



## **Aplicação de Retrofit em Religadores Hidráulicos da Distribuição**

**Édson Ronam de Almeida Araújo**  
**CEMIG Distribuição S.A**  
eronam@cemig.com.br

**Gustavo Ribeiro de Resende**  
**CEMIG Distribuição S.A**  
gresende@cemig.com.br

**Marcelo Batista do Amaral**  
**CEMIG Distribuição S. A.**  
mba@cemig.com.br

### **RESUMO**

Um dos grandes desafios do setor de distribuição de energia elétrica reside na implantação dos processos de automação de suas redes. A automação beneficia os consumidores e as concessionárias, diminuindo as interrupções no fornecimento de energia e também os custos de operação do sistema. Para a implantação destes processos, é necessária a substituição de um grande número de equipamentos, o que envolve um alto custo, tornando-o inviável. Devido a sua grande importância no sistema, os religadores são alvos preferenciais, mas sua substituição é também bastante onerosa. Visando encontrar uma solução, economicamente viável para a inclusão dos religadores no processo de automação, foi criado, através de uma parceria entre a CEMIG, Lupa Tecnologia e Sistemas Ltda. e a Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF, o projeto de Atualização Tecnológica de Religadores – Sistema ALTERE. Este sistema transforma um religador com controle hidráulico, em um equipamento microprocessado, possibilitando inseri-lo no contexto da automação, investindo somente 15% do custo de um religador novo. Esta solução vem sendo implantada em toda CEMIG, desde janeiro de 2001, e hoje conta com um total de 23 religadores em teste.

### **PALAVRAS-CHAVE**

Automação, Controle, Religador, Retrofit, Tecnologia.

### **1. INTRODUÇÃO**

A automação das redes de distribuição é uma necessidade tanto para as empresas concessionárias de energia elétrica, quanto para a sociedade. As relações sociais estão cada vez mais complexas e dependentes da tecnologia e o fornecimento de energia, com qualidade e baixo custo, é fator importante para o desenvolvimento social e econômico. As empresas concessionárias, cientes de suas responsabilidades, investem em vários projetos buscando atender as demandas da sociedade. A automação das redes de distribuição é um exemplo claro do esforço realizado pelas distribuidoras. O processo de automação das redes de distribuição de energia é bastante oneroso. Isto se deve ao fato de que há um grande número de equipamentos de rede que não estão preparados para serem inseridos

no contexto da automação e como o custo individual da substituição um equipamento é representativo, o custo total se torna uma conta de multiplicação.

A CEMIG possui mais de 2500 religadores em sua rede de distribuição. Existem pontos de manobras que se encontram a mais de 400km do centro de apoio.

No atual estágio do processo de automação das redes, a inclusão dos religadores possibilita grandes ganhos operativos, uma vez que, estes equipamentos se prestam à proteção e à operação das redes. Atualmente, a esmagadora maioria dos religadores de rede é formada de equipamentos hidráulicos que não possuem qualquer interface para um sistema de automação. A substituição desses equipamentos segue a mesma lógica descrita acima. Surge então neste cenário, uma opção viável que é a atualização tecnológica dos religadores hidráulicos.

Através do processo de atualização tecnológica é possível obter equipamentos, preparados para serem inseridos no processo de automação, a um baixo custo, aproximadamente, 15% do custo de um religador novo. Esse custo é possível por duas razões (1) evita-se a compra do “conhecimento” agregado aos equipamentos importados; (2) o religador que será atualizado já pertence à distribuidora de energia elétrica.

O sistema de Atualização Tecnológica de Religadores – Sistema **ALTERE** foi desenvolvido através de uma parceria bem sucedida, formada por três entidades:

- CEMIG/JF;
- Faculdade de Engenharia Elétrica da UFJF;
- Lupa Tecnologia e Sistemas Ltda, empresa incubada na Incubadora de Base Tecnológica – IBT do Centro Regional no Centro Regional de Inovação e Transferência de Tecnologia – CRITT da Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF.

O sistema **ALTERE** é uma metodologia de modificação segura dos religadores hidráulicos. Essas modificações podem ser resumidas em três pontos: (1) eliminação de componentes/funções do religador; (2) instalação de um kit eletromecânico, dentro do religador, que servirá de interface entre o religador e a remota de controle; (3) instalação da remota de controle do religador que executa tanto, as funções básicas do religador quanto, as funções que possibilitam este equipamento ser inserido no contexto da automação.

Esta metodologia pode ser aplicada à maioria dos modelos de religadores com controle hidráulico.

