Flúor [5, 8], foi criada uma área de testes na Usina de Preservação de Madeiras da AES Florestal (UPM-Barreto), localizada no município de Triunfo, no Rio Grande do Sul (RS).

Pretende-se também estabelecer um sistema prático e de custo reduzido para a inspeção e o cadastro dos postes em serviço na rede. Os dados obtidos nas inspeções e retratamentos realizados no estudo piloto desenvolvido nos municípios de Canoas e Montenegro (RS), alimentaram um banco de dados que sistematizou as informações. O trabalho estuda também a possibilidade de substituição das atuais inspeções visuais - que se mostram subjetivas - por inspeções através de equipamento apropriado, o que tende a conferir padronização e maior confiabilidade ao procedimento.

II. Metodologia

Para este trabalho foi adotada uma metodologia que reúne experiências que são praticadas em outros países [6, 10-11], agregando-se condutas consideradas complementares, e que foram definidas a partir das peculiaridades geográficas, de clima e da disponibilidade de recursos oferecidos na área do estudo [7, 12-15].

A. Sítios de Amostragem

A área do estudo piloto foi definida a partir de municípios que apresentassem setores com postes de madeira em serviço e que tivessem idades variadas; áreas que apresentassem tipos variados de terrenos (topografia) e solos; segurança para a utilização dos equipamentos e disponibilidade de apoio do corpo técnico das unidades da AES Sul.

Foram então definidos os municípios de Canoas e Montenegro para esta fase do projeto onde seis bairros foram escolhidos em Canoas e cinco em Montenegro. Nestes bairros foram definidos circuitos de Baixa Tensão (BT) ou Alta Tensão (AT) que tiveram seus postes inspecionados e posteriormente retratados.

B. Inspeção e Cadastro dos Postes

Uma vez determinados os circuitos que tiveram seus postes inspecionados, iniciou-se o trabalho de campo propriamente dito. Foram utilizados mapas unifilares da rede de AT (BDI) e mapas do sistema viário dos municípios para facilitar a localização dos pontos de amostragem. O sistema de mapeamento dos postes foi produzido utilizando-se cartas digitalizadas do arruamento dos municípios [9]. Após a verificação das coordenadas dos postes, os dados foram transferidos diretamente para o computador através do aplicativo GPS Trackmaker [18].

Os mapas com o arruamento dos municípios foram então instalados no ambiente do aplicativo e receberam a sobreposição dos pontos marcados com GPS [16,17]. Deste trabalho resultaram mapas de arruamento com os postes devidamente posicionados. As inspeções obedeceram o seguinte protocolo: inspeção visual geral do poste seguida de percussão com marreta, acima da linha de solo, até cerca de 2 m, para identificar através de variações no som, possíveis áreas atacadas por decompositores no interior do poste.

Onde haviam indícios de apodrecimento junto à linha de solo foram feitas escavações ao redor do poste em profundidade de até 30 cm, para verificação externa da estrutura em sua região de engastamento

Os dados de localização e do estado de conservação, complementados com a tomada das coordenadas geográficas com GPS, alimentaram a base de dados que serviu na determinação dos postes e serem retratados e posteriormente no tratamento estatístico do trabalho.

Em Montenegro, além da técnica de inspeção já descrita, foi também utilizado o aparelho Polux conforme descrito adiante.

Foram também reinspecionados 82 postes (16% dos postes inspecionados) por meio de um furo com diâmetro de 12 mm em sentido transversal ao comprimento do poste, junto à linha de solo.

1) A Inspeção com o Equipamento Polux

Foram inspecionados 187 postes com o Polux em Montenegro, o qual relaciona a densidade da madeira e sua taxa de umidade junto na zona de engastamento, por meio de tecnologia não destrutiva, estabelecendo assim uma perspectiva de sua durabilidade (Figura 1 a-b).

Os resultados são fornecidos por meio de indicadores luminosos da seguinte forma:

- Vermelho: O coeficiente de segurança é muito baixo e o poste deve ser substituído;
- Amarelo: O coeficiente de segurança é fraco e indica nova inspeção em 3 anos;
- Verde claro: O coeficiente de segurança é bom e indica nova inspeção em 5 anos;
- Verde: O coeficiente de segurança é alto e indica nova inspeção em 8 anos.

Figura 1 (a-b) - Utilização do equipamento Polux na inspeção dos postes de madeira no projeto piloto em Montenegro.



a - Fixação do aparelho ao poste.



b - Medição sendo realizada.

C. Retratamento com preservativo a base de Boro e Flúor

Os preservativos utilizados no retratamento, tanto na área de testes da UPM-Barreto como nos postes em serviço foram os bastonetes *Polesaver Rods* e a bandagem *Bioguard*, fornecidos pela empresa Preschem [4, 8].

Para a aplicação da bandagem *Bioguard* foram seguidos os seguintes passos (figura 2 a): Remoção do solo ao redor do poste numa profundidade de aproximadamente 30 cm, fixação da bandagem ao redor do poste por meio de fita adesiva e reposição do solo removido, tendo-se o cuidado para compactá-lo. Quanto à aplicação dos bastonetes, foram observadas as seguintes etapas (figura 2 b): abertura de três furos em ângulo agudo, cerca de 5 cm acima da linha de solo; introdução de dois a três bastonetes por furo e fechamento dos furos com tampões de plástico. Esses tampões podem ser retirados e fixados novamente caso sejam feitas novas aplicações.

