



GGH/016

21 a 26 de Outubro de 2001
Campinas - São Paulo - Brasil

GRUPO I

GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO HIDRÁULICA - GGH

SISTEMA DE INFORMAÇÃO PARA GESTÃO DE HIDROELÉTRICAS E LINHAS DE TRANSMISSÃO

Mauricio G. M. Jardini*
Escola Politécnica
USP

José Antonio Jardini
Escola Politécnica
USP

Hernan P. Schmidt
Escola Politécnica
USP

Luiz C. Magrini
Escola Politécnica
USP

RESUMO

O uso de base de dados com informações georreferenciadas é comum na distribuição de energia elétrica. Nesta base de dados relacional todos os equipamentos, postes, circuitos possuem coordenadas que são as chaves de pesquisa das informações destes componentes. Programas gráficos específicos de SIG (Sistemas de Informações Geográficas) são usados para o gerenciamento da rede sobre os quais são desenvolvidos os aplicativos adequados aos objetivos gerenciais da empresa. Este artigo apresenta um projeto desenvolvido, de um sistema de base de dados no mesmo conceito descrito acima, com o cadastro de informações geo-referenciadas para o gerenciamento de aproveitamentos hidroelétricos.

PALAVRAS-CHAVE:

Banco de dados, Sistema de informação, Cadastro de equipamentos, Gestão de hidroelétricas.

1.0- INTRODUÇÃO

Os Sistemas de Informação contendo cadastro de equipamentos e aplicativos de engenharia são ferramentas conhecidas da Engenharia de Distribuição. Quase todas as empresas dependem deste Sistema visto que lidam com grande número de equipamentos e padrões. Sistemas concebidos de forma semelhante podem informatizar o gerenciamento da operação e manutenção de sistemas de potência incluindo a geração, reservatórios e transmissão. Este artigo apresenta um Sistema de Bases de Dados da Geração/ Transmissão e alguns de seus aplicativos voltados ao gerenciamento da Operação e Manutenção. Sistema

este que se encontra em fase avançada de desenvolvimento utilizando-se um Sistema Gerenciador de Base de Dados da Oracle, que por seguir o modelo relacional e usufruir dos benefícios da linguagem de consulta padronizada SQL, pode ser facilmente portado para outros produtos similares.

2.0- BASE DE DADOS E INFORMAÇÃO

A estrutura de um banco de dados pode ser descrita por um modelo de dados, sendo um dos mais conhecidos o modelo Entidade-Relacionamento (E/R), apresentado por Peter Chen.

Um modelo E/R foi desenvolvido representando a base de dados relacional que constitui o cerne do Sistema de Gerenciamento de Aproveitamentos Hidroelétricos. Na construção desse modelo foi também considerada a diversidade de objetos de dados a serem cadastrados, que vão desde características hidráulicas de reservatórios, barragens, vertedouros e construções agregadas, até detalhes dos geradores e equipamentos eletromecânicos que fazem parte das subestações elevadoras, bem como das linhas de transmissão que escoam a energia produzida.

Objetivando manter o modelo compatível com diversos tipos de usinas, subestações e linhas, foi criado o conceito de equipamento típico. Esse conceito possibilita agregar um conjunto de características ou equipamentos de menor porte de modo a constituir elementos repetitivos dentro de uma instalação.

O modelo proposto contempla ainda o armazenamento das medições efetuadas, quer sejam elas de natureza elétrica, obtidas através de sensores/transdutores instalados junto aos equipamentos eletromecânicos,

quer sejam elas de grandezas hidráulicas ou mesmo de esforços mecânicos.

O sistema de informações está preparado também para armazenar junto aos equipamentos, os respectivos detalhes operacionais que facilitem o levantamento da taxas de falhas e conseqüentemente auxiliem na definição de políticas de manutenção.

2.1- Cadastro de Equipamentos

O modelo de dados implementado prevê tabelas individuais que armazenam as informações pertinentes aos equipamentos existentes em subestações e casa de máquinas de usinas. Dentro desse espírito, tem-se as tabelas de transformadores de potencial, transformadores de corrente, chaves seccionadoras, pára-raios, reatores, disjuntores, transformadores elevadores e abaixadores, reguladores de velocidade e de tensão, e sistemas de excitação da máquina. Serviços auxiliares, dispositivos de aterramento e turbinas também tem suas características principais guardadas em tabelas específicas. Bays típicos de subestações são descritos listando os equipamentos singelos que o constituem, tornando-se dessa forma, unidades de referencia para modelagem dos bays efetivamente existentes na subestação (Bays_SE). Uma subestação passa a ser então descrita referenciando-se os bays típicos, juntamente com suas coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator).

