



XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2008 - 06 a 10 de outubro

Olinda - Pernambuco - Brasil

Sistema de Gerenciamento de Informações de Inspeção e Manutenção Preventiva em Redes Aéreas de Distribuição

João Inocêncio Ávila
Energias do Brasil
joao.avila@enbr.com.br

Guilherme Filippo Filho
UNESP - Guaratinguetá
gfilippo@feg.unesp.br

Palavras-chave:

Banco de dados,
Coleta automática de dados,
Inspeções de redes,
Manutenção programada,
Programação de inspeções.

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma ferramenta para gerenciamento de informações da manutenção preventiva de redes aéreas de distribuição. Todas as informações relativas à programação e execução das inspeções, bem como das ações executadas nas atividades de manutenção preventiva estão centralizadas num banco de dados. Qualquer interessado da empresa pode ter acesso às informações através da Web, mediante a elaboração de consultas específicas de seu interesse. Para a programação e execução das inspeções foram desenvolvidas ferramentas específicas. As programações tanto podem ser elaboradas em cada CMD, como de forma centralizada para toda a concessão. A programação pode ser feita para qualquer horizonte de tempo até a execução. A coleta de dados durante a execução da inspeção é feita com auxílio de PDAs. Os resultados são exportados diretamente para o banco de dados através da Web, sem qualquer tarefa intermediária. Todas as ações executadas nas jornadas de manutenção preventiva também são registradas no banco de dados através da Web. Também são feitos registros detalhados sobre cada equipamento, dispositivo ou material retirado, ou substituído, da rede, com o propósito de avaliação do desempenho em relação às suas características, fabricante, modelo, idade e outros fatores relevantes.

1. OBJETIVOS

Este trabalho apresenta uma parte aplicada do projeto de P&D do ciclo 2004/2005 denominado “*Desenvolvimento de metodologia e software para avaliação de desempenho de equipamentos e instalações*”, desenvolvido através de parceria entre a Bandeirante Energia e a UNESP – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá. A parte que ora se apresenta é dedicada à criação de um banco de dados (BD) centralizado para programação, coleta e tratamento de dados de inspeções visuais e instrumentais

de redes aéreas de distribuição. Nesse BD também são armazenadas todas as ações executadas nas atividades de manutenção preventiva. Mediante a utilização de uma arquitetura Cliente-Servidor, todas as informações da base de dados podem ser acessadas pelos departamentos da empresa via Web. Todos os softwares utilizados para a construção desses sistemas são de domínio público.

O principal objetivo desse sistema é melhorar o planejamento da manutenção através de:

- Centralização e padronização das informações;
- Melhoria da eficiência e do controle dos processos de programação e execução das inspeções;
- Registros das ações executadas nas manutenções preventivas.

Com a centralização e padronização das informações das inspeções, os responsáveis pelo planejamento da manutenção podem avaliar com mais precisão as necessidades de alocação de recursos humanos e materiais. A tarefa de programação de inspeções pode ser feita individualmente em cada um dos CMDs, ou de forma centralizada envolvendo toda área da concessão. A coleta de dados durante a execução das inspeções é feita com auxílio de PDAs – *Personal Digital Assistants*, minimizando as ocorrências de erros de registros. Os dados das observações registradas nos PDAs são transferidos diretamente para o BD, aumentando a rapidez do processo. Os registros das ações de manutenção preventiva permitem uma apuração mais detalhada do desempenho de equipamentos e materiais, envolvendo fabricantes, modelos, tipos, idade, características, entre outros.

2. MÉTODOS

2.1. Programação das inspeções

Na metodologia desenvolvida, cada inspeção programada está associada a um único circuito, em sua totalidade ou em partes (blocos). Para cada inspeção programada existem as seguintes informações: número da inspeção, data e responsável pela programação, motivo (periódica/reincidência/regulador), tipo (visual/instrumental), equipe e data prevista para execução, circuito ou “bloco de circuito”.

Circuitos de distribuição podem ter extensões menores que 5 km ou maiores que 500 km. Sendo assim, as inspeções podem ser programadas para todo o circuito (caso de circuitos curtos) ou por blocos (circuitos longos). O bloco é definido por uma área retangular com vértices estabelecidos por coordenadas geográficas XY.

Uma vez definido o circuito, ou o bloco do circuito, o sistema importa da base de dados todos os elementos da rede referenciados geograficamente. São as chamadas “referências”, geralmente constituídas por ETs, CFs, BFs, BCs, RVs e EPs (entrada de consumidores em média tensão). De tempos em tempos, o banco de dados é atualizado com informações específicas do GIS da Bandeirante. Basicamente são atualizadas as referências e suas coordenadas geográficas.

