

ANAIS DOS TRABALHOS DE DIPLOMA – DEZEMBRO/2005
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
ENGENHARIA ELÉTRICA

**SISTEMA AUTOMATIZADO PARA CADASTRAMENTO DE EQUIPAMENTOS DE
DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Marco Aurélio Moreira Saran

Orientador: Prof. Dr. Manuel Luiz Barreira Martinez

Instituto de Sistemas Elétricos e Energia (ISEE)

Abstract - Este trabalho mostra a solução adotada para um sistema de cadastramento e inspeção em campo de isoladores e pára-raios, utilizando *handheld's*, medidores de ultra-som e de rádio interferência.

Os equipamentos instalados no sistema de distribuição são inspecionados em campo e cadastrados. Se identificados e classificados como possuindo algum tipo de problema são removidos e substituídos, posteriormente submetidos a ensaios em laboratório, sendo todos os dados e resultados cadastrados em um banco de dados.

Por fim é feita uma análise dos resultados do projeto que tem por objetivo reduzir a quantidade de desligamentos de uma rede de distribuição de energia elétrica.

Palavras-Chave: Sistema automatizado, Equipamentos, Distribuição, Energia Elétrica

I - INTRODUÇÃO

O sistema elétrico brasileiro e de muitos outros países foram tradicionalmente mantidos pelo poder público, por serem uma infra-estrutura de valor estratégico. Porém, nas últimas décadas existe uma tendência mundial em transferir estes serviços para a iniciativa privada.

Outro fenômeno ocorrido, principalmente no Brasil, foi a criação do

Código de Defesa do Consumidor (Lei Federal n.º 8.078 de 11 de setembro de 1990), que estabelece uma série de obrigações às empresas no que diz respeito à qualidade e continuidade dos produtos e serviços fornecidos e, da mesmo forma, estabelece penalidades, possibilitando a maior conscientização da população em relação a seus direitos enquanto consumidores. Com relação às concessionárias de energia, no que tange às responsabilidades de pessoas jurídicas ou de direitos privados, não diferem daquelas dispensadas ao fornecedor ou prestador de serviços individuais. Portanto, nada há nesta lei que não as aplique às concessionárias, muito pelo contrário, as exigências de certa forma se ampliam tendo em vista seu maior poder econômico e o universo de atuação delas.

Após as privatizações das concessionárias de energia elétrica no Brasil, toda a distribuição e a qualidade do serviço passaram a depender da iniciativa privada. Porém como o serviço prestado afeta não só a economia como a qualidade de vida de toda a população, foi criado pelo governo um órgão regulador com a finalidade de controlar e fiscalizar as empresas do setor.

A Agência Nacional de Energia Elétrica, a ANEEL, autarquia em regime especial, vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), tem como atribuições: regular e fiscalizar a geração, a transmissão, a distribuição e a comercialização da energia elétrica, atendendo reclamações de agentes e consumidores com equilíbrio entre as partes e

em benefício da sociedade; mediar os conflitos de interesses entre os agentes do setor elétrico e entre estes e os consumidores; conceder, permitir e autorizar instalações e serviços de energia; garantir tarifas justas; zelar pela qualidade do serviço; exigir investimentos; estimular a competição entre os operadores e assegurar a universalização dos serviços.

A missão da ANEEL é proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade.

Uma das atribuições da ANEEL com relação às concessionárias é a de fiscalizar e estipular metas de continuidade e qualidade de fornecimento aos consumidores. Foram criados indicadores de qualidade técnica, com relação aos consumidores individuais têm-se a Frequência de Interrupção por Unidade Consumidora (FIC) e Duração de Interrupção por Unidade Consumidora (DIC), e com relação aos grupos de consumidores, têm-se a Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC) e Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC). Inclusive sendo passível de penalidades para as concessionárias que desrespeitarem os limites estabelecidos.

Este projeto de pesquisa e desenvolvimento, conduzido para uma concessionária do sul do país, foi motivado por um problema de grande quantidade de desligamentos em sua rede de distribuição (13,8 e 23,1 kV). Estes desligamentos causam um grande impacto no DIC e FIC, e conseqüentemente no DEC e FEC, podendo a concessionária ser penalizada, até mesmo com multas, se estes índices ultrapassarem os limites estipulados pela ANEEL.