Analogamente, grupos geradores típicos são criados somando-se as características particulares de uma maquina com dados provenientes do regulador de tensão, de velocidade, excitação, bobina de bloqueio e turbina. Unidades geradoras físicas, geo-referenciadas através de suas coordenadas UTM, são montadas a partir de grupos geradores típicos, conforme pode ser observado na tabela *Casamaqui* (Figura 1).

Figura 1 – Tabela de dados de Casa de Máquinas

As linhas de transmissão são também descritas a partir de um cadastro de torres típicas, que estabelecem a geometria da torres, pernas disponíveis, bem como a quantidade e tipo de isoladores utilizados, enquanto que as características elétricas e mecânicas dos cabos para-raios e de energia referenciam-se à tabela *Condpraio*. A linha de transmissão propriamente dita será descrita por suas características elétricas e mecânicas do conjunto, bem como pela localização exata de cada torre definida pelas coordenadas UTM de cada uma das suas quatro pernas.

A tabela que concentra as informações das Usinas (Figura 2) conterá referencias às tabelas de eclusa, barragens, vertedouros, casa de máquinas, subestações e linha de transmissão. O conjunto de desenhos que detalham tanto as obras civis da usina quanto das montagens eletromecânicas da usina, subestação elevadora e linhas de transmissão também são referenciados por essa tabela.

Todos os elementos geográficos, bem como equipamentos de maior porte, encontram-se geo-referenciados, possibilitando a sua visualização através de sistemas de informações geográficas. Plantas obtidas por meio de sensoriamento remoto, também são referenciadas pelo sistema de cadastro.

Figura 2 – Tabela de dados de Usinas

2.2- Cadastro de Medições

Uma tabela específica para medições, armazena indistintamente todas as medições realizadas, quer sejam de grandezas elétricas, mecânicas ou hidráulicas. Um atributo denominado de *Tipomedição* identifica o tipo de grandeza sendo medida bem como sua periodicidade. Um outro atributo identifica a unidade da grandeza sendo medida.

Indicações de estado e alarmes podem também ser armazenados na sua forma binária (0 e 1), nessa mesma tabela através de código adequado para o atributo que identifica o tipo da medição.

Junto com a medição é também salva a chave primária do ponto onde é coletada a medida, possibilitando dessa forma ampla flexibilidade quanto ao local de coleta da medição, grandeza sendo medida e unidade.

2.3- Cadastro de Eventos

Numa concessionária de energia elétrica, o papel da manutenção tem sua importância aumentada, em função da nova regulamentação que passa a penalizar as empresas que apresentem má qualidade de serviço.

A manutenção de equipamentos deve focar tanto os equipamentos de maior porte, concentrados em subestações e usinas, bem como aqueles geograficamente dispersos, tais como torres e cadeias de isoladores.

Para tanto são necessárias tabelas específicas que armazenam as falhas ocorridas nos equipamentos, reparos efetuados e peças substituídas. São elas:

- *Eventos*: guarda as informações gerais, tais como: data/hora inicial, data/hora final, localização do defeito, tipo (corretiva, preventiva, ensaio, etc) e causa do defeito, etc.
- *Desligamento*: nem todo evento provoca desligamento, mas essa tabela oferece campos adequados para armazenar: número seqüencial do desligamento dentro do evento, data/hora inicial, data/hora final, identificação do circuito e fase, e identificação do equipamento que motivou a interrupção (disjuntor, unidade geradora, serviços auxiliares, turbina, etc.).
- *Serviço*: detalha as atividades realizadas para normalização da operação. Para cada serviço são identificados: data/hora inicial, data/hora final, equipamento retirado, estado do equipamento, e se substituído: o equipamento instalado.
- *Manobra*: mantém a relação de manobras efetuadas em cada evento, especificando: data/hora inicial, data/hora final, número de seqüência, identificação do equipamento manobrado e situação do equipamento após a manobra (aberto/fechado).
- *Deslocamento*: armazena para cada ocorrência todos os deslocamentos realizados, incluindo: identificação da turma de manutenção, data/hora do aviso, data/hora de chegada ao local da ocorrência, data/hora do término dos serviços, data/hora de retorno a garagem, e quilometragem percorrida.

