



XIX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2010 – 22 a 26 de novembro

São Paulo - SP – Brasil

Telecontrole de Religadores – *Case* Celesc

Rafael Eichelberger	Eduardo Polvani Campaner	Rodrigo Chumbinho
Celesc Distribuição S.A.	Celesc Distribuição S.A.	Celesc Distribuição S.A.
rafaele@celesc.com.br	eduardopc@celesc.com.br	rcandrade@celesc.com.br

Palavras-chave: Automação, Religador, Telecontrole

Resumo

O presente trabalho consiste em demonstrar a experiência da Celesc no projeto de telecontrole de religadores na rede distribuição. Mediante à constante pressão regulatória para melhoria do fornecimento de energia elétrica, necessidade de efficientização dos processos de operação e implantação de novas tecnologias, surgiu na Celesc a idéia do início da implantação do *smart grid*. Ainda bem distante disso, optou-se por iniciar com o telecontrole dos religadores microprocessados do sistema de distribuição. Uma metodologia para custo-benefício foi discutida e estudada, onde são levados em consideração benefícios decorrentes da redução de mão-de-obra para operação/ajustes e energia não distribuída. Neste primeiro momento foi aplicado o meio de telecomunicação pela rede celular devido a facilidade de implantação e custos reduzidos quando comparados a outros sistemas. Para monitoramento e telecomando, utilizou-se um sistema supervisório, voltado à sistemas de distribuição, possibilitando integrar distintos modelos de equipamentos, facilitando a operação dos mesmos.

1. INTRODUÇÃO

Foi criado o Grupo de Desenvolvimento da Distribuição Inteligente (GDDI) pela Diretoria Técnica da Celesc, no sentido de envolver profissionais de diversas áreas com um propósito específico que é a eficiência operacional da rede. Este grupo é composto, em sua maioria, por profissionais novos orientados por engenheiros com maior tempo de casa.

A situação atual da empresa exigia uma ação de curto prazo e de rápida implantação, o que culminou no início do projeto de telecontrole dos religadores microprocessados da rede de distribuição, cujos benefícios iniciais vistos foram:

- Redução do deslocamento da equipe técnica até o equipamento para diagnóstico de problemas e restabelecimento do fornecimento de energia;
- Segurança do pessoal no sistema elétrico de potência;
- Evitar erros de configuração e ajustes nos equipamentos que causam interrupções desnecessárias;
- Monitoramento da carga em diferentes trechos do alimentador;
- Aviso imediato de que o fornecimento foi interrompido e que a causa foi a abertura do religador.

O objetivo do telecontrole de religadores baseou-se em discussões dentro do GDDI e apresentações de projetos já propostos na Celesc e outras empresas, além de vários P&Ds desenvolvidos demonstrando a viabilidade econômico-financeira deste.

A seguir será apresentado o meio de comunicação usado, descrevendo vantagens e desvantagens. O sistema de aquisição e controle, que ainda possui diversas aplicações em desenvolvimento pela empresa proponente e a metodologia de cálculo de custos operacionais, energia não distribuída e deslocamentos regulares ao equipamento, os benefícios econômicos-financeiros e, por fim, as conclusões encontradas durante a implantação desta solução.

2. DESENVOLVIMENTO

A seguir foram desenvolvidos os principais tópicos relevantes na implementação desta solução na Celesc.

2.1. Meio de Comunicação

O meio de comunicação adotado foi o GPRS, que é um serviço de valor agregado não baseado em voz que permite o envio e recepção de informações através de uma rede telefônica móvel.

O GPRS tem várias características específicas que podem ser resumidas em: velocidade de até 64 kbps, facilidade de uso, capilaridade, mobilidade e sem interferências.

As vantagens de se usar a rede de telefonia celular através de GPRS são:

- Baixo investimento inicial, haja vista o custo de um modem GPRS com uma franquia celular ser bem inferior ao custo de um rádio de comunicação com sua licença anual;
- Rápida instalação, tendo em vista não ser necessário fazer o alinhamento de antenas;
- Alta capilaridade disponível quando comparada a qualquer outro sistema de rádio-comunicação em Santa Catarina;

- Baixo custo de manutenção por ter toda a parte de disponibilização de sinal sob responsabilidade da operadora;

As desvantagens do uso da rede de telefonia celular através de GPRS são:

- A comunicação de dados fica sob a responsabilidade das operadoras;
- Não existe qualquer prioridade ou reserva de recursos para a transmissão de dados críticos;
- A potência do sinal varia no tempo causando pequenos intervalos de indisponibilidade;
- O IP é dinâmico complicando a monitoração das unidades remotas no sentido servidor – remota;
- Não disponibiliza padrões de velocidade garantida, *delay*, *jitter*, perda de pacotes e taxa de erros adequados para uma automação completa do sistema;
- O custo da transmissão é cobrado por dados transmitidos e não pela largura de banda oferecida;

Alguns destes problemas já foram solucionados por fabricantes de modems GPRS, como:

- Modems com capacidade de 02 (dois) *Sim Cards*: um principal e outro *backup* para manter a disponibilidade caso o sinal de operadora venha a falhar em determinado momento;
- Uso de um servidor de comunicação para atualizar constantemente o endereço IP dos modems a fim de evitar queda de comunicação pelo dinamismo dos endereços;
- A baixa velocidade do canal de transmissão ainda não é empecilho, haja vista a interface serial dos equipamentos ter uma velocidade máxima de 38.400bps e mesmo assim todas as operações podem ser executadas perfeitamente a uma velocidade de 9.600bps;
- Para manter baixo o custo da franquia de dados do canal, usa-se a “banda morta” nos equipamentos e no sistema de supervisão e controle, diminuindo o tráfego de dados.

Entende-se por “banda morta” uma variação acima de certo limite de tolerância onde então a atualização é feita imediatamente.

Algumas práticas devem ser observadas durante a especificação de um sistema de comunicação por rede celular como:

- Os modems devem possuir bateria interna no caso de falta de energia;
- Modem com 02 *Sim Cards* como já dito;

- O servidor de comunicação entre o sistema supervisório e os modems deve possuir chave de criptografia e estar protegido por *firewall*;
- Em casos com baixa potência de sinal usam-se antenas com ganho de 7dbi e 17dBi.
- Alguns modelos de religadores utilizam duas portas seriais: uma para comunicação e outra para parametrização, portanto é importante que os modems possuam duas interfaces seriais.
- Se possível, deve-se alimentar o modem através da própria bateria que alimenta o religador a fim de evitar surtos de tensão oriundos da rede de distribuição de energia elétrica.

No projeto em questão adotou-se um tráfego de dados de 40MB por religador, sendo o custo desta franquia individual de R\$ 19,90 (R\$ 0,50/MB). Porém para um número elevado de equipamentos adota-se o uso da franquia de dados compartilhadas onde no caso de 2GB o valor é de R\$ 800,00(R\$ 0,40/MB). Neste caso tem-se a compensação entre os equipamentos que transmitem mais dados e os que transmitem menos.

Para fins de custo vamos adotar o custo mensal de R\$ 19,90 por religador.

O custo de um modem é de aproximadamente 850 reais e o custo da comunicação no período de 1 ano é de $19,90 * 12 = R\$ 238,80$ por Religador.

Custo inicial da comunicação= $238,80+850,00=1.088,80$

Já no segundo ano este custo seria de R\$ 238,80 por religador.

Através das coordenadas geográficas dos religadores, as operadoras conseguem prever a intensidade do nível de sinal nas classes ruim, médio e bom.

A comunicação entre o sistema supervisório e o servidor de comunicação é através de um *socket* (endereço IP e porta de comunicação) mapeado para cada modem. Portanto no sistema supervisório deverá ser feita a associação de IP e Porta para cada religador telecontrolado.

Outros meios de comunicação ainda serão estudados por este grupo de trabalho como por exemplo o ZigBee, segundo o IEEE 802.15.4, e o Power Line Communications (PLC), integrados com um *backbone* óptico com tecnologia de transporte *metroethernet*,

2.2. Supervisão dos Religadores

Um software para gerenciar todos religadores em um ambiente único e integrado é de grande importância, pois sem o mesmo seria necessário utilizar os programas proprietários dos diversos fabricantes. Utilizando esses aplicativos alguns problemas são encontrados, como supervisão,

administração e aquisição de dados integrados. Dessa forma perde-se a funcionalidade de monitoramento 24 horas com o equipamento de campo.

Como a Celesc já possuía algumas licenças de um software SCADA ainda não utilizadas, optou-se por estas para monitorar e telecomandar todos os religadores em uma única plataforma.

O próprio fabricante, inicialmente, implementou a integração dos dois religadores, telecontrolados por GPRS, ao seu supervisor, conforme pedido do GDDI, afim de demonstrar aos mais céticos a funcionalidade do sistema e sua real capacidade de atender a demanda reprimida por tecnologia que enfrenta a Celesc Distribuição.