O objetivo do projeto é de identificar as causas dos desligamentos e propor soluções para a melhoria da rede, para que se reduza o número de desligamentos, assim melhorando a qualidade do serviço prestado e evitando a ultrapassagem das metas estipuladas.

II - IDENTIFICANDO O PROBLEMA

Após um levantamento das causas dos desligamentos com as equipes de manutenção, foi verificado que grande parte dos desligamentos era classificada como sendo causado por descargas atmosféricas, pois eram fenômenos transitórios, onde a rede de distribuição era restabelecida sem maiores problemas após o incidente. Baseado nesses dados levantou-se a suspeita de que o problema

poderia ser a coordenação de isolamento da rede, ou seja, a resposta e a proteção do sistema a surtos de tensão, como os gerados por descargas atmosféricas.

As redes aéreas de distribuição são extremamente vulneráveis às descargas atmosféricas que, em determinadas condições, podem provocar sobretensões elevadas no sistema, ocasionando a queima de equipamentos, tanto os da concessionária como os dos consumidores, e podendo ocasionar o desligamento da rede.

A coordenação de isolamento é o processo de correlação do esforço de isolamento do equipamento elétrico, ou sistema, com respeito à sobretensões e com as características dos dispositivos de proteção contra surtos. Ou seja, para a rede aérea de distribuição isto envolve a correta especificação dos isoladores e dos equipamentos de proteção contra surto.

Para que se protejam os sistemas elétricos dos surtos de tensão são instalados equipamentos apropriados que reduzem o nível de sobretensão a valores compatíveis com a suportabilidade do sistema. Esses equipamentos são os pára-raios, que juntamente com o correto dimensionamento dos isoladores provocam o amortecimento e atenuação do surto.

Baseado nestas informações iniciou-se um processo de verificação destes equipamentos instalados ao longo da rede de distribuição. Essa verificação visa identificar possíveis falhas de isolamento e operação, que produzem arcos, corona, fuga de corrente, gerando ruídos audíveis, ruídos em ultra-som e interferências em alta frequência, distribuídos em maior ou menor grau de acordo com o tipo de falha. Para isso foram adquiridas antenas para detecção de rádio interferência e de ultra-som. Com elas foi possível determinar os equipamentos que apresentavam mau funcionamento.

A premissa do projeto é identificar os equipamentos com problemas, removê-los, substituí-los por equipamentos novos e cadastrá-los, levando-os para o laboratório com o objetivo de serem ensaiados conforme as normas vigentes. Estas operações têm por objetivo levar a uma melhoraria da rede e também a uma redução das falhas e desligamentos.

Para armazenar corretamente os dados de todos os equipamentos e resultados de ensaios, foi desenvolvido um banco de dados que possibilita consultas rápidas e eficientes. Este banco de dados foi construído em Microsoft Access, pela praticidade e facilidade de uso.

Porém, um problema foi identificado: como a massa de informações era muito elevada - pois em cada equipamento é preciso anotar o time que estava executando a operação, região onde se estava retirando o equipamento, leituras dos equipamentos de rádio interferência e ultra-som, isso de várias estruturas e das três fases - começaram a ocorrer problemas de preenchimento incorreto de dados pelas equipes de campo e dificuldades na leitura dos cadastros, causada por uma grande quantidade de dados, com alta repetição, e por serem preenchidos manualmente.

Para reduzir e evitar estes problemas foi proposta a utilização de *handheld's*, também conhecidos como *palm-top's* ou PDA's (*personal digital assistant*), que são pequenos computadores de mão, com ótimos recursos, excelente portabilidade, muito práticos e de uso simplificado. Porém não havia experiência anterior nenhuma na utilização e programação destes dispositivos.

Tal fato iniciou um processo de pesquisa para a identificação do dispositivo que melhor se encaixasse no perfil do projeto: um dispositivo com capacidade suficiente, robusto, simples e de baixo custo. Dentre os vários tipos, fabricantes e modelos disponíveis no mercado, foi adotado o *handheld* da Palm, modelo Zire 21, pelo atendimento às especificações e melhor relação custo x benefício na época.

Escolhido o dispositivo, foi necessário um trabalho para familiarização, como descobrir qual conjunto de ferramentas para a sua programação e como fazer a interface com o banco de dados. Foram encontradas diversas formas de programação, tanto em linguagem C como também em Basic de diversos fabricantes e diferentes recursos.