Em resumo, a programação de uma inspeção consiste na especificação do conjunto de informações de sua caracterização e de uma listagem das referências que estarão no trajeto da inspeção.

Essa programação é feita a partir de um programa instalado em um computador *desktop* com conexão à Internet para acesso ao BD. A programação é feita através de uma única tela, conforme ilustra a

Figura 1. Vale mencionar que, uma vez importada a lista completa de referências do circuito ou bloco de circuito, o programador tem liberdade para excluir referências desta lista.

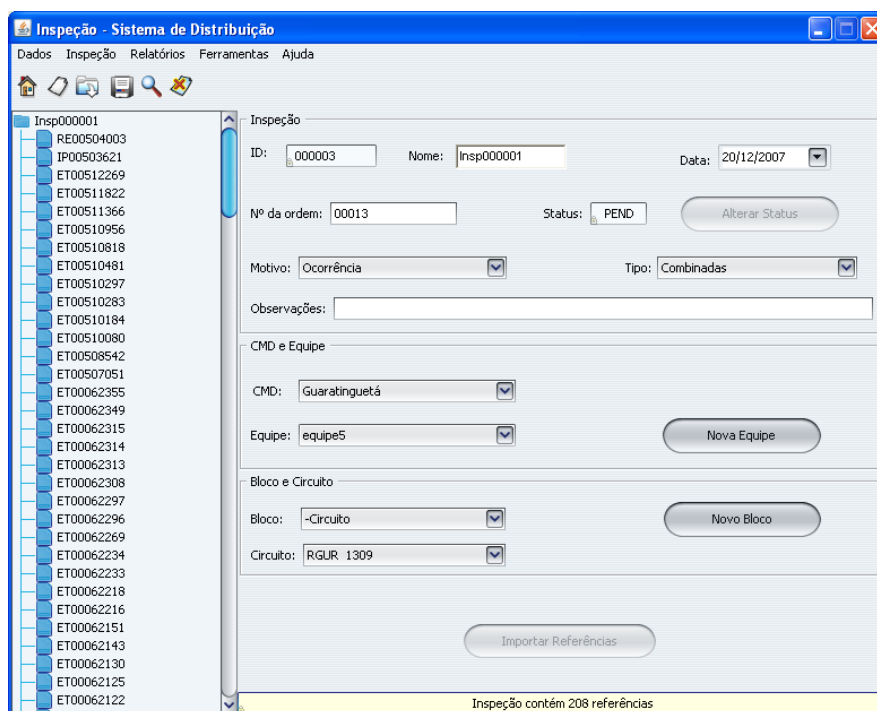


Figura 1. Tela de programação de inspeções.

Com essa metodologia de programação é possível atender todos os modos atualmente praticados pelos diversos CMDs da Bandeirante. Por exemplo, numa região com alta concentração urbana, pode-se definir um “bloco geográfico” contendo mais de um circuito. Nesse caso, o sistema gera uma inspeção para cada circuito dentro do bloco. Esses blocos são muito úteis em casos de barreiras naturais, divisão entre zonas urbana e rural, inspeções distintas em alimentador e ramais, até e após religadoras e assim por diante. O programador pode lançar mão de variadas ferramentas para estabelecer as coordenadas dos vértices do bloco, entre elas o próprio GIS da empresa, o *Google Maps*, ou outro recurso qualquer. Há uma expectativa de que a maioria desses blocos sejam definidos uma única vez, quando da primeira programação. Como mencionado anteriormente, essa programação pode ser feita em cada CMD, ou de forma centralizada para toda a área de concessão.

2.2. Execução das inspeções

As inspeções são executadas com auxílio de PDAs. Para isso, cada equipe possui um registro de usuário e senha. Ao identificar uma equipe, o programa de execução de inspeções recupera no BD as inspeções programadas para esta equipe. Os dados relativos às referências (nº de identificação e coordenadas geográficas) são transferidos ao PDA na forma de um arquivo XML, juntamente com informações de caracterização das inspeções. Há registro da data e hora dessa transferência.

Para registro de ocorrências (defeitos) em campo, dois conjuntos de informações são necessários, ou seja, a **localização** da ocorrência a **observação** relativa à ocorrência. Foram desenvolvidos alguns conjuntos de telas especialmente para o registro destas informações. Foi estabelecido que todas as

informações a serem coletadas em campo sejam feitas através de simples seleção de opções em um *combobox*. Para isso, todos os dados estão organizados em estruturas do tipo “árvore”.