Um sistema de gerenciamento da manutenção utilizará esta base para garantir que todos os equipamentos sofram ensaios e/ou manutenções preditivas nas periodicidades adequadas, mas também documentar as manutenções corretivas efetuadas, bem como oferecer recursos gerenciais que indiquem os pontos mais propensos a falhas, além de auxiliar no gerenciamento das turmas de manutenção de forma corrigir a sistemática de trabalho.

2.3.1 - Manutenção de equipamentos

Tendo em vista a quantidade de equipamentos geograficamente dispersos e que a análise do seu desempenho baseia-se fundamentalmente no histórico de ensaios e medições, o sistema de informações proposto oferece também recursos para:

- programação e controle da manutenção;
- reprogramação automática de pendências;
- análise do histórico de ensaios e medições;
- levantamento dos custos de manutenção.

Neste sistema de informações soma-se ao modelo da base de dados já apresentado, informações específicas que irão nortear as rotinas de manutenção, tais como:

- *Ensaio padronizados*: relação de todas as atividades sistemáticas de manutenção.
- *Periodicidade*: indicam para cada tipo de equipamentos o intervalo de tempo (meses) sugerido entre inspeções ou o número de operações a ser atingido para disparar o processo de manutenção.
- *Pendências*: relação de códigos de motivos que possam a vir impedir a execução de ensaio, tais como falta de transporte, falta de pessoal, falta de material, etc.

Em função das periodicidades recomendadas para cada tipo de equipamento, o módulo de geração automática de ordens de ensaio percorre toda a base de dados comparando a data do último ensaio e/ou número de operações efetuadas, imprimindo relatórios contendo as ordens de ensaio, com os campos adequados ao preenchimento durante a manutenção ou ensaio.

Os dados coletados nos ensaios ou manutenções são inseridos na base de dados, de forma a permitir que o sistema automaticamente re programe a próxima inspeção, bem como sejam produzidos relatórios e gráficos gerenciais.

O histórico dos ensaios realizados exprime a vida do equipamento, permitindo também a geração de relatórios comparativos com outros equipamentos da mesma família, evidenciando assim qualquer anomalia, ao mesmo tempo em que propicia a oportunidade de correção do problema.

Para averiguação da situação dos equipamentos, tem-se por exemplo relatórios de taxa de avaria de transformadores, geradores, disjuntores, reguladores de tensão e de velocidade, etc.

Para a avaliação da influência dos desligamentos programados, tem-se por exemplo relatório de energia não faturada em virtude do bloqueio do equipamento para manutenção.

2.3.2 - Manutenção de linhas de transmissão

A manutenção das linhas de transmissão rede elétrica de distribuição de energia é facilitada pela assistência de sistemas computacionais, destacando-se dentre eles a base de dados contendo a topologia da rede, base de dados de desligamentos na rede, bem como base de dados de equipamentos. A base de dados de equipamentos armazena informações que vão desde a sua aquisição, especificações técnicas e operacionais além do histórico de todas as manutenções e inspeções realizadas, bem como as programadas futuras. Essas informações permitem a elaboração de plano de manutenção, incluindo:

- plano de manutenção de linhas de transmissão;
- priorização das linhas de transmissão para inspeção;
- avaliação da manutenção;
- estabelecimento de áreas críticas objeto de serviço.

3.0 - TRATAMENTO DAS INFORMAÇÕES

Generalizando o que foi descrito no item anterior pode-se dizer que a base de dados contém grupos de informações a saber:

- cadastro de equipamentos (disjuntor, reatores, cadeia de isoladores, etc.), de módulos (bays, grupos de geradores, torres, etc.) e de instalações (subestações, usinas, linhas, reservatórios, etc.);
- cadastro de medições (curva de carga diária, análise de água, etc.);
- cadastro de eventos (interrupções, modificações, manutenções realizadas).

Os programas aplicativos descritos a seguir tratam estas informações e as disponibilizam de forma gráfica e ordenada para análise dos técnicos. Estes programas são:

- localização de equipamentos e instalações;
- geração de informações auxiliares;
- curvas diárias e de tendências;
- gerenciamento de interrupções;
- gerenciamento da manutenção.

A Figura a seguir mostra a tela de Aplicativos ou de Tratamento de informações.



