Sistema para Monitoramento do Estado de Religadores / Seccionalizadores Rurais

A. A. Kopiler, CEPEL C. R. S. H. Lourenço, CEPEL A. O. Lima, CEPEL e I. M. Coutinho, ESCELSA

Proteção

RESUMO

Este artigo apresenta o Sistema para Monitoramento do estado de Religadores/Seccionalizadores Rurais desenvolvido para a área de concessão da ESCELSA.

Este sistema é capaz de informar a uma central (posto de atendimento) a operação dos equipamentos de proteção (religadores/ seccionalizadores), através do monitoramento do estado destes equipamentos. Com isso, reduz-se o tempo de atendimento e, consequentemente, a duração da interrupção de energia melhorando os índices de qualidade de fornecimento (DEC, DIC), trazendo benefícios tanto para a concessionária como para o consumidor.

Este sistema, além de identificar o equipamento acionado, também registra os horários de interrupção, restabelecimento de energia e o tempo médio de atendimento, permitindo a posterior comparação dos índices de qualidade de fornecimento.

Durante o desenvolvimento deste sistema foram analisados a forma de sensoriamento do equipamento, o sistema de comunicação e o sistema de alimentação mais adequados.

Um protótipo foi instalado na cidade de Linhares, localizada ao norte do estado do Espírito Santo.

PALAVRAS-CHAVE

Distribuição, Rural, Religadores, Seccionalizadores e Monitoramento.

I. INTRODUÇÃO

O atendimento a consumidores localizados nas áreas rurais é realizado através de milhares de quilômetros de redes de distribuição. Por se tratar de redes aéreas, as mesmas estão sujeitas a desligamentos ocasionados por descargas atmosféricas, vandalismo, defeitos nos componentes e equipamentos, contato dos condutores com a vegetação, etc. No entanto, a grande maioria dessas faltas corresponde à faltas não permanentes (90% dos casos). Para minimizar este efeito são instalados, de forma coordenada, equipamentos de proteção (religadores e seccionalizadores). Somente quando ocorrer uma falta permanente, o equipamento isolará o trecho defeituoso, abrindo seus contatos, e todos os consumidores localizados à jusante do mesmo ficarão desligados.

Tais equipamentos contribuem para a melhoria da qualidade do fornecimento, ou seja, para a redução dos índices de duração e freqüência das interrupções (DEC, FEC, DIC, FIC e DMIC).

O restabelecimento do fornecimento somente será realizado após o recebimento pela concessionária da reclamação dos consumidores afetados. Nessa ocasião, as equipes de manutenção serão acionadas para localizar, identificar, eliminar o defeito e finalmente, restabelecer o fornecimento.

O desenvolvimento de um sistema que seja capaz de informar a falta a uma central de operação, identificando o equipamento que operou, agilizará o atendimento, com benefícios para os consumidores pela redução da duração da interrupção e do tempo de atendimento. Além disso, este sistema possibilitará uma melhor identificação dos pontos críticos do sistema de distribuição rural.

II. ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

O objetivo do sistema de monitoramento de religadores/seccionalizadores rurais é adquirir o estado em que o equipamento se encontra (aberto ou fechado) e enviar esta informação para uma central, onde possa ser visualizada, armazenada e analisada para que o operador atue quando necessário.

Após a aquisição, a informação é enviada à central através de um protocolo de comunicação e meio de comunicação conveniente (sistema de comunicação).

Está previsto também um sistema de alimentação que permita o funcionamento ininterrupto da unidade terminal remota (UTR) e do sistema de comunicação. Este sistema de alimentação é dimensionado de modo a garantir que a informação chegue à central, mesmo em caso de interrupção de fornecimento de energia.

As principais etapas do desenvolvimento deste sistema foram:

1. Definição da forma de aquisição do estado do equipamento (sensoriamento);
2. Definição do sistema de comunicação, incluindo o meio de comunicação e o protocolo utilizado, em função da localização do ponto monitorado e da central que recebe a informação;
3. Definição do sistema de alimentação dos equipamentos instalados no poste onde se encontra o religador monitorado.

A.A. Kopiler trabalha no Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (e-mail: aak@cepel.br).

C.R.S.H. Lourenço trabalha no Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (e-mail: celia@cepel.br).

A.O. Lima trabalha no Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (e-mail: arlei@cepel.br).

I.M. Coutinho trabalha na Espírito Santo Centrais Elétricas S.A. (e-mail: imc@escelsa.com.br).