O protocolo de automação usado foi o DNP 3.0, porém alguns religadores mais antigos utilizam apenas o protocolo ModBus. A integração dos religadores via DNP 3.0 exige o prévio conhecimento do mapeamento das variáveis medidas e informadas pelo equipamento dentro do *payload* do protocolo. Essa informação foi conseguida junto aos fabricantes. Ainda assim alguns ajustes e parametrizações foram feitos no religador para apresentar corretamente os dados ao SCADA.

O sistema SCADA em teste na Celesc é um sistema brasileiro, em desenvolvimento para atender as finalidades do conceito de *Smart Grid* juntamente com outra empresa que já desenvolveu diversos trabalhos de P&D dentro da Celesc.

Após a integração verificou-se os seguintes benefícios adicionais:

- Monitoração da corrente de neutro para balanço de carga na três fases;
- Permite o monitoramento do número de religamentos, alertando as equipes de campo a tomarem providências se os ciclos forem constantes;
- Possibilidade de parametrização remota do religador via GPRS, adequando o equipamento às novas condições de carga impostas pela carga;
- Através da corrente de curto-circuito é possível estimar o local provável onde ocorreu a falta de energia;
- O sistema permite o disparo de alarmes sonoros informando a abertura de um religador, para que a equipe de campo tome providências antes de receber o chamado registrado pelos clientes via 0800, reduzindo o tempo de atendimento;
- Visualização dos alarmes gerados pelo equipamento de falha de comunicação, ultrapassagem de valores pré-definidos de corrente e tensão, defasagem angular entre tensão e corrente;
- Visualização em forma gráfica da evolução das variáveis medidas como corrente, tensão, potência ativa e reativa.

Na figura abaixo pode ser visualizada uma imagem da tela do sistema supervisorio da distribuição em funcionamento na Celesc.