Figura 3- Tela de Aplicativos

3.1- Localização de Equipamentos, módulos e instalações

Como visto na organização da base de dados, cada equipamento ou correlato tem um identificador (chave) que os classificam em famílias (fabricante, tipo, ano de compra, etc.). Estes podem compor um módulo, numa instalação ao qual são atribuídas coordenadas geográficas passando este módulo a ser georeferenciado.

Um programa permite localizar, onde existe, um dado tipo de equipamento. A busca é feita pelo identificador localizando-se a instalação. Aparece então um mapa de fundo (estado ou região) com os locais onde existem os equipamentos procurados.

O programa possui facilidades para mostrar várias subestações próximas ("zoom") e listar os módulos da instalação onde estão estes equipamentos (Figura 4).

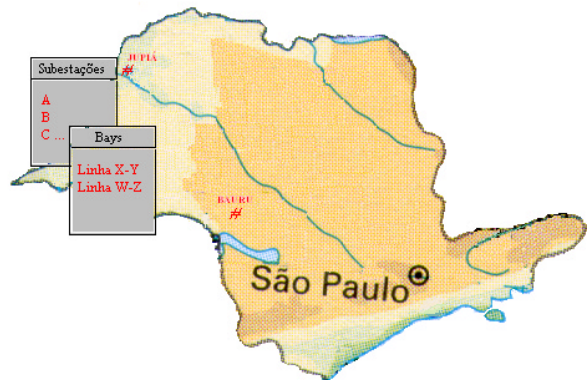


Figura 4 – Tela de Localização

3.2- Geração de Informações auxiliares, curvas diárias, mensais e anuais e de tendências

Este aplicativo usa a medição realizada, considerada em base horária para explicação neste texto. Assim a base de dados terá, por exemplo, 365 curvas diárias de potência ativa de um gerador num ano. Cada curva diária é composta de 24 valores, um por hora (valor médio horário).

Caso a medição seja feita com período de integração menor (por exemplo 15 minutos) um programa auxiliar calcula as médias horárias, como também valores máximos e mínimos diários, e energia ou mesmo o valor médio mensal das curvas diárias. Na Figura 5, apresenta-se uma destas curvas.

O programa permite somar curvas diárias; por exemplo, um determinado gerador de uma usina com "n" unidades, as suas curvas podem ser somadas por grupos (exemplo: máquinas 1 a 10, 11 a 12 e 13 a 14) e salvas com nome apropriado e então somá-las (as duas resultantes) para se obter a curva da usina (Figura 6).

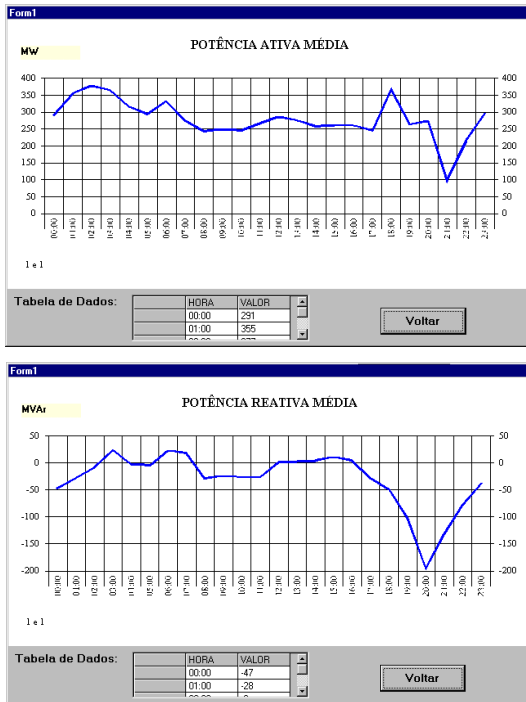


Figura 5 – Curvas Médias de Potência Ativa e Reativa diária da Máquina 1 da usina