A **localização** de uma ocorrência consiste na identificação do poste, da estrutura e da fase. Se a observação for relativa a um vão, sua localização é o poste de montante. O poste deve ser identificado a partir de uma referência (dentre as disponíveis para a inspeção). No PDA existe a lista com todas as referências da rede para cada inspeção. PDAs com auxílio de GPS podem ser muito úteis, dado que as coordenadas XY das referências poderiam ser importadas diretamente. Como qualquer outra informação, a referência é selecionada diretamente em um *combobox*. Outro *combobox* indica se a ocorrência está na própria referência ou se está antes ou depois da referência em relação ao fluxo de carga. Se antes ou depois, é preciso indicar as derivações existentes no trajeto entre a referência e o alvo da observação. Por fim, deve-se indicar a ordem do poste relativo à última derivação. Identificado o poste, outra tela surge para que sejam indicadas a estrutura e a fase em que se localiza a ocorrência. As telas progridem de forma conveniente, desde que as informações inseridas estejam corretas.

Para registrar uma **observação** é preciso definir um **elemento** e sua **característica**. Em seguida, é preciso anotar o defeito verificado, ou seja, a **ocorrência** observada. A estrutura de “árvore” utilizada para definir um elemento consiste de CATEGORIA/ELEMENTO/CARACTERÍSTICA. A título de exemplo, para registrar um defeito numa cruzeta de madeira de 2 metros é preciso selecionar no *combobox* CATEGORIA a opção “sustentação”. As opções de CATEGORIA são: “equipamento”, “condução”, “isolação”, “proteção” e “sustentação”. Em seguida, no *combobox* ELEMENTO é preciso selecionar “cruzeta madeira”. As opções para ELEMENTO, uma vez escolhida a CATEGORIA “sustentação”, são: “poste”, “cruzeta madeira”, “cruzeta aço”, “ferragens da estrutura”, “estai”, “braço IP”, “outras ferragens”. Finalmente, no *combobox* CARACTERÍSTICA deve-se selecionar a opção “2 metros”. Nesse caso, as opções seriam: “2 metros”, “2,4 metros” e “4 metros”. Para alguns elementos, como por exemplo “poste”, os registros seguem até que sejam obtidos todos os dados para sua perfeita caracterização. Uma vez escolhido o elemento “cruzeta madeira”, as opções que se apresentam no *combobox* OCORRÊNCIA são: “cruzeta podre”, “cruzeta queimada”, “cruzeta rachada”, “cruzeta desalinhada”, “componente torto”, “componente frouxo”, “componente oxidado”, “ninho de pássaro”. Para cada elemento é apresentada sua lista específica de defeitos. Existe um campo para registro da criticidade da OCORRÊNCIA, que pode ser: “emergente”, “urgente”, “prioritário”, “programável” e “informativo”. Os registros de ocorrências estão em consonância com as normas estabelecidas pela Bandeirante¹.

No processo de registro das ocorrências (localização e observação) sempre está ativo no PDA um cabeçalho de “navegação”. Nesse cabeçalho há indicação do circuito, da última chave de manobra e da última proteção. O próprio inspetor seleciona a proteção e a chave de manobra à medida que ele segue seu curso pelo circuito. Ao final de cada registro é apresentada uma tela com uma síntese da ocorrência para confirmação (ou não) da observação. Ao final da inspeção, o PDA deve ser conectado a um computador com acesso à Internet para que as informações obtidas em campo sejam exportadas para o BD. Ao fazer a exportação a equipe deve indicar o *status* da inspeção, ou seja: totalmente

concluída, parcialmente concluída, cancelada, ainda em execução, etc. Existe um campo para anotações de fatos que possam ter relevância na execução da inspeção. A cada exportação ficam registradas a data e hora. Vale observar que o PDA pode conter mais de uma inspeção programada.

A Figura 2 mostra telas típicas do PDA para **localização** e **observação** de ocorrências.



Figura 2. Exemplo de telas do PDA para localização e observação de ocorrências

2.3. Relatórios

Após a exportação das observações colhidas em campo pode-se gerar relatórios da inspeção no qual as ocorrências são listadas conforme a ordem de registro em campo. Todas as ocorrências (localização e observação) de cada uma das inspeções exportadas para o BD estarão disponíveis para consultas via Web.