A figura 1 apresenta um diagrama em blocos esquematizando algumas etapas do projeto.

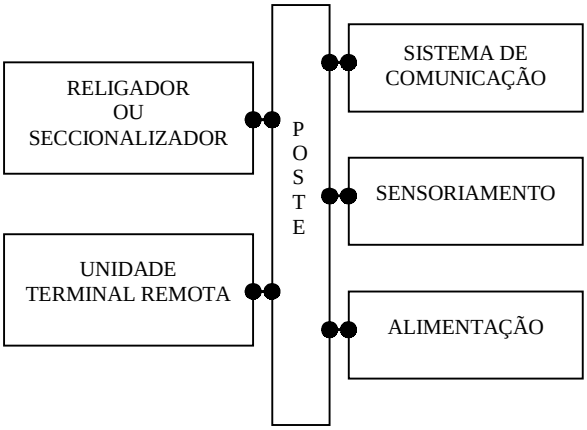

FIGURA 1. Diagrama em blocos - Etapas do projeto.

A. Definição da Forma de Aquisição do Estado do Equipamento

Para adquirir o estado de religadores e seccionalizadores é necessário analisar o equipamento, verificando a forma com que a UTR pode receber sua condição. Alguns equipamentos possuem uma placa de controle eletrônico para ajuste de parâmetros. Esta placa possibilita a aquisição de um sinal elétrico que pode ser utilizado na interpretação do seu estado. Outros possuem apenas componentes mecânicos (alavanca, bandeirola) cuja posição informa o estado aberto ou fechado do equipamento. Em função disso, muitas vezes é necessário fazer um condicionamento do sinal ou desenvolver uma forma de sensoriamento para aquisição do dado pela UTR.

O religador a ser monitorado, neste protótipo, é do tipo KFE, fabricado pela Cooper Power Systems. Este, além de possuir um controle hidráulico, tem parte de seus ajustes realizados por um painel de controle.

Após uma análise mecânica deste religador, optou-se por desenvolver o sensoriamento de sua bandeirola de indicação de closed, uma vez que, por ser mais geral, esta solução pode ser utilizada em outros religadores e seccionalizadores em uso na ESCELSA.

Foi instalado um sensor de fim de curso na tampa frontal que abriga os dispositivos de comando e controle do religador. O sensor possui um contato elétrico que se fecha ou abre, comandado pela movimentação da bandeirola, associada à alavanca manual. Este contato é ligado através de um par de fios a uma entrada digital da UTR, permitindo a aquisição do sinal desejado.

Na figura 2 é apresentada uma fotografia mostrando o posicionamento do sensor de fim de curso no religador KFE.

FIGURA 2. Sensor de fim de curso e seu posicionamento na bandeiro-la closed do religador KFE.

B. Definição do Sistema de Comunicação

O sistema de comunicação desempenha um papel vital na funcionalidade, segurança e confiabilidade do sistema de monitoramento do estado de religadores /seccionalizadores rurais. Portanto, alguns aspectos foram considerados na escolha do mesmo:

- Confiabilidade - Um sistema de comunicação para sistemas de distribuição fica em constante exposição às condições adversas do tempo, como chuva, poluição, vento forte, insolação, etc.. Ele também ficará exposto a interferências eletromagnéticas (EMI), que podem afetar seriamente a confiabilidade da transmissão de dados. A EMI pode ocorrer na forma de rádio freqüências, descargas ou de campos associados à freqüência de 60Hz (freqüência de operação normal do sistema de distribuição).
- Custo e Desempenho - Uma vez que o custo do sistema de comunicação é significativo, a seleção da melhor combinação da relação custo/desempenho pode representar uma economia substancial para a concessionária. Tanto os custos de instalação quanto os de manutenção devem ser avaliados.
- Capacidade de Transmissão - Um sistema de comunicação deve ser projetado de forma a atender o tráfego de informações atual e permitir possíveis expansões.
- Capacidade de Funcionar em Condições de Emergência - Alguns tipos de Sistemas de comunicação, que utilizam linhas de distribuição como meio de transmissão, dependem das condições da rede elétrica. No caso de ocorrer uma falta em que haja interrupção física das linhas, a comunicação também será interrompida.
- Facilidade de Operação e Manutenção - Um sistema de comunicação para rede de distribuição é uma complexa combinação de transmissores, receptores e link de dados. O sistema deve ser projetado para que sua operação e manutenção sejam o mais simples possível. Além disso, as concessionárias de energia deverão treinar suas

equipes de manutenção, que não estejam familiarizadas com equipamentos de comunicação, para esta nova qualificação, adquirindo também ferramentas específicas necessárias.