## **2. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA ALTERE**

O desenvolvimento do sistema **ALTERE** foi dividido em duas partes. A primeira parte diz respeito aos sistemas mecânicos. Foi realizado o estudo dos mecanismos do religador o que possibilitou a realização segura das modificações interna neste equipamento, e a definição do Kit eletromecânico, responsável pela interface entre o religador e a remota. A segunda parte do desenvolvimento do sistema **ALTERE** diz respeito aos sistemas eletrônicos. Dentre as várias etapas que compõem esta parte do projeto destacam-se as definições dos algoritmos do Firmware e do hardware da remota.

### ***2.1. Etapa – 1. Os sistemas Mecânicos do Religador***

Nesta etapa do projeto, o objetivo foi a transformação segura do religador em disjuntos. Nessa transformação foram eliminados vários componentes do religador que não são mais necessários à nova forma de trabalho deste equipamento, ou seja, comandado pela remota. Todas as modificações realizadas no religador tiveram como balizadores os seguintes princípios:

- Manter a capacidade original de interrupção equipamento;
- Eliminar subsistemas do religador que apresentam falhas sistemáticas;
- Eliminar itens do religador que requeiram manutenções periódicas;

A explicação de como foram realizadas as modificações internas no religador será feita dividindo este equipamento em subsistemas tal como apresentado abaixo:

1. Subsistema mecânico de abertura;

2. Subsistema mecânico de fechamento;
3. Subsistemas de medição de corrente (Transformador de Corrente do Sensor Terra);
4. Subsistema de extinção de arco;
5. Subsistema de isolamento a óleo;
6. Subsistema Sensor Terra (cartão Eletrônico);
7. Subsistema hidráulico de temporização e de contagem de aberturas;
8. Subsistema mecânico de contagem de aberturas;
9. Subsistema de proteção de Fase (Bobina Série).

Dos nove subsistemas que compõem o religador, apenas os cinco primeiros são aproveitados no Sistema **ALTERE**. Os subsistemas de abertura e fechamento são formados por peças mecânicas robustas que apresentam desgastes insignificantes e, portanto, são subsistemas totalmente confiáveis.

O subsistema de extinção de arco não é alterado em nenhuma de suas características e dessa forma é mantida intacta a capacidade de interrupção do religador.

Os subsistemas eliminados são os dos itens 6 à 9. Estes subsistemas apresentam falhas sistemáticas de funcionamento. Os sistemas hidráulicos controlam as principais características do religador e devido à natureza destes mecanismos, pequenos desgastes podem provocar operações indevidas.

Visando a padronização da desmontagem dos religadores foi editado o “manual de instalação do sistema ALTERE”. Este texto conduz a desmontagem do religador garantindo, dessa forma, que os 3 princípios definidos na etapa 1 sejam respeitados.

## **2.2. O Kit Eletromecânico**

O kit eletromecânico é um conjunto de componentes que possibilitam o interfaceamento entre a remota e religador modificado. Fazem também parte deste kit, os materiais utilizados para a fixação e a conexões elétricas dos componentes. A idéia da criação deste kit é a padronização das modificações que são realizadas no religador. Através da utilização de componentes robustos e de fácil instalação é possível garantir o bom funcionamento do religador conectado à remota.

Os principais conjuntos que compõem o kit eletromecânico são os seguintes:

1. Conjunto para interface do sistema de fechamento do religador;
2. Conjunto para interface do sistema de abertura do religador;
3. Conjunto para interface da indicação do estado do religador;
4. Conjunto para o sensoriamento das correntes do circuito;
5. Conjunto para fixação e isolamento;
6. Conjunto para a conexão externa entre o religador e a remota.

O critério de escolha dos componentes que fazem parte do kit foi baseado em dois pontos: (1) os componentes devem ser robustos e de qualidade comprovada, diminuindo as possibilidades de falhas; (2) a instalação dos componentes deve ser de fácil execução e de forma padronizada, evitando assim que o sucesso da instalação dependa da habilidade de quem esta instalando.

O passo-a-passo da instalação do kit eletromecânico também faz parte do “manual de instalação do sistema ALTERE”. O intuito deste manual é possibilitar que os serviços de adaptação do religador possam ser realizados nas oficinas das regionais, evitando o transporte do religador que é caro e ruim para o equipamento.

## **2.3. Etapa – 2. Os Sistemas Eletrônicos – O Desenvolvimento da Remota**

A nova forma de operação do religador e a perspectiva de conectá-lo a um sistema de automação, criaram a necessidade do desenvolvimento de uma remota com características especiais, tendo em vista o alto custo dos comandos microprocessados dos religadores novos, que, em tese, poderiam ser utilizados para comandar os religadores modificados.