Figura 2 (a-d): Retratamento interno e externo com os preservativos a base de Boro e Flúor.



a - Poste com a bandagem fixada.



b - Colocação dos bastonetes.

D. Área de Testes na UPM-Barreto

Com o objetivo de verificar a difusão dos agentes preservativos (Boro e Flúor) nos postes de madeira foi criada uma área de testes na UPM-Barreto [8]. Foram implantados 40 mourões de eucalipto da espécie *Eucalyptus saligna*. Estas peças tinham comprimento de 2,5 metros e diâmetro de 20 cm e foram enterradas entre 80 e 100 cm de profundidade, distanciados entre si a cada 2 metros.

Os 40 mourões testados foram tratados e distribuídos conforme a tabela abaixo:

Tabela 1 - Descrição dos mourões em teste da área controlada da UPM-Barreto.

Nº Poste	Tratamento ^a	Retratamento ^b	
		Preservativo	Tipo
1 a 5	Nenhum	Nenhum	Sem
6 a 10	Nenhum	<i>Bioguard</i>	Externo
11 a 15	CCA	<i>Bioguard/Polesaver</i>	Interno/Externo
16 a 20	CCA	<i>Polesaver</i>	Interno
21 a 30	CCA	<i>Bioguard</i>	Externo
31 a 40	CCA	<i>Polesaver</i>	Interno

a - Preservativo à base de Cromo, Cobre e Arsênio (CCA) ; **b** - Preservativos à base de Boro e Flúor: bastonetes (*Polesaver Rods*), bandagem (*Bioguard*).

Os produtos preservativos utilizados, bem como a metodologia para a implantação da área de testes foram fornecidos pelo fabricante (Preschem). Os resultados da eficiência do retratamento serão verificados a partir do 12º mês, seguindo os procedimentos previstos na norma australiana [20].

E. Análises de Solos

Foi realizada uma coleta de solos em janeiro/2003 na área de testes da UPM-Barreto para uma primeira avaliação dos níveis de Boro e Fluor junto aos postes retratados com estes elementos. O equipamento utilizado para retirar as amostras de solo nas diferentes profundidades foi o “trado holandês”.

As amostras foram retiradas em profundidades de 20 e 40 cm a uma distância de 10 cm dos postes nºs 10, 17, 24 e 31, formando uma linha diagonal no terreno.

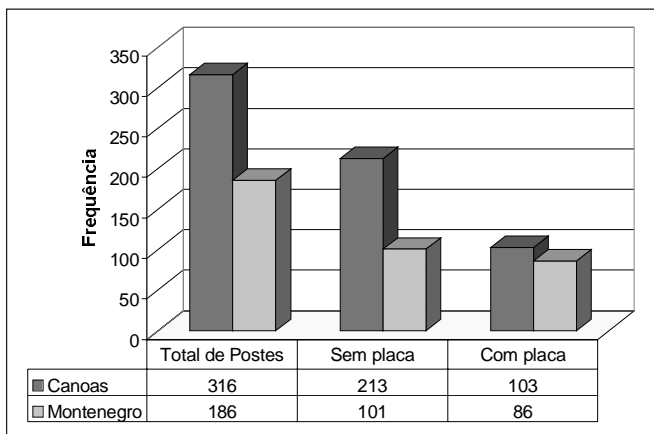
No laboratório estes solos foram secos ao ar ambiente e cominuídos em gral até que todo o material apresentasse granulometria < 2 mm. O material foi estocado em frascos plásticos e conservados a 4°C, ao abrigo da luz, até a realização das análises [11]. Os teores de fluoreto e boro presentes nas amostras de solos foram determinados segundo metodologia de Tedesco et al. [19].

III. Resultados e Discussões

Ao todo foram inspecionados 503 postes nas redes de distribuição de Canoas e Montenegro, sendo 316 e 187, respectivamente. Segundo estimativas da AES Sul [21], em Canoas o número de postes em serviço é de aproximadamente 35.000, o que significa que foram inspecionados cerca de 0,9% dos postes neste trabalho e, em Montenegro, dos cerca de 30.000 postes estimados, foram inspecionados cerca de 0,6%.

Em ambos municípios foi observado que um percentual bastante alto dos postes em serviço encontra-se sem a placa de identificação (Figura 3). Em Canoas, 67% dos postes inspecionados encontravam-se sem a placa e em Montenegro, 54%. Cabe salientar que a placa de identificação é essencial para a obtenção de informações que garantam o histórico do poste desde a sua fabricação.

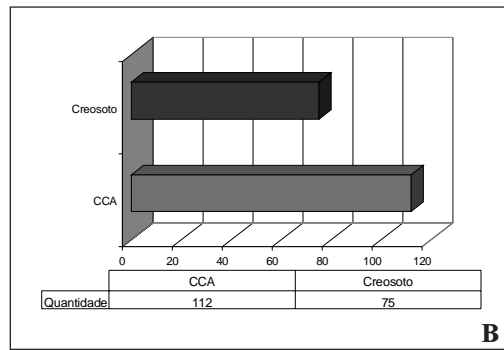
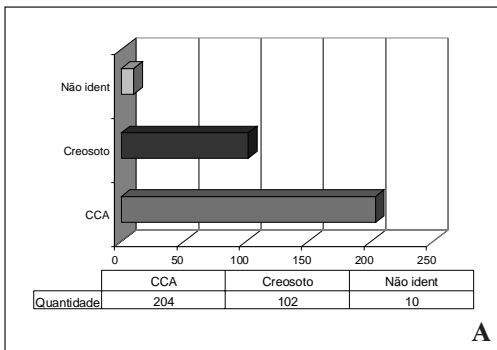
Figura 3 - Postes inspecionados mostrando a grande quantidade sem placa de identificação.