- Localização Geográfica - Como os equipamentos a serem monitorados estão localizados no meio rural, devem ser levadas em consideração as distâncias até a central e a topologia do terreno. Grandes distâncias, vegetação e morros podem dificultar a comunicação sendo necessária a análise de cada caso para determinação do sistema de comunicação mais adequado.

Como o ponto a ser monitorado e a central de operação ficam localizados em Linhares, região norte do estado do Espírito Santo, considerando os outros fatores citados e após a análise de diversos meios de comunicação e protocolos aplicáveis, o CEPEL e a ESCELSA optaram pela comunicação via rádio e pelo protocolo de comunicação MODBUS.

C. Definição do Tipo de Alimentação para o Sistema

Sistemas para monitoramento de equipamentos de proteção necessitam estar sempre energizados mesmo na ocorrência de uma falta permanente na rede de distribuição elétrica. Desta forma, o sistema continuará adquirindo e enviando informações sobre o estado do equipamento monitorado.

Entre as alternativas analisadas, optou-se pelo sistema de alimentação fotovoltaico. Este tipo de alimentação não depende do sistema elétrico monitorado, resultando em uma fonte de alimentação imune a interferências eletromagnéticas e capaz de manter o funcionamento do sistema mesmo em caso de falta de energia elétrica.

O fato do religador e do seccionalizador operarem na tensão de 13,8 kV também influenciou nesta escolha, pois a alternativa de derivação para alimentação de um transformador necessitaria de modificações estruturais no poste do religador, o que não é necessário para a instalação do sistema de alimentação fotovoltaico.

III. CONFECÇÃO DO PROTÓTIPO

Os equipamentos que compõem o protótipo foram ins-talados em Linhares, em dois locais: no poste do religador KFE 3605 e no Posto de Atendimento Norte (central de controle PA Norte).

No PA Norte, os equipamentos foram distribuídos pela sala de controle, sala de comunicação e torre de comunicação.

A. Especificação e Projeto

Conforme apresentado na seção anterior, após as análises necessárias e consulta ao cliente, foram feitas as seguintes definições para o projeto:

- Forma de sensibilização para aquisição do estado do equipamento: sensor de fim de curso ligado à entrada digital de uma remota.
- Meio de comunicação para o sistema de comunicação mais adequado para o ponto escolhido para instalação do protótipo: rádio.
- Protocolo de comunicação para o sistema de comunicação: MODBUS ou IEC-60870-5-101.
- Tipo de alimentação para o sistema a ser instalado no poste: sistema fotovoltaico com baterias.

O protótipo é constituído pelos seguintes equipamentos:

- Unidade Terminal Remota de poste:
- Remota GP-3011 de fabricação da BCM Engenharia, que possui 3 entradas digitais e protocolo de comunicações MODBUS-RTU.
- Sistema de Alimentação:
- Painéis Solares, Fabricante: SIEMENS.
- Controlador de Carga Solar, Fabricante: STECA-SOLARIX.
- Conversor CC/CC (12V/24V), Fabricante: Mean Well.
- Baterias Seladas 12V/40Ah, Fabricante: Unipower.
- Sistema de Comunicação:
- Rádio-Modem JSLM, fabricante: Dataradio.
- Antena Yagi Y42011, Fabricante: TSM.
- Cabo coaxial para ligação da antena ao rádio.
- Sala de Comunicação:
- Fibra Ótica entre a sala de comunicação e a sala de controle.
- Interface para fibra ótica: Conversor BCM 517 (fibra ótica - RS232).
- Sistema de Comunicação:
- Rádio-Modem JSLM (406Mhz/ 430Mhz - 1200bps), Fabricante: Dataradio.
- Conversor 48Vcc/12Vcc.
- Torre de comunicação:
- Antena Yagi Y42011, Fabricante: TSM.
- Sala de Controle:
- IHM BCM GP-3011 de fabricação da BCM Engenharia com display de duas linhas e vinte colunas e teclado com vinte teclas; possui 2 canais seriais de comunicação, sendo um canal RS232 e um canal RS485 e um módulo com saída analógica.
- Conversor BCM 515 (RS485/RS232).
- Microcomputador.
- Impressora paralela.
- Interface para fibra ótica: Conversor BCM 517 (fibra ótica - RS232).

A figura 3 apresenta um diagrama esquemático do protótipo do sistema de monitoramento.