Dentre elas as mais interessantes foram a AppForge Crossfire, uma plataforma de desenvolvimento em linguagem Basic integrada ao Microsoft Visual Studio; a NS Basic, uma plataforma de desenvolvimento independente em Basic, muito simples e eficiente; e a HB++, poderosa plataforma de desenvolvimento com excelentes recursos.

Após algumas pesquisas e testes foi escolhida a linguagem NS Basic, pela facilidade da linguagem Basic, por possuir os recursos necessários e ser de simples utilização, dando início ao desenvolvimento dos programas.

III - O SISTEMA AUTOMATIZADO DE CADASTRAMENTO

O sistema de cadastramento foi idealizado para ser o mais simples e fácil de ser operado, evitando a entrada de informações incorretas e fornecendo uma interface amigável e integrada ao banco de dados já existente.

Todos os campos de entrada possuem validação para prevenir a entrada de informações incorretas, e também não há a possibilidade de cópia dos dados que são específicos de cada equipamento. Além disso, para cada equipamento cadastrado é gerado um código identificador único, possibilitando a marcação da peça e posterior identificação e correlação com o banco de dados.

Para atender a estas especificações foram desenvolvidos dois programas:

- Inspeção de Isoladores;
- Inspeção de Pára-Raios.

Cada um com uma estrutura e campos específicos, desenvolvidos exclusivamente para cada tipo de equipamento.

Após o término dos cadastramentos em campo, os *handheld's* são descarregados em um computador, onde os dados podem ser analisados e importados para o banco de dados.

IV - INSPEÇÃO EM CAMPO

Os times de operação e manutenção dirigem-se a campo com um *handheld* e antenas de rádio interferência e de ultra-som. Escolhida a rede de distribuição, priorizando as com maior quantidade de desligamentos, a equipe faz primeiramente uma varredura com o detector de rádio interferência, que executa uma busca por regiões com problemas, pois pontos com falha de isolamento, corona e mau contato geram sinais de rádio facilmente captados pela antena. Identificada uma estrutura com problema, passa-se ao medidor de ultra-som, que consegue fazer uma leitura mais precisa do ponto com falha, possibilitando a identificação do equipamento com problemas.

Identificado o equipamento, ou localizado um pára-raios sob suspeita de falha, inicia-se o cadastro do mesmo no *handheld*, entrando com os seus dados e as leituras realizadas. Posteriormente o equipamento é retirado e identificado, sendo então encaminhado ao laboratório para ensaios.

V - CADASTRO NO *HANDHELD*

O *handheld* Palm Zire 21 é simples de ser utilizado, possui uma grande tela monocromática de simples leitura, também existem modelos com tela colorida. Possui uma área de escrita alfabética e uma área de escrita numérica. Este dispositivo não possui um teclado, somente o virtual, sendo todos os dados inseridos através de uma caneta diretamente em sua tela que dispõe da funcionalidade touch-screen, onde até com o toque do dedo é possível se executar os comandos, porém sem a precisão que a caneta oferece.

Ambos os programas desenvolvidos possuem um entrada de dados bem simplificada, com uma tela inicial de informações preliminares à inspeção e em seguida as telas da inspeção dos equipamentos propriamente dita.

V.1. Inspeção de Isoladores

Em uma tela pré-inspeção são inseridos os dados relativos ao time, equipe que está realizando a inspeção; executor, com o nome do responsável pela execução; número de identificação da subestação que supre o alimentador; número de identificação do alimentador onde é realizada a inspeção; tensão nominal da rede; número de fases da rede; e a matrícula da chave à montante das estruturas inspecionada.

Preenchidos estes dados preliminares, a inspeção se inicia cadastrando os seguintes dados de cada estrutura: identificação de seqüência, identificação de item falhado ou não; identificação de item substituído ou não; tipo do isolador: vidro ou porcelana; região onde a estrutura está situada: urbana, rural em planície, rural em serra ou rural em floresta; tipo de montagem: vertical, horizontal ou triangular; leituras de ultra-som e de rádio interferência; temperatura; umidade relativa; velocidade do vento e observações.

O cadastro segue sendo feito em todas as estruturas incrementando o número da seqüência automaticamente, até que se encontre uma outra chave, assim iniciando um novo cadastro. Isto é feito para que se consiga identificar o local exato da estrutura de onde os isoladores foram retirados.



Figura 1 - Tela preliminar à inspeção de isoladores.