As inspeções ocorreram no período de novembro/2001 a fevereiro/2003. Em ambos os municípios verificou-se que a maioria (entre 60 e 65%) dos postes atualmente em serviço foram tratados com CCA (Figura 4). Já o creosoto, que não é mais utilizado na preservação de postes no RS desde 1998, é encontrado em cerca de 30 a 35% dos postes em serviço, o que permite deduzir que tratam-se de postes mais antigos.

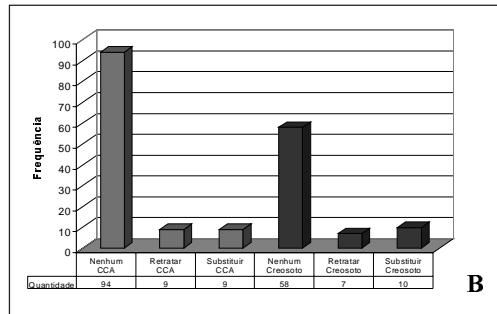
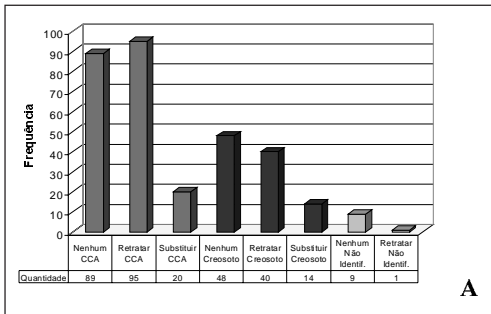
Nos postes onde não havia placa de identificação, o tipo de preservativo utilizado foi inferido pela inspeção visual (CCA coloração esverdeada; Creosoto coloração escura). Em 3% dos postes de Canoas não foi possível determinar com segurança o preservativo utilizado.

Figura 4 (Canoas ^A Montenegro ^B) - Preservativo utilizado no tratamento dos postes em serviço.



Conforme evidenciado na figura 5, um elevado percentual dos postes inspecionados encontra-se em condições de permanecer em serviço, sendo que cerca de 30% apresentam condições próprias para retratamento. Em Canoas, cerca de 46% dos postes encontram-se nestas condições, já em Montenegro, este numero cai significativamente, porem o numero de postes que não necessita de imediata intervenção eleva-se bastante, o que indica tratar-se de uma posteação mais jovem e em bom estado de conservação.

Figura 5 - Procedimento recomendado para os postes em serviço em relação ao tipo de preservativo utilizado em Canoas (A) e Montenegro (B).

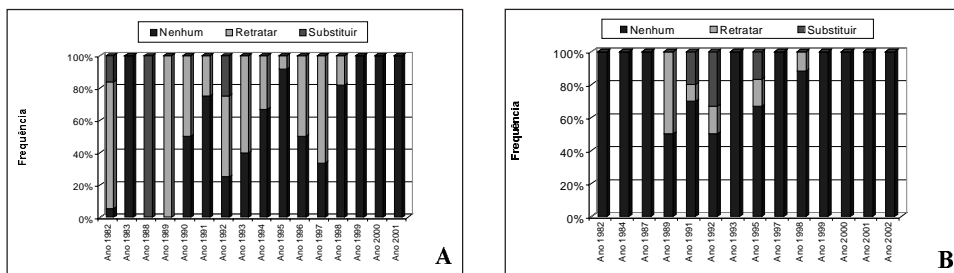


Verifica-se que entre os postes com placa de identificação, 46% encontram-se em perfeito estado de conservação, sendo que nos postes implantados a partir de 1997 não é necessária nenhuma substituição.

Estes dados permitem inferir que a idade do poste em serviço, apesar de influenciar no estado de conservação, não é o único fator determinante, já que os postes implantados em 1982 (mais de 20 anos em serviço) apresentam-se em condições de permanecer em serviço. Fatores como a qualidade da madeira e do tratamento associados a agressividade dos agentes decompositores certamente influenciam no tempo de vida útil de um poste em serviço.

Nos postes sem placa de identificação não foi possível estabelecer relação entre o tempo de serviço e o estado de conservação, pois não há disponibilidade de dados sobre a data de fabricação dos mesmos.

Figura 6 - A idade dos postes em serviço e sua relação com o procedimento sugerido após as inspeções em Canoas (A) e Montenegro (B).



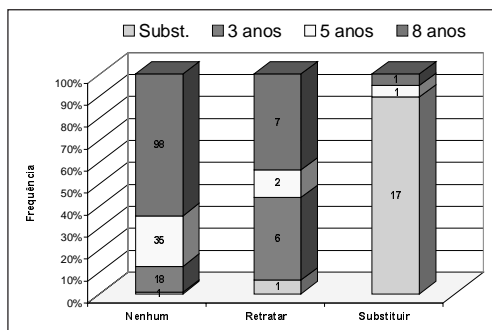
Como resultado final desta etapa do trabalho foram retratados 40 postes em serviço sendo 12 em Canoas e 28 em Montenegro. Os postes foram retratados conforme o relacionado abaixo:

- Retratamento interno: 26 postes com utilização dos bastonetes *Polesaver Rods*;
- Retratamento externo: 6 postes com utilização da bandagem *Bioguard*;
- Retratamento externo e interno: 8 postes utilizando-se os bastonetes *Polesaver Rods* e a bandagem *Bioguard*.