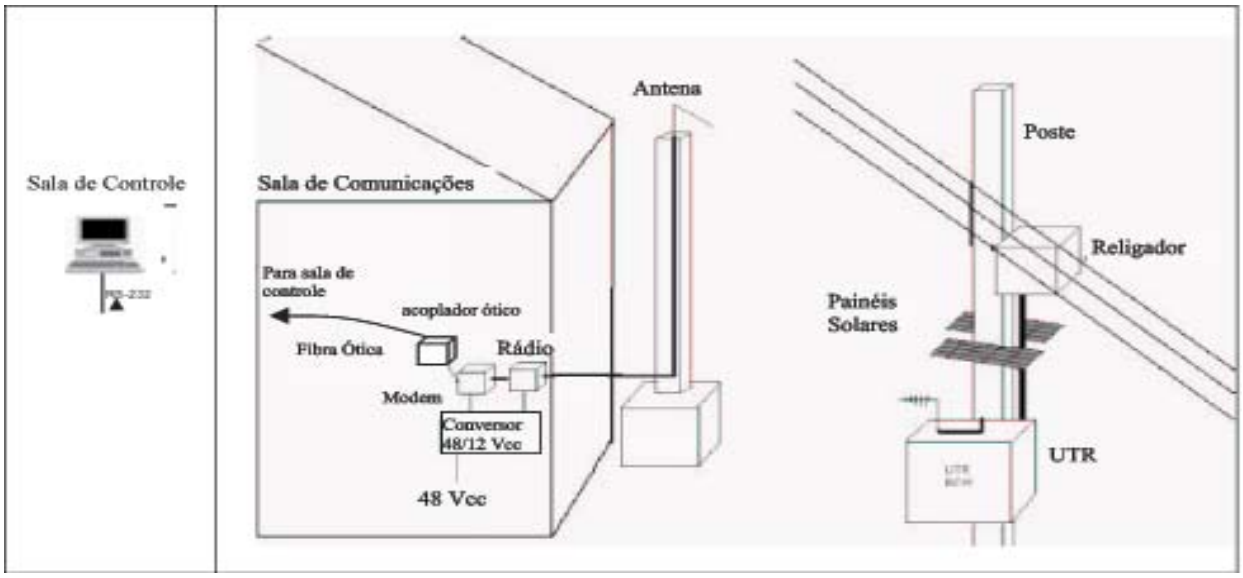

FIGURA 3. Diagrama esquemático do protótipo do sistema de monitoramento.

B. Programas Aplicativos

Os programas aplicativos da UTR e da central (IHM) foram desenvolvidos numa linguagem de programação denominada PROCP, cuja característica básica é o tratamento das informações através de máquinas de estado.

O protocolo de comunicações MODBUS e o software básico do CLP foram desenvolvidos na linguagem de programação C.

O software aplicativo da UTR lê uma entrada digital correspondente ao estado do religador fechado/aberto e calcula o tempo de atendimento em caso de abertura da chave. Quando a chave abre, é acionado um contador de tempo até que a chave seja fechada, e este tempo é armazenado numa lista seqüencial, enviada posteriormente para a IHM. Assim, uma falha de comunicação ou o tempo de polling, não afetam a contagem do tempo de atendimento, já que este dado é armazenado na UTR.

A lista de eventos é cíclica e pode conter até os 30 últimos eventos. O programa calcula também o número de aberturas do religador no dia, no mês e no ano e armazena a data, hora e o estado da entrada digital correspondentes ao estado do religador.

O software aplicativo da IHM se comunica periodicamente com a UTR (polling), lendo o estado do religador (aberto ou fechado) e os tempos de atendimento. Ele também atualiza o relógio-calendário da UTR que mantém o sincronismo do sistema automaticamente e armazena temporariamente toda a lista seqüencial de eventos enviada pela UTR, como a data, a hora e o estado da entrada digital correspondentes ao religador fechado ou aberto.

No caso de falha na comunicação a IHM incrementa um contador de erros de comunicação. Assim é possível verificar a qualidade do link de rádio.

As telas e subtelas deste programa apresentam as seguintes informações:

- Nome da empresa;
- Identificação do religador;
- Nome da subestação;
- Nome do alimentador;
- Estado do religador: A (aberto), F (fechado);
- Data e hora atuais;
- Tempo de varredura (polling);
- Tempo de histórico;
- Contador de erros de comunicação;
- Número de aberturas do religador no dia;
- Número de aberturas do religador no mês;
- Número de aberturas do religador no ano;
- Horário de atualização do histórico;
- Tempo de atendimento acumulado no mês atual;
- Tempo médio de atendimento mensal no mês atual;
- Menu para configuração e histórico.