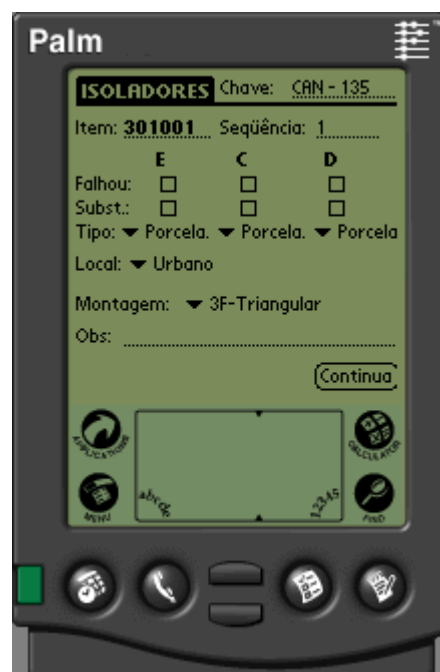


Figura 2 - Primeira tela de inspeção de isoladores.

Observação: As imagens do handheld Palm exibidas neste documento não se referem ao modelo Zire 21, mas sim ao emulador genérico para computadores PC. No entanto eles são semelhantes e possuem as mesmas funcionalidades.



Figura 3 - Segunda tela de inspeção de isoladores.

V.2. Inspeção de Pára-Raios

O programa de inspeção de pára-raios é muito semelhante ao de isoladores, muitos campos são idênticos, porém a maneira de utilização se difere um pouco. Nele só existe uma tela, onde já estão todos os campos e informações necessárias, sendo, portanto, mais simples.

Isso ocorre porque no caso de pára-raios o equipamento pode ser identificado facilmente, pois está relacionado ao transformador, o qual já possui um código de identificação (Matrícula). Sendo assim, este código pode ser utilizado para individualizar e identificar unicamente as peças. O que não ocorre com os isoladores, que necessitam do código de identificação da chave à montante e do número seqüencial para identificação.

Na tela do programa são inseridos os dados relativos ao time; executor; número de identificação da subestação que supre o alimentador; número de identificação do alimentador onde será feita a inspeção; tensão nominal da rede; número de fases da rede; matrícula do circuito, que é o código de identificação do transformador; identificação de item falhado ou não; identificação de item substituído ou não; tipo: convencional (porcelana) ou polimérico; região onde a estrutura está situada: urbana, rural em planície, rural em serra ou rural em floresta; tipo de montagem: vertical, horizontal ou triangular;

leituras de ultra-som e de rádio interferência; corrente nominal do equipamento e observações.



Figura 4 - Programa de inspeção de pára-raios.

VI - ENSAIOS EM LABORATÓRIO

Com os equipamentos em laboratório iniciou-se uma série de ensaios para determinar se eles realmente possuíam algum tipo de falha de isolamento e se o seu comportamento sob condições atmosféricas adversas era satisfatório.

Todavia, como estes equipamentos já estavam instalados na rede e em operação, presume-se que, anteriormente, já haviam sido aprovados nos ensaios de tipo. Por isso os ensaios realizados foram baseados nas normas específicas sem que fosse necessário realizar todos os ensaios descritos nelas, somente os pertinentes para seu recebimento.

Partindo desta premissa os ensaios de isoladores foram baseados na norma brasileira, NBR5049 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, de título: Isoladores de Porcelana ou Vidro para Linhas Aéreas ou Subestações de Alta Tensão – Ensaio, Métodos de Ensaio; sendo realizado o ensaio de tensão suportável sob chuva à frequência industrial para os isoladores de pino de redes de distribuição de 13,8 e 23,1 kV.

Para os pára-raios, seguindo a mesma premissa, os ensaios realizados devem obedecer aos requisitos contidos na norma ABNT NBR 5287, de título: Pára-raios a Resistor Não Linear a Carboneto de Silício para Sistemas de Potência – Especificação; os pára-raios poliméricos não são objetos específicos deste projeto, portanto não foram ensaiados. Por se tratar do equipamento considerado mais importante para a proteção da rede frente aos surtos, realizou-se uma quantidade maior de ensaios nestes equipamentos. Os ensaios realizados foram:

- Resistência de isolamento, Megger;
- Impulso de corrente e tensão residual;
- Tensão disruptiva a impulso atmosférico de tensão positiva;
- Tensão disruptiva a impulso atmosférico de tensão negativa;
- Tensão disruptiva à frequência industrial;
- Medição de corrente de fuga na tensão entre fase e terra do sistema, e para a tensão nominal do equipamento.