1) Aplicação do Polux

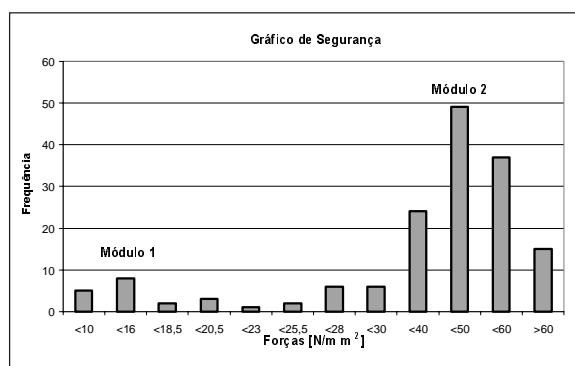
Comparando-se os dados obtidos por meio da inspeção tradicional com os dados do Polux em Montenegro (Figura 7) verifica-se que, nos 152 postes onde a inspeção tradicional indicou perfeito estado de conservação, o Polux indicou uma substituição e nos demais casos indicou novas inspeções para 3 e 8 anos. Em 16 postes indicados para retratamento pelo primeiro sistema, o Polux acusou um poste para substituição e os demais com inspeções entre 3 e 8 anos.

Figura 7 - Resultados comparativos entre o método de inspeção usual e os resultados obtidos com o equipamento Polux.



É válido lembrar que o aparelho foi utilizado em um número relativamente pequeno de postes (187) e que os parâmetros utilizados pelo aparelho (teor de umidade da madeira e sua resistência a penetração das agulhas) podem sofrer variações nas diferentes espécies de eucalipto utilizadas para postes.

Figura 8 - Gráfico de segurança dos postes de Montenegro conforme resultados do Polux.



Conforme informações do fabricante do aparelho foi utilizada uma calibração baseada em uma curva média estabelecida para as espécies de eucalipto utilizadas no Brasil e que padrão observado em Montenegro repete o encontrado em vários países onde esta tecnologia é aplicada. Observa-se na figura 8 a curva que compõe o Módulo 1 que indica os postes com baixa força residual, classificando-os como “perigosos”. O Módulo 2 indica os postes com força residual elevada, indicando bom coeficiente de segurança.

A. Análises de Solos

A tabela 2 apresenta os resultados das análises dos solos coletados na área de teste da UPM-Barreto. Verifica-se que os valores para o Boro indicam concentrações normais para o elemento [22-23], sendo que nos pontos cod. 21, 22, 25, 26 e 27 os valores apresentaram-se um pouco acima do normal.

Tabela 2 - Análises de solos da área de teste na UPM-Barreto coletados em janeiro 2003. Dados expressos em base seca.

Descrição das amostras			Umidade	Boro
Cod.	Nº Poste	Prof. (cm)	%	mg/kg
21	10 ¹	20	2,62	0,4
22	10 ¹	40	3,21	0,4
23	17 ¹	20	2,72	0,3
24	17 ¹	40	2,73	0,3
25	24 ¹	20	2,01	0,4
26	24 ¹	40	2,68	0,5
27	31 ¹	20	2,44	0,6
28	31 ¹	40	2,94	0,3
29	Branco ²	20		0,3
30	Branco ²	40		0,3

Amostras coletadas a uma distância de 10 cm dos postes¹; em novembro/2002 na área de testes da UPM-Barreto²

C. Avaliação Parcial dos Testes de Difusão

Passados nove meses da implantação do teste, foi retirada uma peça (mourão nº 31) tratado internamente com *Polesaver Rods*, de onde foram cortados 7 discos com 50 mm de espessura e aos quais foi borrifado um indicador colorimétrico para verificação da difusão do Boro na peça de madeira [6].

Verifica-se nas amostras GL, -1, -2 e -3 (Figura 9) localizadas desde a linha do solo até 15 cm abaixo, que houve difusão do Boro em uma porção que varia entre 70% e 80% das peças. Trata-se de uma faixa considerada como “crítica” para o ataque de agentes decompositores e que desta forma estaria sendo protegida com o produto. Nas amostras -4 e -5 o percentual de difusão caiu para 40% e 10%, respectivamente, indicando uma gradativa redução da concentração de preservativo nestas porções.

Na figura 10 vemos dois discos de madeira do mesmo mourão citado onde observa-se a difusão do Boro realçada pelo tom avermelhado da madeira. No disco mostrado na figura 10-b vemos a coloração natural da madeira anterior à reação com o indicador de Boro (Figura 10-a).