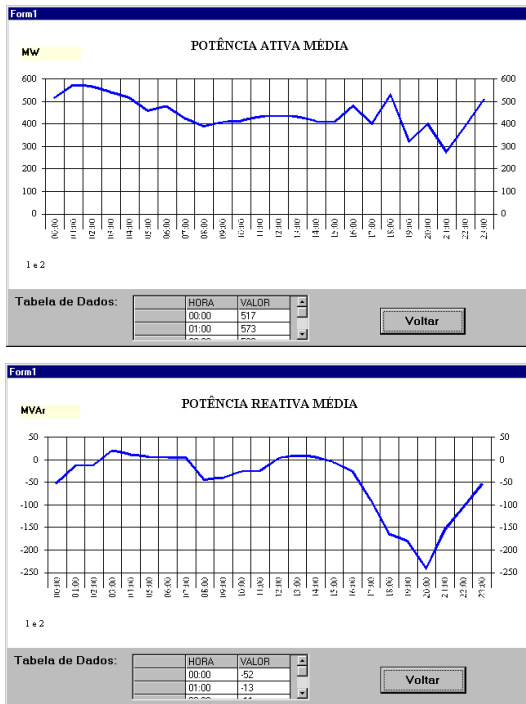


Figura 6 – Somatória de Curvas de Potência Ativa e Reativa Média diária da Máquina 1 e 5 da usina

Pode-se desta forma compor a geração em base horária de um conjunto de máquinas. As curvas podem ser apresentadas superpostas ou na forma de estrato onde se visualiza cada curva e sua soma (Figura 7).

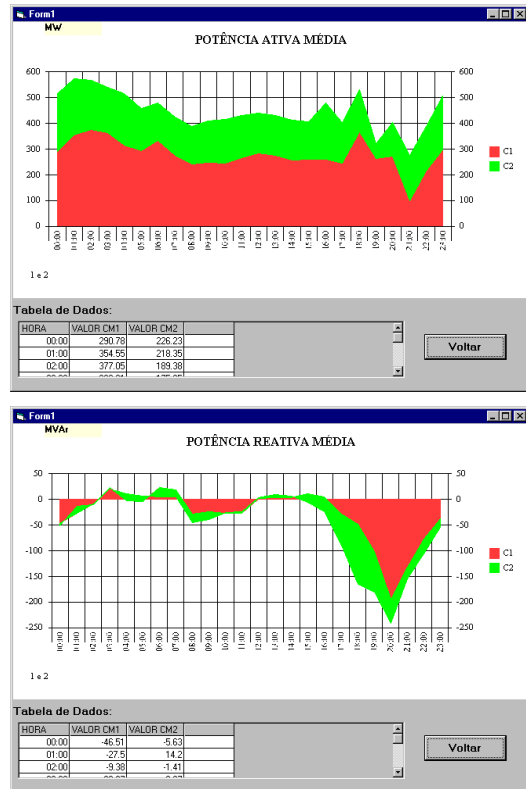


Figura 7 – Curva Estratificada do conjunto de Máquinas de 1 e 5 da usina

Para apresentação pode-se justapor várias curvas diferentes, como por exemplo: vazão, potência gerada, nível a montante, jusante e rendimento. Neste caso as curvas são normalizadas pelo valor máximo do período para melhor visualização (Figura 8). Os valores das bases são: 180m para nível montante e 100m a jusante, 170m³/s para vazão e 100MW para potência.

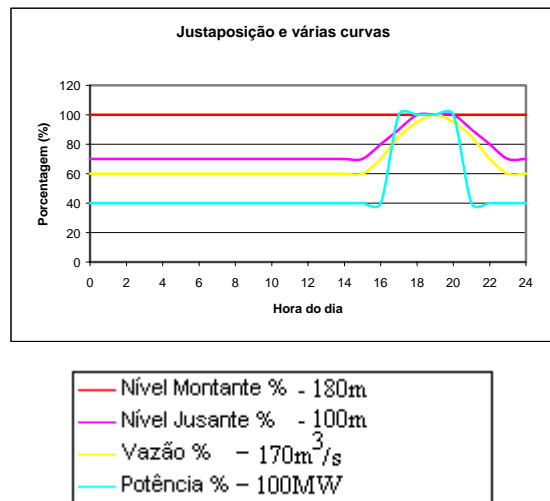
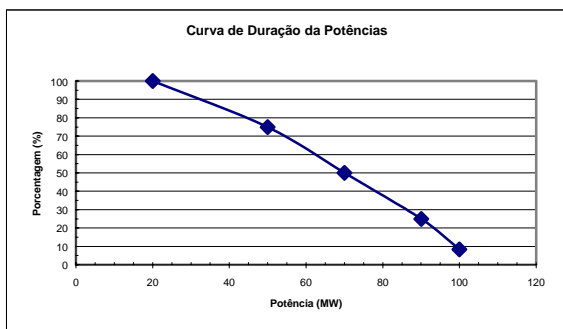
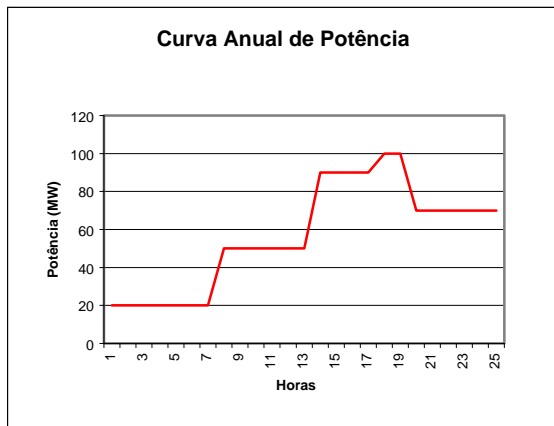