Com estes ensaios foi possível cobrir todos os parâmetros significativos de cada equipamento, principalmente com relação ao problema levantado de surtos atmosféricos, assim conhecendo o real estado de funcionamento de cada um, podendo facilmente expor as suas falhas e o seu mau funcionamento.

VII - CONCLUSÕES

O sistema utilizando os *handheld's* funcionou corretamente, incentivando e facilitando a execução das inspeções de campo e cadastramento. Assim, tanto as equipes de campo, como o pessoal do cadastramento, foram beneficiados pelo seu uso, simplificando e agilizando o processo. Este sistema reduziu, chegando a quase eliminar, a possibilidade de ocorrerem erros de preenchimento e leitura.

Com relação ao projeto como um todo, consegue-se obter uma significativa melhoria da rede, com uma redução no número total de desligamentos. O número não foi levantado até a última atualização deste texto, pois o projeto ainda se encontrava em andamento. Analisando os ensaios em laboratório foi possível comprovar o mau funcionamento dos equipamentos, com desempenho muito inferior ao esperado, tanto para os isoladores como os pára-raios. Principalmente com relação aos pára-raios, onde muitos não funcionaram como esperado, sendo que alguns chegaram a explodir

durante os ensaios de impulso de corrente e outros estavam com sua estrutura interna comprometida por problemas de falha na vedação associados, normalmente, a processos de manufatura. Os índices de reprovação, até o momento, ficaram próximos a 84% para isoladores e 28% para pára-raios.

VIII - AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Martinez por todo o apoio e por me oferecer a oportunidade de estar desenvolvendo este projeto.

IX - REFERÊNCIAS

- [1] Catálogos e sites de fabricantes de handheld's, palm-top's e PDA's;
- [2] Site da ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica;
- [3] Wallace P. de Oliveira e Wellington P. de Oliveira - "Desenvolvendo Aplicações Palm com NS Basic", Editora Ciência Moderna, 2005;
- [4] J. Borges - "Programando para Palm OS com VB e AppForge", Editora Ciência Moderna, 2002;
- [5] L. R. Foster - "Palm OS Programming Bible", Second Edition, Wiley, 2002;
- [6] N. Rhodes e J. McKeehan - "Palm OS Programming: The Developer's Guide", O'Reilly, 2001;
- [7] M. Holmes, P. Burton e R. Knoell - "Programming Visual Basic for the Palm OS", O'Reilly, 2002;
- [8] PalmSource Inc. - "Programming Languages and Tools for Palm", 2002;
- [9] W. P. Alves - "Desenvolvimento de Aplicações de Banco de Dados para Palm OS", Editora Érica, 2003;
- [10] Normas Brasileiras da Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT NBR, 5049 e 5287, 1985;
- [11] J. Mamede Filho - "Manual de Equipamentos Elétricos"; Volume I, 2ª Edição, Livros Técnicos e Científicos Editora, 1994;
- [12] Convênio Eletrobrás/UFMS - "Coordenação de Isolamento"; Curso de Engenharia em Sistemas Elétricos de Potência; Volume 8, 1979.

XI - MARCAS REGISTRADAS

- Palm e Zire são marcas registradas da Palm Inc.
- Microsoft e Microsoft Access são marcas registradas da Microsoft Corporation.
- NS Basic é marca registrada da NS Basic Corporation.
- AppForge e AppForge Crossfire são marcas registradas de AppForge Inc.
- HB++ é marca registrada de Peter Holmes Consulting.

As demais marcas citadas neste pertencem aos seus respectivos proprietários.

BIOGRAFIA



Marco Aurélio Moreira Saran

Nascido em São José do Rio Pardo (SP), no ano de 1980. Estudou em Campinas, tendo recebido o título de Técnico em Eletroeletrônica pelo Colégio Técnico da

Universidade de Campinas, COTUCA UNICAMP. Ingressou na Universidade Federal de Itajubá em 2001, depois de trabalhar por um ano na 3M do Brasil. Realizou estágio na consultoria Consulte Engenharia e no Laboratório de Alta Tensão da Universidade Federal de Itajubá, LAT-UNIFEI.