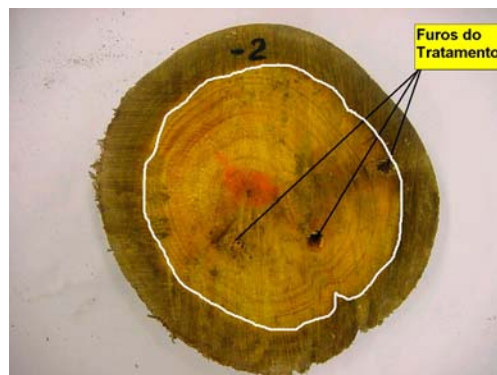
Figura 9 - Perfil de difusão do Boro em um poste tratado internamente com o difusível de Boro e Fluor (*Polesaver Rods*).

Escala de compr. (mm)	Poste nº 31	Percentual de difusão
+200		
+150		
+50		40%
Linha do Solo		70%
-50		80%
-100		80%
-150		70%
-200		40%
-250		10%
-300		

Figura 10 (a-b) - Comparação entre madeira com indicador de difusão do Boro e madeira sem o indicador.



a - Disco de madeira onde foi aplicado indicador de difusão do Boro.



b - Disco de madeira sem a aplicação do indicador de difusão do Boro.

IV. Conclusões

A falta de um sistema de identificação permanente nos postes em serviço dificultou o tratamento estatístico mais completo, já que em cerca de 62% dos postes inspecionados este componente estava ausente.

Pode-se verificar que o tempo em serviço dos postes não foi um fator preponderante na determinação do seu estado de conservação. Alguns postes com idades que ultrapassam o mínimo de 15 anos, estabelecido pela NBR 8456 [7], apresentavam-se em bom estado de conservação ao passo que alguns postes mais novos mostram avançado estado de deterioração.

Tem-se em conta que cerca de 30% dos postes inspecionados apresentam-se em condições próprias para retratamento e cerca de 10% necessitando de imediata substituição. A implantação de um programa que contemple as inspeções, o cadastro e o retratamento dessas estruturas pode representar ganho não só em termos de segurança, como também da confiabilidade na operação do sistema de distribuição de eletricidade.

O equipamento testado nas inspeções em Montenegro apresentou indicativos de que possa ser uma ferramenta útil nas inspeções dos postes em serviço.

O produto preservativo testado, por ser um sólido difusível, além de mostrar-se de fácil aplicação, possibilita a preservação do cerne do poste e da porção externa, condição até então não alcançada com o seu similar nacional, ou mesmo com o tratamento preventivo sob pressão. Resultados preliminares, obtidos nos testes de difusão deste produto, indicam que a impregnação com o Boro está se processando dentro dos padrões previstos. Entretanto, alguns fatos devem ser considerados, como a falta de informações referentes à efetiva ação tóxica deste elemento (nas concentrações e condições locais) aos agentes biológicos causadores de decomposição. Além disso, são necessários mais dados referentes a fixação de seus componentes na madeira e sobre sua ação sobre o meio ambiente.

O estudo mostrou, além da necessidade, a viabilidade técnica da implantação de um banco de dados informatizado, alimentado por inspeções sistemáticas da rede, o que deve resultar em maior segurança no gerenciamento do sistema de distribuição de energia elétrica na empresa.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] LEPAGE, Enfo S. et al. *Manual de Preservação de Madeiras: Vol. I e II*. São Paulo, IPT – Divisão de Madeiras, 1986.
- [2] ASSIS, Teotônio F. de *Qualificação Tecnológica da Madeira de Eucalyptus para Serraria – Aspectos Genéticos e de Manejo*, Guaíba, 2002.
- [3] CHIMELO, João P. Madeira: Como conhece-la e identifica-la para sua melhor utilização. Vol. II – Anatomia e Identificação. Manual de Curso. São Paulo: CPTI, 2000.
- [4] PRESCHER Pty. Ltd. *Inservice Evaluation Report on the Diffusion of Polesaver Rods*, Austrália, 2000.
- [5] RICHARDSON, B. A. *Wood Preservation*. Lancaster, The Construction Press, 1978.
- [6] WOODWARD, L. J. *Effective Management of Timber Power Poles*. Cheltenham: Preschem, 1998. Relatório de Pesquisa.
- [7] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Postes de Eucalipto Preservados para Redes de Distribuição Elétrica*. NBR-8456. Rio de Janeiro, ABNT, 1984.
- [8] HORWOOD, M. A.; GARDNER, W. D. *A Service Trial of the Effect of Mechanical and Chemical Variations to the Bioguard Bandage on Efficacy and Environmental Performance*, State Forests of New South Wales, Austrália, 2002.