A remota desenvolvida neste projeto é responsável por todo o processo de proteção, operação e controle do religador, bem como pela conexão com o sistema de supervisão. Com a sua utilização

tornou-se possível transformar um religador antigo com controle hidráulico em um equipamento microprocessado, possibilitando assim, sua inclusão no contexto da automação.

### *2.3.1. Definição do Hardware da Remota*

As condições climáticas severas que a remota instalada no alto de um poste pode ser submetida impuseram várias restrições à escolha dos componentes que a compõem.

As conexões externas da remota como, por exemplo, a alimentação “CA” e o cabo de comando do religador, estão expostas a descargas atmosféricas que podem provocar o mau funcionamento da remota ou mesmo danificá-la. Para garantir a confiabilidade e a durabilidade da remota, foram criadas proteções especiais para os circuitos de entrada.

No projeto do hardware tomou-se especial cuidado com o posicionamento dos componentes nas placas de circuito impresso. Este cuidado evita que, internamente, possam ocorrer interferências que provoquem o mau funcionamento da remota.

A figura 1 mostra como é fisicamente a remota. Nesta figura pode ser observada a caixa metálica que, abriga os circuitos eletrônicos e, o detalhe do painel frontal para a realização de comandos locais no religador.



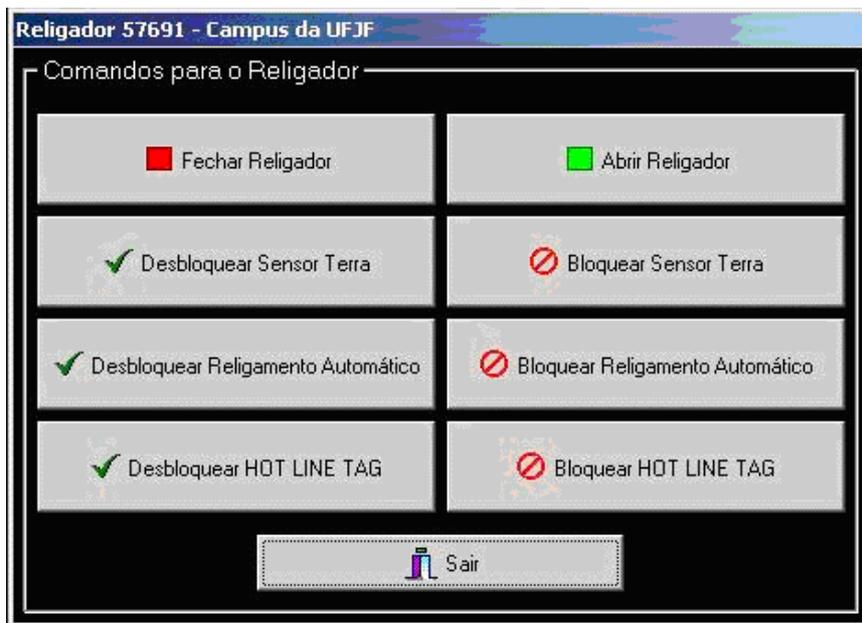
**Figura 1 –Aspecto Geral da Remota do Sistema ALTERE**

### *2.3.2. Definição do Firmware da Remota*

Para a definição dos algoritmos da remota foram consultadas diversas pessoas ligadas à operação e gerenciamento de rede. O objetivo foi agregar funções à remota que, realmente, possam ser utilizadas no dia-a-dia da operação e gerenciamento do sistema. Esta é uma etapa do projeto muito dinâmica, devido ao surgimento constante de novas idéias, a serem agregadas às funcionalidades da remota.

Para descrever os principais recursos implementados, serão utilizadas telas do software de configuração da remota. Este software batizado de Sistema de Supervisão de Rede – S2R, além de realizar a parametrização da remota pode também ser utilizado como um sistema supervisor, permitindo a rápida implantação de um projeto piloto.

#### *2.3.2.1. Função de operação do religador*



**Figura 2 – Tela de operação do Religador.**

A figura 2 mostra a tela de operação do religador. Como se pode observar, toda a operação do religador pode ser feita a distância, utilizando um modem como meio de comunicação. A operação local do religador pode ser feita através do painel frontal da remota como mostrado na figura 3.



**Figura 3 – Detalhe do painel frontal da remota.**

### 2.3.2.2. Função proteção – relé digital de sobrecorrente

A figura 4 mostra os principais ajustes do relé de proteção do religador. Neste ambiente é possível realizar a distância toda a parametrização o relé. A implementação dos novos recursos de proteção coloca o religador, que passou pelo processo de atualização tecnológica, em condições de atender as exigências da rede.