É possível configurar na IHM: o tempo de varredura (polling) e o acerto do relógio da UTR pelo relógio da IHM. É possível também, visualizar o histórico da entrada digital da UTR e do tempo de atendimento.

A figura 4 apresenta um detalhamento dos componentes do sistema.

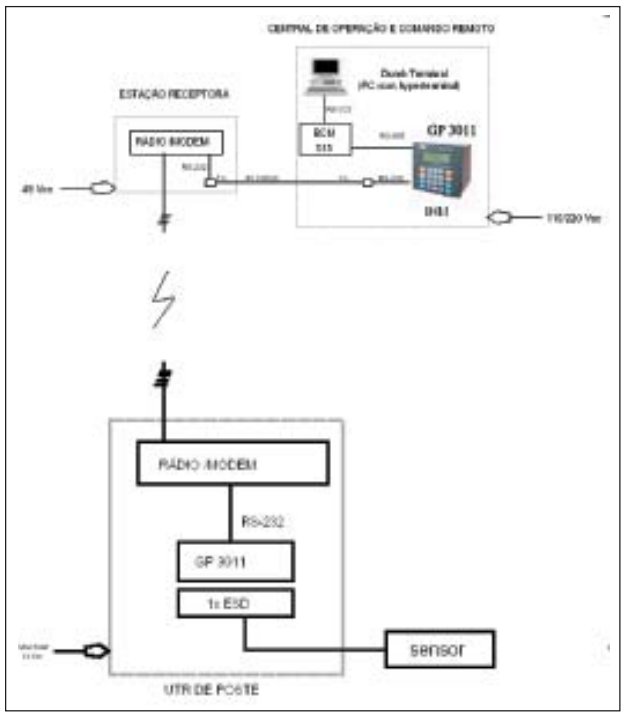

FIGURA 4. Detalhamento dos componentes do sistema.

A figura 5 apresenta uma listagem do relatório emitido pelo sistema.

Nome da empresa:ESCELSA
Ident. do religador:3605-KFE Cooper
Nome da S.E:SE-L1
Nome do Alimentador:LN-03
Estado atual do religador:ABERTO
Data atual:10/10/02
Hora atual:21:57:09
Tempo de varredura (s):2
Tempo de historico (s):20
Erros de comunicacao:0
Aberturas do religador no dia:5
Aberturas do religador no mes:5
Aberturas do religador no ano:5
Historico atualizado em:10/10/02 as 21:56:54
Tempo de atendimento acumulado no mes atual (h):1
Tempo medio de atendimento mensal no mes atual (h):0,2

Registro	Evento	Data	Hora	Tempo de Atendimento
0	Abriu	10/10/02	18:03:27	0:00:00
1	Fechou	10/10/02	18:35:09	0:16:58
2	Abriu	10/10/02	18:35:40	0:00:00
3	Fechou	10/10/02	19:43:06	1:07:26
4	Abriu	10/10/02	20:22:46	0:00:00
5	Fechou	10/10/02	20:29:19	0:06:33
6	Abriu	10/10/02	20:29:33	0:00:00
7	Fechou	10/10/02	20:37:25	0:07:52
8	Abriu	10/10/02	21:14:00	0:00:00
9	Fechou	10/10/02	21:25:06	0:11:06

FIGURA 5. Relatório Emitido pelo Protótipo.

C. Instalação e Testes

A instalação do protótipo foi iniciada no dia 16 e finalizada no dia 25 de outubro de 2002. Todos os testes sugeridos foram realizados com êxito nos dias 24 e 25 de outubro de 2002.

O religador KFE 3605 foi colocado em bypass para a realização de testes e ensaios de abertura e fechamento, como mostrado na figura 6. Para isso, foi utilizada uma vara de manobra para acionar sua alavanca de operação manual.

FIGURA 6. Manobra para bypass do religador.