- [9] AES Sul – Distribuidora Gaúcha de Energia S/A. **Dados e imagens da AES no Brasil**, São Leopoldo, 2002.
- [10] OSHA - U. S. DEPARTMENT OF LABOR: Occupational Safety & Health Administration. **Methods of Inspecting and Testing Wood Poles**, 1910.269 App D, 2003.
- [11] MORRELL, J. J. **WOOD POLE MAINTENANCE MANUAL**, Forest Research Laboratory, Oregon State University: Corvallis, 1996.
- [12] CPFL - COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ. **Inspeção e Manutenção Preventiva e Corretiva em Postes de Madeira**. Orientação Técnica. São Paulo: CPFL, 2001.
- [13] GERALDO, Flávio C. A madeira de eucalipto para postes. São Paulo: ABPM, 2001. Disponível em : <<http://www.abpm.com.br/oqepm.htm>> Acesso em: 20 mai. 2003.
- [14] LELIS, Antônio T. de et al. **Biodeterioração de Madeiras em Edificações**. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas -IPT, 2001.
- [15] IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS: DIVISÃO DE MADEIRAS. **Madeira – O que é e como pode ser processada e utilizada**. São Paulo, ABPM, 1985. (Boletim ABPM, 37).
- [16] ROCHA, César H. B. **Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar**, Juiz de Fora-MG, D5, 2000.
- [17] SILVA, Jorge X. **Geoprocessamento para Análise Ambiental**, Rio de Janeiro-RJ, D5, 2001.
- [18] FERREIRA Jr., O, Manual do GPS Trackmaker (versão gratuita), Disponível em: <http://www.gpstm.com> baixando em 29/01/2002
- [19] TEDESCO, Marino J. et al., **Análises de Solos, Plantas e Outros Materiais**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS - Departamento de Solos, 1995.
- [20] AUSTRALIAN STANDARD 1605 – 1974 “Sampling and Analysis of Wood Preservatives and Wood Preservative Treated Timber”.
- [21] GASTAUD Eduardo S. et al. **Avaliação Técnica e Econômica Sobre a Utilização de Postes na AES**, Porto Alegre: AES Sul, 2001. Relatório de Pesquisa.
- [22] BARTZ, Hardi R. **Recomendações de Adubação e de Calagem para os Estados do RS e SC**. 3ed. Passo Fundo: Embrapa, Comissão de Fertilidade do Solo, 1985.
- [23] MALAVOLTA, Eurípedes. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas – princípios e aplicações**, 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

ANÁLISE DOS IMPACTOS DA CONEXÃO DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO

Claudio Bezerra de Carvalho¹

Renato Araújo²

Tinn Freire Amado³

RESUMO

Unidades geradoras de menor porte são mais fáceis de serem financiadas, o que permite a diversificação dos agentes, podendo ser construídas mais próximas aos centros consumidores, reduzindo a necessidade dos sistemas de transmissão e distribuição, bem como as perdas elétricas nestas redes e demandando menos controle centralizado. Neste trabalho são analisados os impactos da conexão de pequenos geradores na rede de distribuição de energia elétrica e as principais vantagens e desvantagens ocasionadas com esta conexão. A análise dos impactos da conexão foi realizada através de artigos publicados na literatura. Os aspectos regulatórios e as políticas que estimulam a implantação da geração distribuída também foram analisados neste trabalho.

1. INTRODUÇÃO

Até o início década de 90, os sistemas elétricos se desenvolveram de forma centralizada, motivados pelos seguintes fatores: busca de economia de escala; minimização dos impactos e dos riscos ambientais nos centros densamente povoados, no poder que tinham – ou que buscavam - os empreendedores de grandes obras, fossem eles empresas ou governos, e, dando suporte às soluções então propostas; e na alta confiabilidade dos sistemas de transporte de eletricidade em alta tensão [Walter, 2000].

Atualmente está havendo uma mudança de tendência para a utilização da Geração Distribuída, principalmente motivada pela multiplicação do número de agentes no setor elétrico. Unidades geradoras de menor porte são mais fáceis de serem financiadas, o que permite a diversificação dos agentes, podendo ser construídas mais próximas aos centros

¹Doutorando do curso de Planejamento de Sistemas Energéticos da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

²Professor da Universidade Salvador UNIFACS / COELBA - Mestre.

³Consultor da Amado Steele Consultores Associados - Mestre.

consumidores, reduzindo a necessidade dos sistemas de transmissão e distribuição, bem como as perdas elétricas nestas redes e demandando menos controle centralizado. Além disto, unidades de menor capacidade também se ajustam melhor ao crescimento da demanda, diminuindo os riscos associados ao planejamento da expansão. A saturação das redes de transmissão e distribuição é outro fator que estimula a geração distribuída.

A maioria das tecnologias empregadas para a Geração Distribuída consiste em certo número de pequenos módulos, que podem ser instalados em um curto espaço de tempo na planta de energia. Além disso, cada unidade modular pode começar a operar tão logo seja instalada no local, independentemente da situação dos outros módulos. Caso um módulo falhe, os outros não são afetados. Como cada módulo é pequeno quando comparado com o tamanho unitário de uma grande planta de energia centralizada, o efeito da falha de um módulo sobre a energia total disponível é consideravelmente pequeno. A estrutura modular permite maior flexibilidade na operação e instalação, podendo os módulos serem deslocados para outras localidades, caso seja requerido.

Para as tecnologias como turbinas a gás de ciclo combinado, motores de combustão interna, turbinas a combustão, gaseificação de biomassa, motores de ciclo Stirling, bem como células a combustível, é possível a produção combinada de calor e energia, que tem a vantagem de alta eficiência caso o calor seja utilizado localmente [Walter, 2000].

Quanto às categorias de uso, a geração distribuída pode ser dividida em: geração de emergência, geração para atuar no pico de carga, co-geração e dispositivos de armazenagem e geração de emergência.

2. REGULAMENTAÇÃO

Ao instituir a figura do produtor independente de energia elétrica – PIE, através da lei 9.074/95 foi dado um importante passo para promover a geração descentralizada. Esta lei permite também a comercialização de energia elétrica e vapor diretamente com o consumidor independente da classe. O decreto nº 2.003/96 regulamentou a produção de energia elétrica pelo autoprodutor e produtor independente.