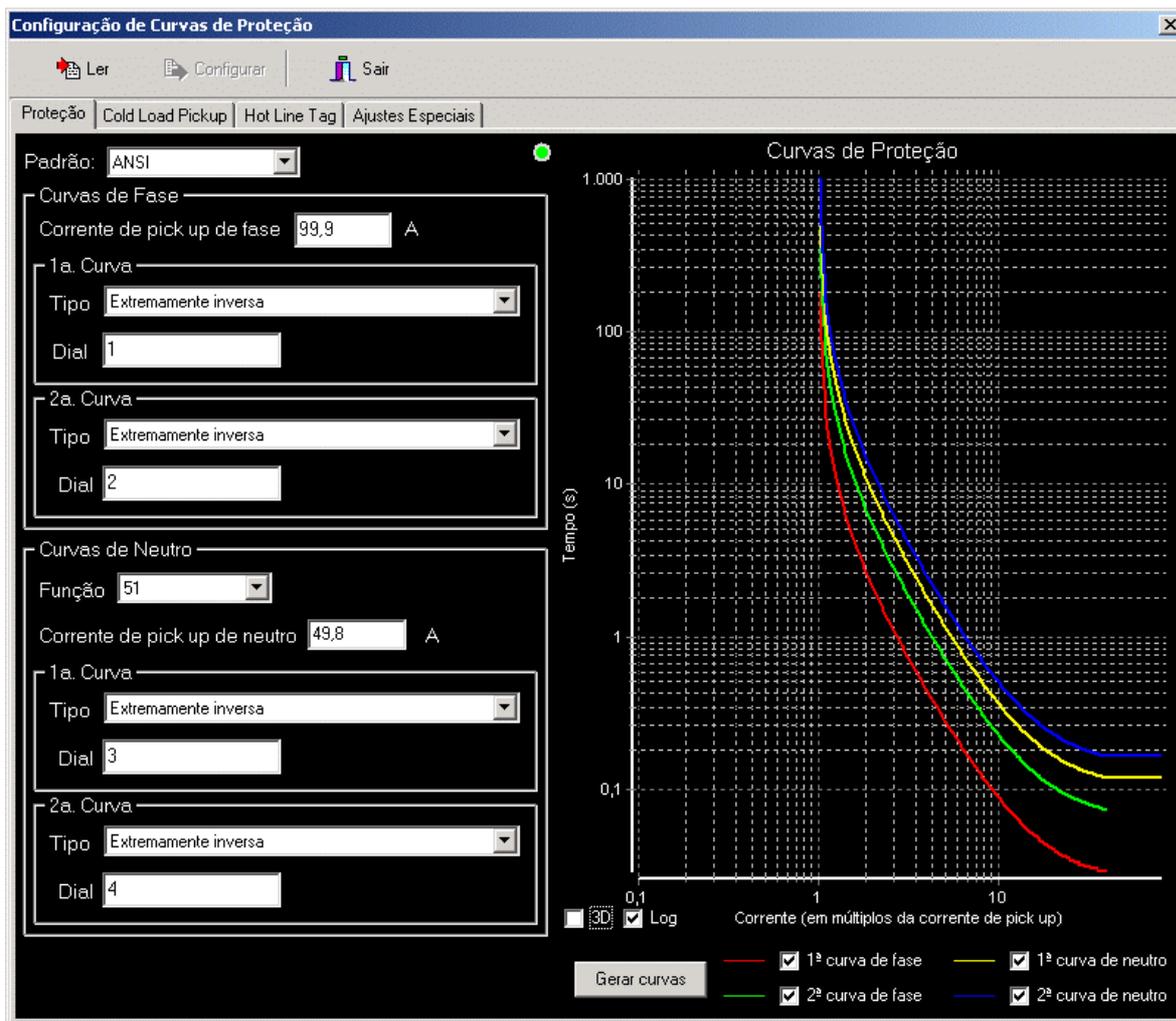


Figura 4 – Ambiente de configuração do relé de sobrecorrente.

### 2.3.2.3. Função de lógicas de religamento e controle do religador

É possível a aplicação de novos recursos de religamento automático nos religadores, como dilatação do tempo morto, bem como a implementação do religamento automático inteligente, que efetua uma comparação dos valores de corrente de fase e neutro para efetuar um próximo religamento, diminuindo a possibilidade de bloqueios por problemas atmosféricos, como pode ser observado na figura 5.