Foram realizados os seguintes testes em campo:

- Verificar a alimentação dos equipamentos;
- Medir a alimentação de cada equipamento;
- Verificar a instalação do sensor no religador;
- Realizar teste manual com vara de manobra e conferir sinalização na UTR;
- Teste com o religador em bypass;
- Testar link de comunicação IHM-UTR;
- Contar o número de erros em 15 minutos com sinal padrão;
- Medir o nível de sinal com software do fabricante do rádio;
- Testar interfaces com fibra ótica;
- Contar o número de erros em 15 minutos com sinal padrão;
- Testar a sinalização do sensor na IHM operando o sensor manualmente;
- Verificar o funcionamento do software aplicativo da IHM;
- Verificar a visualização dos dados adquiridos pela remota e calculados pelo software da IHM (abertura e fechamento do religador, tempo de atendimento, etc.).

Não foi possível ensaiar um evento com o religador em funcionamento, pois isso acarretaria no desligamento de uma parte da rede elétrica. Somente com a ocorrência de eventos reais de bloqueio do religador foi possível avaliar o funcionamento efetivo do protótipo.

Os operadores do PA NORTE foram instruídos para entrar em contato com o órgão da ESCELSA responsável pelo acompanhamento do desempenho do protótipo cada vez que ocorresse um novo bloqueio do religador, informando o desempenho do protótipo.

Os eventos ocorridos desde então foram identificados corretamente. A ESCELSA reportou que sua equipe de manutenção foi acionada para saná-los imediatamente após a sua detecção pelo sistema. Portanto, não foi necessário aguardar a reclamação de seus clientes, reduzindo consequentemente o tempo de atendimento e o DEC.

Na figura 7 é mostrada a parte do sistema instalada no poste junto ao religador monitorado.

FIGURA 7 - Vista geral do sistema instalado no poste.

Na figura 8 é mostrada a IHM instalada na central de operação.

FIGURA 8 - IHM na sala de controle do PA Norte.

D. Conclusão

Conforme planejado, foi desenvolvido e instalado um protótipo capaz de monitorar o estado do religador na rede de distribuição rural.

Para realizar uma análise de seu desempenho é necessário que uma quantidade significativa de eventos reais ocorram, o que demanda um certo período de tempo. Como esta instalação se deu recentemente, poucos eventos ocorreram com o religador que está sendo monitorado. Embora estes eventos tenham sido corretamente sinalizados não será possível, por enquanto, estabelecer comparações que possibilitem concluir sobre a melhoria dos índices de continuidade do fornecimento de energia e redução das despesas de operação e manutenção dos sistemas de distribuição rural. Da mesma forma, ainda não será possível concluir sobre a melhoria do nível de satisfação dos consumidores atendidos pelas redes rurais, na área de atuação do religador monitorado. Portanto, é importante o acompanhamento destes índices pela Concessionária, de forma a fornecer subsídios para comparação dos índices anteriores e posteriores à instalação do protótipo.

Embora o projeto inicialmente tenha sido proposto para monitoramento de todos os tipos de religadores e seccionalizadores instalados na rede de distribuição rural da área de concessão da ESCELSA, o protótipo instalado foi desenvolvido para um tipo específico de religador, o modelo KFE, fabricado pela Cooper Power Systems. Em função da forma genérica como foi concebida esta solução pode ser estendida para os outros tipos de religadores e seccionalizadores, desde que técnica e economicamente viável.

IV. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RELATÓRIOS TÉCNICOS:

[1] Relatório Técnico CEPEL 359-02 - "Sistema para Monitoramen-to do Estado de Religadores/Seccionalizadores Rurais - Levanta-mento da Situação Atual", março, 2002.

[2] Relatório Técnico CEPEL 623-02. - "Sistema para Monitoramen-to do Estado de Religadores/Seccionalizadores Rurais - Elaboração de Pesquisas", maio, 2002.

[3] Relatório Técnico CEPEL 667-02 - "Sistema para Monitoramen-to do Estado de Religadores/Seccionalizadores Rurais - Análise dos Sistemas de Comunicação", agosto, 2002.

[4] Relatório Técnico CEPEL 887-02 - "Sistema para Monitoramen-to do Estado de Religadores/Seccionalizadores Rurais - Análise de Sistemas de Alimentação", setembro, 2002.

[5] Relatório Técnico CEPEL 929-02 - "Sistema para Monitoramen-to do Estado de Religadores/Seccionalizadores Rurais - Especifi-cação das Condições para Sensibilização, Identificação e Análise de Viabilidade Econômica", setembro, 2002.

[6] Relatório Técnico CEPEL 999-02 - "Sistema para Monitoramen-to do Estado de Religadores/Seccionalizadores Rurais - Especifi-cação e Projeto do Equipamento, Confecção do Protótipo, Desenvolvimento do Software de Registro, Ensaios e Testes", outubro de 2002.