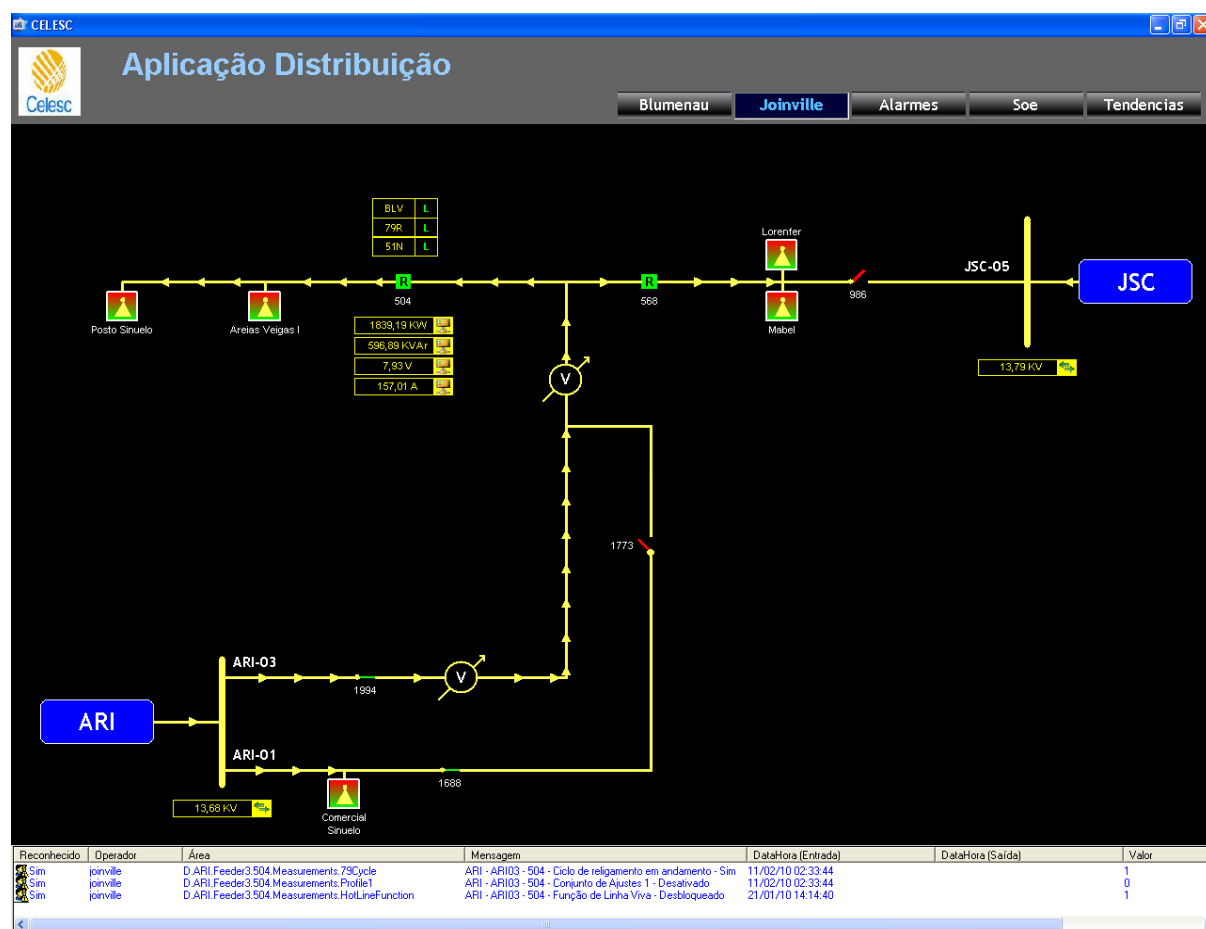


Figura 1 - Imagem da Tela do SCADA.

2.3. Metodologias para Cálculo do Benefício Financeiro

Inicialmente, os ganhos em DEC, FEC, DIC, FIC, DMIC, TMA, CALLCENTER, imagem da empresa e outros ganhos indiretos da empresa não foram considerados, pois são incrementos que devem ser percebidos como ganhos adicionais e calculados separadamente através de metodologia específica.

Serão considerados basicamente três benefícios com a implementação do telecontrole dos religadores: operação telecontrolada comparada com operação local, energia não distribuída (END) e deslocamentos para realização de leituras/parametrização.

2.3.1. Operação Telecontrolada de Religadores vs Operação Local

A abordagem limita-se analisar o ganho financeiro na comparação entre a operação manual e a operação remota (telecontrolada) dos religadores instalados no sistema de distribuição de energia elétrica, com base no histórico dos últimos P anos.

$$C_{Op.Manual} = \left[\frac{(T_{MD.} + T_{OR.}) * M_{IR.}}{60} \right] * C_{EH}$$

Onde:

$C_{Op.Manual}$ Custo médio estimado para a operação manual de religadores, expresso em unidade monetária.

T_{MD} Tempo médio, considerado, de deslocamento do conjunto sob análise, para chegar até a chave tele controlável, expresso em minutos.

T_{OR} Tempo médio, considerado, para operação manual do religador em minutos. Engloba as ações: estacionar a viatura ao lado do poste onde situa-se o religador, efetuar a adequada sinalização, posicionar a escada/manobrar o cesto aéreo, e executar o comando desejado, recolher a escada/manobrar o cesto aéreo e recolher a sinalização, expresso em minutos.

M_{IR} Média de intervenções locais em religadores passíveis de serem tele controlados (média do nº de intervenções/P).

C_{EH} Custo médio da viatura equipada e tripulada em Unidade Monetária/hora.

Case Celesc:

Para o cálculo da MIR foram considerados 126 religadores. O número de intervenções realizadas nos religadores foi obtido dos registros no banco de dados do sistema de operação referente ao período de Agosto de 2008 à Agosto de 2009, totalizando 17,73 intervenções/ano.

O custo médio de uma viatura de emergência equipada e tripulada com dois eletricitas foi calculada com base na empresa referência da ANEEL.

$$C_{EH} = (C_{eq.ANEEL} + C_{v.ANEEL}) \times \frac{\text{Custo_CELESC/Consumidor}}{\text{Custo_Empresa_Referência_Aneel/Consumidor}}$$

$$C_{EH} = (R\$66,96 + R\$18,60) \times 1,509 = \mathbf{R\$ 129,11 \text{ por hora}}$$

Onde:

$C_{eq,ANEEL}$ Valor do custo da equipe definido na Empresa de Referência da ANEEL.

$C_{v,ANEEL}$ Valor do custo do veículo definido na Empresa de Referência ANEEL.

Segue abaixo o custo médio para a operação manual de 1 religador por ano.