Existem filtros pré-definidos para a realização de consultas. É possível realizar consultas focadas no espaço (blocos de circuitos, circuitos, município, CMD e concessão), no tempo (entre datas), nos elementos de rede (equipamentos ou materiais) e na criticidade, ou para qualquer combinação desses itens. A título de exemplo, pode-se realizar uma consulta para informar todos os transformadores (elementos), de um determinado município (espaço) que tiveram defeitos caracterizados como urgentes (criticidade) no último trimestre (tempo). Da mesma forma poderia ser listada todas as ocorrências de um determinado circuito. Ainda como exemplo, os responsáveis pela manutenção poderiam saber, a qualquer tempo, quantas cruzetas de madeira apresentam defeitos em toda área de concessão.

Os relatórios podem ser gerados nos formatos XLS ou PDF, a critério do usuário. A partir desses relatórios pode-se programar a execução das manutenções com maior eficácia. O sistema desenvolvido não faz a programação da manutenção.

2.4. Registro das ações de manutenção preventiva

A Bandeirante dispõe de um software para registro de todas as ocorrências operacionais². As intervenções com vistas às ações de manutenção preventiva, emergencial ou programada, com ou sem desligamento, ou mesmo ações de manutenção em linha viva, são registradas por esse software de registro de ocorrências. Cada intervenção tem um número de ordem único. Através do projeto de P&D

mencionado foi desenvolvido um sistema denominado SGIM – DI (Sistema de Gerenciamento de Informações da Manutenção – Módulo Distribuição).

As ordens relativas à manutenção preventiva são capturadas pelo SGIM – DI. As informações disponíveis nessas ordens são: data, hora, circuito, equipe, chave manobrada, condição climática, consumidores afetados, etc. Nesse software não são registradas as ações executadas na atividade de manutenção preventiva programada. Existem registros apenas das ações efetivadas nas manutenções corretivas e preventivas de caráter emergencial.

As ações executadas numa ordem específica devem ser registradas na base de dados do SGIM – DI, particularmente aquelas que envolvam retirada ou substituição de equipamento, dispositivo ou material em decorrência de deterioração.

Essas informações complementares devem ser alimentadas pelo CMD diretamente no banco de dados do SGIM – DI. Esses registros são feitos diretamente numa tela de computador com acesso a WEB. Para equipamentos e dispositivos deverão ser informados: referência, tipo, modelo, fabricante, ano de fabricação, características e diagnóstico da falha observada. Todos os registros são feitos dentro de uma estrutura em árvores, muito semelhante àquela utilizada nos PDAs. Para os materiais as informações são: tipo, característica e, se possível, fabricante.

A Figura 3 ilustra uma tela para registro de informações complementares sobre equipamento deteriorado.

Vale mencionar que o SGIM – DI possui um outro módulo para registro das ações de manutenção corretiva. Esse módulo faz uma busca na base de dados das ocorrências operacionais para “garimpar” todas as informações pertinentes à falhas e defeitos de elementos de rede. Para isso foi desenvolvido um algoritmo específico. Essa garimpagem é feita mensalmente após o fechamento do relatório de ocorrências com vistas a capturar todas as ocorrências de manutenção corretiva derivadas de falhas ou defeitos, com ou sem desligamento da rede. Não são computadas aquelas causadas por agentes externos, tais como: vandalismo, abalroamento, queda de árvores, etc. A apresentação desse sistema foge do escopo deste trabalho.



Figura 3. Tela para registro sobre falha de equipamento.

2.5. Softwares utilizados

Para o banco de dados, foi utilizado SGBD *POSTGRE – SQL*³. O BD fica residente num servidor central com acesso a Web. Todos os demais sistemas, inclusive o para os PDAs foram desenvolvidos utilizando tecnologia *JAVA*⁴.

3. RESULTADOS

Este P&D apresentou um bom resultado devido, sobretudo, ao estreito relacionamento e à mútua cooperação entre engenheiros, técnicos e eletricitas da Bandeirante Energia e os pesquisadores da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá da UNESP.

A título de exemplo, o desenvolvimento do módulo de coleta automática de dados das inspeções passou por diversas etapas de testes em diferentes CMDs. Todas as contribuições de eletricitas e técnicos responsáveis por esse serviço foram amplamente debatidas com todos os envolvidos nesse P&D. Ao tempo da redação desse artigo, todos os CMDs da Bandeirante já tinham pleno conhecimento desse desenvolvimento, tendo sido bem aceito. O treinamento das equipes de manutenção para a plena adoção desse sistema deve acontecer no início de 2008. Espera-se que o sistema esteja totalmente implantado ao fim do verão de 2008.