Um importante incentivo à geração descentralizada utilizando fontes renováveis foi à regulamentação da lei 10.438/2002 que entre outras criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA. Este programa tem como objetivo a diversificação da matriz energética brasileira e a busca por soluções de cunho regional com a utilização de fontes renováveis de energia, mediante o aproveitamento econômico dos insumos disponíveis e das tecnologias aplicáveis, a partir do aumento da participação da energia elétrica produzida com base naquelas fontes, no Sistema Elétrico Interligado Nacional - SIN.

O Programa promoverá a implantação de 3.300 MW de capacidade, em instalações de produção com início de funcionamento previsto para até 30 de dezembro de 2006, sendo assegurada, pela Centrais Elétricas Brasileiras S.A - ELETROBRÁS, a compra da energia a ser produzida, no período de 20 anos, dos empreendedores que preencherem todos os requisitos de habilitação descritos nos Guias e tiverem seus projetos selecionados de acordo com os procedimentos da Lei 10.438/02.

O PROINFA será administrado pelo Ministério de Minas e Energia que estabelecerá o planejamento anual de ações a serem implementadas, avaliando o impacto decorrente do repasse de custos aos consumidores finais, de modo a minimizá-los. Estabelecerá e divulgará os valores econômicos, obedecidas às diretrizes metodológicas definidas, definirá medidas de estímulo ao avanço tecnológico que se reflitam, progressivamente, no cálculo dos valores econômicos; e submeterá ao Conselho Nacional de Política Energética - CNPE o planejamento anual do PROINFA, demonstrando a necessidade de realização de chamadas públicas e o impacto previsto das compras de energia em relação ao atendimento do mercado e sobre os pagamentos efetivados pelos consumidores finais.

3. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

3.1. Impactos Positivos

A Geração Distribuída está associada geralmente a baixos impactos ambientais e à utilização de fontes renováveis de energia. Por estar próxima à carga, dispensando o uso de linhas de transmissão, contribui para diminuir as perdas de energia associadas ao transporte por longas distâncias, que teriam que ser compensadas por geração adicional. Esse acréscimo na geração, conseqüentemente acarretaria no aumento das emissões, o qual é evitado quando a mesma quantidade de energia é gerada e consumida sem o uso de linhas de transmissão.

A presença de agentes geradores de energia elétrica no sistema de subtransmissão e distribuição causam impactos positivos e desejáveis na operação do sistema, tais como [Lemos, 2003]:

- Suporte de tensão através do fornecimento de energia reativa local;
- Melhoria na qualidade do suprimento;
- Melhoria do fator de potência;
- Liberação da capacidade de atendimento;
- Possibilidade de ilhamento para atendimento de carga local;
- Melhoria na curva de carga;
- Redução nos custos de expansão da rede;
- Prorrogação de novos investimentos na construção de grandes usinas;
- Redução das perdas.

Estes recursos devem ser aplicados para a solução dos pontos críticos de carregamento ou de tensão da rede.

3.2. Impactos Negativos

A conexão de agentes geradores de energia elétrica na rede de distribuição pode provocar impactos negativos, tais como [Lemos, 2003]:

- Aumento nos níveis de curto-circuito;
- Coordenação da proteção;

- Harmônicos devido a conversores;
- Efeito Flicker;
- Competição por regulação de tensão.

Outro fator crítico relacionado com a geração distribuída é a flutuação de geração de potência ativa, a qual esta condicionada à disponibilidade da fonte primária (ventos, sol, água, etc).

3.3. Viabilidade

A característica da curva de carga fornece a primeira indicação da tecnologia de geração a ser aplicada. Fatores de carga baixos indicam tecnologias com baixa parcela no investimento, com certa folga no custo variável. Em contrapartida, fatores de carga elevados indicam intensidade de uso, privilegiando tecnologias com eficiências elevadas [Negri, 2001]. O nível de confiabilidade requerido indicará a modulação adequada ou a reserva estratégica.

Além do fornecimento de energia elétrica cabe uma análise integrada para o atendimento de outros energéticos: calor ou frio, em função do processo industrial que venha a ser aplicado, o que aumentará a eficiência energética do sistema como um todo. A solução otimizada de geração ou cogeração é obtida através de um estudo de viabilidade que indica a decisão a ser tomada.

A viabilidade econômica da instalação de um sistema depende do custo de produção de eletricidade cobrir os custos suplementares em relação ao sistema de atendimento convencional [Silveira, 2001].

4. CONEXÃO A REDE

A conexão das unidades de Geração Distribuída com o sistema elétrico da concessionária trás à tona questões como: proteção, confiabilidade e a própria operação do sistema. Outro fator a ser considerado é o custo da interconexão, que envolve o projeto do equipamento, normas industriais e o processo de aprovação por parte da concessionária. Estas são algumas das barreiras para a aplicação da Geração Distribuída em sistemas de potência.

À medida que o número de geradores conectados à rede de distribuição aumenta, os problemas de interconexão surgem com maior intensidade. Esta questão gera uma indagação sobre como os mesmos serão representados nos programas de simulação computacional uma vez que ainda não existem modelos apropriados de geração distribuída para as ferramentas tradicionais de estudos de estabilidade.

Nos modelos atuais de despacho, o sistema de distribuição é normalmente equivalentado, sendo representado por uma carga no ponto de conexão do sistema de transmissão com a distribuição. Com o aumento da penetração da Geração Distribuída, há necessidade de representação mais detalhada da rede de distribuição, para se avaliar o impacto da mudança, em termos de localização de geração e na segurança dinâmica do sistema.