Figura 8 – Justaposição de várias curvas diferentes

Outro aplicativo pode mostrar a evolução de energia mensal gerada numa usina ou indicar a tendência de valores máximos diários, por exemplo.

Pode-se também traçar a curva de duração das potências numa usina que mostra a probabilidade de ocorrer um valor de potência gerada na usina maior que um dado valor (Figuras 9 e 10) a seguir.



Figuras 9 e 10 – Curvas de duração de Potências

3.3- Gerenciamento de Interrupções e de Manutenção

Este conjunto de aplicativos está em fase de projeto e usará as informações da tabela de eventos. Alguns dos aplicativos em desenvolvimento são:

- Cálculo do tempo de interrupção de linhas, com a identificação da origem (qual equipamento de subestação ou torre, etc.);
- Taxa de falha de equipamentos de tipos semelhantes e suas conseqüências no Sistema;
- Manutenção realizada, troca de peças, análise por tipo, família de equipamentos.

4.0- USO DE FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) oferecem uma tecnologia inovadora na forma de gerar e utilizar mapas necessários à construção e gerenciamento de redes elétricas de distribuição e

energia elétrica. Essa tecnologia possibilita que programas computacionais criem um vínculo entre objetos geográficos desenhados num mapa, com informações alfanuméricas armazenadas em um ou mais registros de um Sistema de Gerenciamento de Base de Dados (SGBD).

O efeito resultante desta junção, aliada à capacidade de simulação de cenários torna-se uma poderosa ferramenta organizacional e de gerenciamento, dando origem a uma outra tecnologia denominada "Automated Mapping and Facilities Management", ou simplesmente AM/FM. Estes Sistemas trabalham utilizando o conceito de camadas, que podem ser a base cartográfica, acidentes geográficos, logradouros, topografia do solo, faixa de passagem, cursos de rios e lagos, etc. Cada camada é independente das demais, podendo ser visualizada individualmente ou sobreposta com outras camadas.

O SIG trabalha com o conceito de entidades georeferenciadas, isto é, todas as entidades representadas possuem coordenadas que possibilitam a sua localização.

O Sistema de Gerenciamento de Aproveitamentos Hidroelétricos utiliza os recursos das ferramentas de SIG (Sistemas de Informações Geográficas) para os aplicativos referentes à "buscas".

Imagens de satélites fazem parte do Sistema sendo estas armazenadas nos arquivos e desenhos.

Estas imagens são úteis na verificação de existência de objetos (casa, portos, etc.) nas margens do reservatório, análise de níveis de água e área inundada e no posicionamento de objetos (por exemplo torres) e localização de suas coordenadas.

5.0- CONCLUSÕES

O Sistema que ainda se encontra em fase de desenvolvimento deverá prover informações constantes aos técnicos facilitando sobremaneira o gerenciamento bem como a operação e manutenção de usinas, subestações, linhas e reservatórios.

BIBLIOGRAFIA

- [1] MOERBECK, F.; VARRICCHIO, C.O.S.; AKIL, C.V. SINSE- Sistema Integrado de manutenção dos Sistema Elétrico, **Anais do XIV SNPTEE**, Belém - PA, 1997.
- [2] ONOE, F.; JARDINI, J.A. **Gerenciamento das ocorrências na distribuição**. São Paulo, 1998. Projeto de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP).
- [3] Working Group 22.13, ELECTRA. **Management of existing overhead transmission lines**. CIGRÉ, N° 193, Dezembro de 2000, p. 25-29.