Como mencionado ao longo deste texto, o processo de programação e execução das inspeções de redes aéreas de distribuição passará a ser muito mais eficiente devido à melhoria das informações, especialmente com relação a: qualidade e padronização, rapidez de coleta e processamento, e disseminação do acesso entre os agentes responsáveis pelas tarefas de manutenção.

De outra parte, com o detalhamento das informações sobre as ações executadas durante as atividades de manutenção preventiva, as análises de desempenho de equipamentos, dispositivos e materiais serão muito mais precisas e abrangentes. Todo elemento retirado da rede em razão de deterioração nas atividades de manutenção preventiva será detalhadamente registrado no banco de dados, à semelhança do que acontece na manutenção corretiva (outro módulo do P&D). Com essa base de dados, pretende-se levantar os índices de desempenho dos seguintes equipamentos e dispositivos: transformadores de distribuição (mono, bi e trifásicos), chaves faca, bases fusíveis, banco de capacitores, reguladores de tensão e religadoras automáticas e eletrônicas. Quanto a materiais, os alvos principais são: pára-raios, isoladores, cruzetas, cabos, conectores, postes e ferragens de estruturas. Esses índices deverão ser apurados por características dos elementos, fabricantes, modelos, local de instalação, etc.

Essa avaliação permitirá uma melhor seleção de fornecedores, desenvolvimento de melhoria de elementos e componentes em conjunto com fornecedores, análises das raízes das falhas, etc. Os resultados dessas análises só serão visíveis após um período razoável de coleta de dados.

4. CONCLUSÕES

Com o sistema de gestão das informações da manutenção preventiva desenvolvido pretende-se melhorar o processo de programação, coleta e processamento de dados das inspeções, bem como detalhar as informações sobre as ações executadas na realização das atividades de manutenção. Esse

sistema ainda não oferece um módulo para programação de execução das manutenções. Talvez isso venha a ser feito futuramente. Todavia, ele oferece uma ampla visão do estado da rede a partir das inspeções. Da mesma forma, ele também oferece ampla visão das intervenções preventivas executadas na rede. Dessa forma seria possível, por exemplo, controlar *vis-a-vis*, circuito a circuito, as ações executadas e as ocorrências observadas por ocasião da inspeção.

Esse desenvolvimento não teve como um de seus objetivos a administração da inspeção, no sentido de apuração de horas trabalhadas, custos, etc. Entretanto, é possível apurar as horas utilizadas para execução de inspeções por cada equipe, por circuito, por CMD ou para toda a empresa. Também é possível apurar o tempo total de execução de cada ordem de manutenção e totalizá-lo por equipe, circuito, CMD ou para toda empresa.

Ao final de todo desenvolvimento sempre cabe perguntar sobre o quê seria possível melhorar. Nesse caso, uma primeira melhoria seria apresentar a lista das referências no PDA na forma de árvore, tal como aparecem na configuração do circuito. Assim, as referências seriam apresentadas segundo o sentido fonte – carga, não só para o tronco alimentador como para cada ramal. Dessa forma, não haveria necessidade do cabeçalho no PDA para indicação da “última proteção” e “última manobra”. Essa informação seria gerada automaticamente por ocasião da programação das inspeções ou da geração de relatórios. Essa adaptação será feita brevemente, tão logo o novo sistema de informações georeferenciadas da rede seja disponibilizado.

Futuramente, esse sistema poderia ser adaptado para que índices de desempenho de elementos de redes aéreas de distribuição pudessem ser apurados nacionalmente. Trata-se de informação relevante para todos os agentes do setor elétrico brasileiro. Tal processo poderia ser conduzido pelo agente regulador em parceria com as associações de distribuidoras e das indústrias.

Por fim, cumpre registrar a participação dos pesquisadores da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – UNESP envolvidos nesse projeto: Guilherme Filippo – Coordenador (Departamento de Energia), Edson Senne (Departamento de Matemática), Celso Freire e Agnelo Cassulla (Departamento de Engenharia Elétrica).

5. REFERÊNCIAS

1. ENERGIAS DO BRASIL. *Estratégias de manutenção de redes MT e BT*, NOR-MAN-001, versão 3, ESCELSA, revisão ABRIL 2006.
2. ENERGIAS DO BRASIL. *CRO – Consultas e relatórios de gestão de ocorrências – Manual do Usuário*, SIT – Sistema de Informações Técnicas, 2005.
3. SGBD - Sistema Gerenciador de Banco de Dados, PostgreSQL. Acessado em 23/09/2006, disponível em: <http://www.postgresql.org/>.
4. Sun Microsystems, Products & Technologies - Java Technology. Acessado em 10/10/2006, disponível em: <http://java.sun.com/>.