$T_{MD} = 30\text{min}$ | $T_{OR} = 15\text{min}$ | $M_{IR} = 17,73$ | $C_{EH} = 129,11$ | Unidade monetária = R\$ | $P = 1$ ano

$C_{Op.Manual} = R\$ 1716,86$

2.3.2. Cálculo da END

Para o cálculo da Energia Não Distribuída (kWh/ano) foi utilizada a seguinte fórmula:

$$END = DEK * kW_{\text{médio}}$$

Onde:

$kW_{\text{médio}}$ É a demanda média do AL, em kW

DEK, em horas, é dado pela seguinte fórmula:

$$DEK = \sum_{i=1}^n \frac{kVA_{\text{interrompido}} * t}{kVA_{\text{total}}}$$

i Índice de eventos ocorridos no sistema que provocam interrupções em unidades consumidoras;

n é o número de eventos no período considerado;

$kVA_{\text{interrompido}}$ É o total de potência, em kVA, interrompido em um evento (i) no período de apuração;

t = é a duração de cada evento, em horas, no período considerado;

kVA_{total} = é o total da potência de transformação, em kVA, instalado no AL.

Os dados de DEK foram obtidos do banco de dados do sistema de operação. O valor do $kW_{\text{médio}}$ foi obtido do histórico das medições, onde foi calculada, por alimentador, a média de kW para o período de janeiro à setembro de 2009. A END foi calculada considerando que com o telecontrole dos religadores é possível reduzir em até 15% o tempo de restabelecimento. Seu valor médio por religador foi de:

END = 1,74 MWh

O valor de 1 MWh, para a Celesc, excluindo os custos de geração, transmissão, encargos e tributos é de R\$ 107,00 por MWh.

O benefício médio anual da END, em R\$, por religador, que o telecontrole possibilita é de:

$$\text{END} = 1,74 * 107$$

$$\underline{\underline{\text{END} = \text{R\$ 186,18}}}$$

2.3.2. Deslocamento Anual

Para os religadores de SEs de Distribuição faz-se necessário uma leitura mensal das grandezas elétricas, tais como Tensão, Corrente, Potência Ativa e Reativa. Nos religadores instalados na rede de distribuição dos alimentadores, essa leitura é realizada com uma frequência menor.

Também são necessários deslocamentos até os equipamentos para parametrização dos ajustes de proteção e leitura de dados de curto-circuito.

Com o telecontrole não será mais necessário esse deslocamento, pois os dados de medição e de curto-circuito ficarão armazenados em banco de dados e a parametrização dos ajustes de proteção poderá ser realizada a distância.

Para a contabilização desse benefício, será considerado 1 deslocamento anual de 4 horas para cada religador. O custo da mão-de-obra será de R\$129,11 por hora

$$\text{Desl.Anual} = 4 * 129,11$$

$$\underline{\underline{\text{Desl.Anual} = \text{R\$ 516,44}}}$$

2.4. Custos do Projeto

Os custos do projeto são diretamente proporcionais ao número de equipamentos que se deseja telecontrolar e o tempo de retorno sobre este investimento decai a medida que o número de religadores telecontrolados aumenta conforme o gráfico abaixo:

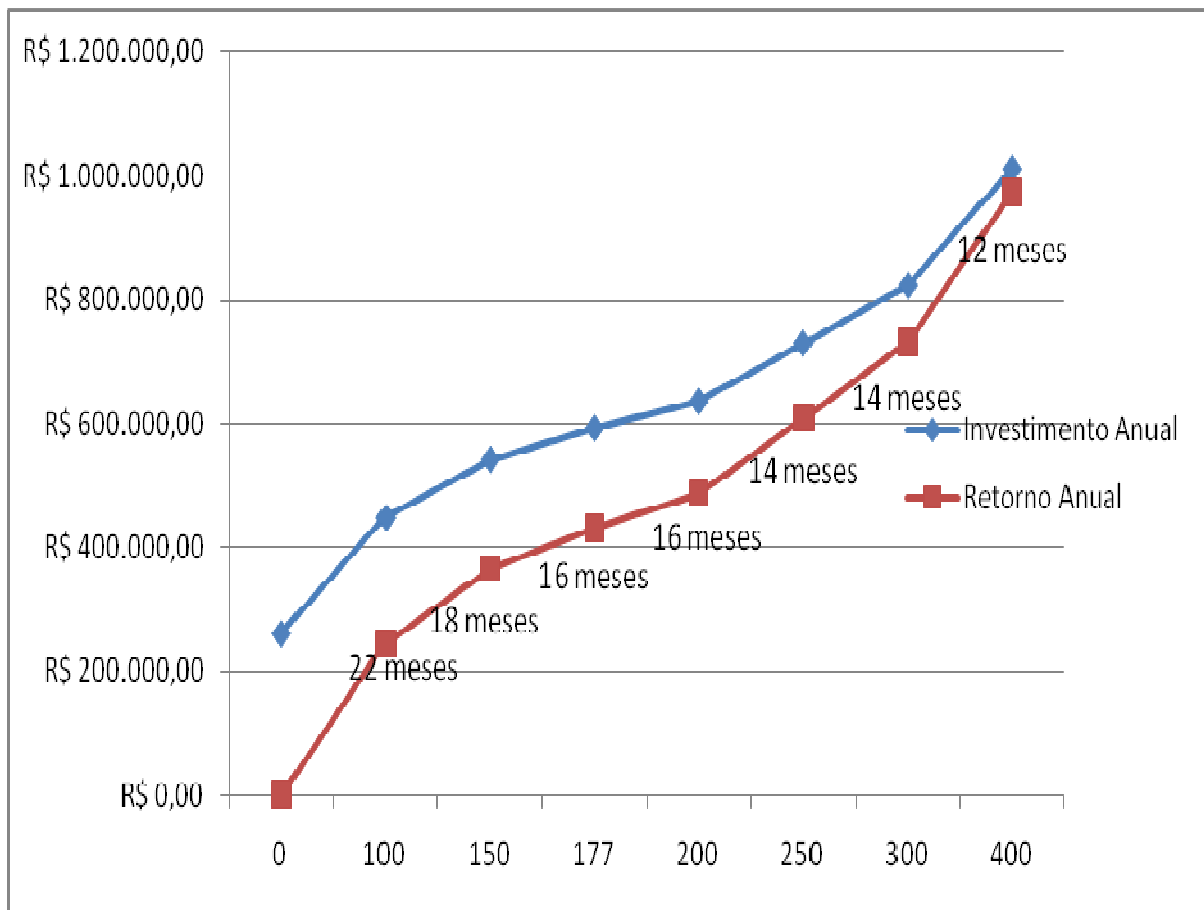


Figura 2 - Gráfico do Custo do Projeto x Número de Religadores

3. CONCLUSÕES

O desenvolvimento de projetos de pequeno porte permite à empresa a criação de uma equipe integrada entre as diversas áreas gerando troca de experiência e troca de conhecimentos, além de aprendizado e *know-how* de técnicas, métodos, sistemas e protocolos que são apenas adquiridos na prática.

Pretende-se, em breve, realizar a integração do sistema supervisorio com o sistema de telemedição de consumidores do Grupo A, que também vem sendo realizado na empresa. Funcionalidades para auxílio à localização de faltas, algoritmos para coordenação de tensão atuando no TAP dos transformadores de Subestações, reguladores de tensão e banco de capacitores automáticos também vem sendo estudados pelo GDDI.

O telecontrole dos religadores além de poupar o deslocamento das equipes e agilizar o restabelecimento da falta de energia, provê uma profunda mudança cultural dentro da empresa.

A partir deste trabalho nasce na Celesc a cultura de automação da rede de distribuição, englobando todas as áreas e centros de operação, em uma troca de experiências positivas para a maturidade da empresa em encontrar e solucionar seus problemas básicos, relacionados a distribuição de energia e conhecimento do comportamento dinâmico da sua própria rede.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOMES, L.F.M.A.: ARAYA, M. C. G & CARIGNANO, C. Tomada de decisões em cenários complexos. São Paulo: Pioneira, 2004.

Rodrigues, Lucilene M. M. Estudo de Viabilidade de Aplicação de “Retrofit” em Religadores, VIII Simpase, Simpósio de Automação de Sistema Elétricos.

Elipse. Elektro consolida automação de religadores com tecnologia GSM/GPRS Acesso em 21/02/2009, disponível em: http://www.elipse.com.br/noticia_int.aspx?id=345&idioma=1

SILVA, VALDECI C. Automação de redes e linhas de distribuição. Seminário Internacional sobre Smart Grid em Sistemas de Distribuição e Transmissão de Energia Elétrica

IEEE Smart Distribution Working Group. Acesso em 04/06/2009, disponível em: <http://grouper.ieee.org/groups/td/dist/da/doc/index.html>

FirstEnergy T&D Integrated Grid Communications and Automation Process, EPRI Urban Systems of the Future, October, 2007