Dependendo do tipo de tecnologia utilizada na Geração Distribuída, o fornecimento de energia elétrica poderá ser realizado em corrente contínua (CC) ou alternada (CA). A corrente alternada é padrão de fornecimento nas redes de distribuição, porém caso a tecnologia produza energia em corrente contínua são utilizados conversores (estáticos ou dinâmicos) para transformá-la em corrente alternada.

Resultado de Simulações da Conexão

Neste tópico serão apresentados os resultados de simulações do efeito da conexão da geração distribuída à rede de distribuição de acordo com as referências bibliográficas: [Silva, 1999] e [Castro, 1999].

Foram realizadas diversas simulações para diferentes cenários em uma rede com grande quantidade de geradores localizados em instalações industriais que poderiam estar recebendo ou injetando energia na rede de distribuição nos diversos turnos e períodos da semana.

Com relação aos níveis de tensão, o impacto dos cogeneradores traduz-se pelo aumento da tensão nos nós da rede em todos os cenários de exploração. Este aumento verifica-se mesmo nos cenários de horas de baixo carregamento em que as instalações de cogeração não fornecem energia reativa à rede de distribuição, consumindo mesmo parte da energia reativa referente ao consumo no período de baixo carregamento das unidades industriais associadas. Valores elevados, superiores a 1,05 p.u., ocorrem, fundamentalmente, nos barramentos dos cogeneradores, no ponto de interligação à rede de distribuição e nos nós vizinhos deste.

Quanto ao congestionamento da rede, não foi verificado qualquer problema de sobrecarga nos ramais, tanto no caso dos cogeneradores estarem em serviço ou fora de serviço. A análise dos resultados das simulações efetuadas permite afirmar que, globalmente, o impacto dos cogeneradores na carga das linhas da rede de distribuição é positivo durante os dias de semana, conduzindo à sua diminuição, e negativo nos fins de semana, conduzindo ao seu aumento, embora de menor valor. Conclui-se então que a ligação dos cogeneradores contribui de um modo global para o descongestionamento dos ramais da rede de distribuição sob análise. A ligação dos cogeneradores à rede de distribuição conduz em todos os cenários de exploração a uma diminuição substancial da carga dos transformadores, mesmo no caso dos cenários do fim de semana em que é injetada energia na subestação.

Em relação às perdas elétricas, o impacto dos cogeneradores nas perdas ativas e reativas em relação à saída de cada subestação depende quer das características da interligação com a rede de distribuição, ou seja, da localização do ponto de interligação e do comprimento do ramal respectivo, quer da potência injetada na rede pela central de cogeração respectiva em cada cenário de exploração. Foi verificado que durante os dias da semana, nos quais os cogeneradores injetam menos energia na rede de distribuição, as perdas ativas e reativas são menores enquanto que nos finais de semana estas perdas são aumentadas, ainda que em menor amplitude. Estes efeitos são justificados, fundamentalmente, pelo sentido e a amplitude dos trânsitos de potência ativa e reativa na rede serem diferentes naqueles períodos e para as situações dos cogeneradores ligados ou desligados.

As variações de tensão resultantes do desligamento intempestivo das centrais de cogeração são consideravelmente menores no caso de estas não fornecerem potência reativa, com a conseqüente diminuição da atuação dos reguladores de tensão dos transformadores das subestações, que resulta no aumento da sua vida útil.

5. CONCLUSÕES

Existem diversas tecnologias que podem ser empregadas na geração distribuída em diferentes estágios de desenvolvimento, custos de instalação e eficiência energética. Um

fator determinante para a utilização de determinada tecnologia de geração é a disponibilidade dos insumos como biomassa, ventos, potencial hídrico, insolação e etc. A viabilidade econômica depende da abundância destes recursos naturais, confiabilidade requerida pelo consumidor, possibilidade de cogeração, carregamento das linhas de transmissão e acesso às mesmas, além de incentivos governamentais para a diversificação da matriz energética e ganhos sociais com o desenvolvimento regional.

Considerando os incentivos que serão dados pelo PROINFA através de incentivos nas tarifas e linhas de créditos, a geração a partir de biomassa, eólica e PCH poderão ser bastante atrativas. Estes recursos naturais são abundantes no estado da Bahia. A geração fotovoltaica também é uma forte candidata para inserção no Estado conforme pode ser verificado no mapa de insolação do estadual.

6 - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- Albuquerque, et al, *Análise dos Efeitos da Geração Distribuída em Sistemas Elétricos de Potência sob o Enfoque da Qualidade de Energia Elétrica*, Seminário Brasileiro sobre Qualidade da Energia Elétrica, Aracaju, Sergipe, 2003.
- Castro, R. M. G., *Produção Descentralizada: O problema da Potência Reactiva*, 4º Encontro Luso-Afro-Brasileiro de Planejamento e Exploração de Redes de Energia, Rio de Janeiro, 1999.
- Domschke, A. G., et al, *Geração Termoeétrica a Partir de Motores de Combustão Interna*, XVI Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Campinas, São Paulo, 2001.
- Gomes, P., et al, *Geração Distribuída: Vantagens, Problemas e Perspectivas*, XV Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Foz do Iguaçu, Paraná, 1999.