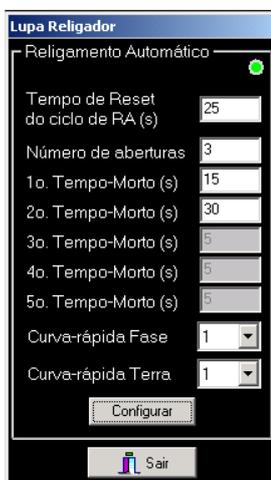


Figura 5 – Tela de configuração dos Religamentos Automáticos.

### 2.3.2.4. Funções alarme\comunicação

Na figura 6 é mostrado o ambiente de configuração dos alarmes que podem ser gerados pela remota. Como a remota pode ser conectada ao sistema público de telefonia, o *report* por exceção é a forma mais barata de operar o equipamento. Os protocolos de comunicação da remota são o DNP e o MODBUS.

The screenshot shows the 'Lupa S2R' configuration window. It has a title bar with 'Lupa S2R' and a green status indicator. The main area is split into two panels. The left panel, 'Alarmes de medidas', has a green status indicator and contains two sub-sections: 'Corrente de fase' (checked) and 'Corrente de neutro' (unchecked). Each sub-section has input fields for 'Corrente máxima' (69.8), 'Corrente mínima' (29.8), and 'Tempo de disparo (s)' (10.0). The right panel, 'Eventos extras', also has a green status indicator and contains a list of events with checkboxes: 'Ocorrência de RA' (checked), 'RA por período de tempo' (unchecked), 'Falta de VCA' (unchecked), 'Tempo de disparo (s)' (40), 'Buffer de eventos cheio' (checked), 'HOT LINE TAG ativo' (unchecked), 'Bateria' (unchecked), 'Bloqueio de RA' (unchecked), 'Porta Aberta' (checked), 'Curva de demanda completa' (checked), 'Buffer de oscilografia' (checked), 'Falha na remota' (unchecked), 'Bloqueio do religador' (unchecked), 'Falha no religador' (unchecked), and 'Intervenção local na remota' (checked). There are also input fields for 'Quantidade de RA's' (0) and 'Período de tempo (dias)' (1). At the bottom of each panel is a 'Configurar' button, and at the bottom center is a 'Sair' button with a small icon.

Figura 6 – Tela de configuração de alarmes.

A figura 7 mostra a tela principal do S2R. Há três áreas nesta tela que merecem serem destacadas: (1) Área de Manutenção. É nesta área que são realizadas as parametrizações da remota; (2) Relatórios. Aqui se encontra os recurso de gerenciamento do equipamento. Através das informações do relatório de eventos, que marca as ações do religador com resolução de milissegundos é possível verificar a atuação do religador; (3) Indicações. Nesta área é possível obter o estado geral de religador.

Um alarme gerado pela remota é recebido pelo S2R tal como mostrado na figura 7. Como pode ser observado o número do equipamento aparece em destaque e o sinóptico do religador (quadrado vermelho) indica o estado do equipamento. Na área de Indicações, podem-se obter mais informações a respeito do estado do equipamento.

Para maiores detalhes da ocorrência é necessário acessar os eventos gerados cuja quantidade é informada também na área das Indicações.



**Figura 7 – Alarme recebido no Centro de Operação e Despacho – COD.**

A Figura 8 mostra como um religador com retrofit fica instalado na rede. Percebe-se que sua instalação é bastante semelhante a dos religadores microprocessados atualmente disponíveis. A remota, em destaque, é conectada ao religador através de uma cabiação totalmente blindada, por onde é possível interagir.



**Figura 8 – Religador com retrofit instalado na rede.**

### 3. ANÁLISE ECONÔMICA

O custo desse retrofit em religadores hidráulicos é da ordem de cerca de 20% de um religador novo. Sua aplicação se mostra ainda mais interessante quando são efetuadas análises comparativas entre os pontos que sofrem automação e os que não sofrem. Grande parte das manobras de rede é destinada a bloqueios de sensores de religamento automático ou de proteção a terra, visando possibilitar manobras programadas ou para restabelecimento de circuitos. Nessas manobras, geralmente são acionadas duas equipes de eletricitas, sendo uma para efetuar o devido bloqueio do dispositivo no religador e outra equipe para efetuar as manobras no circuito, que muitas vezes se dá a alguns quilômetros de distância. O custo médio de um deslocamento gira em torno de R\$ 150,00. Outra economia é com relação ao registro de contadores de manobras. No mínimo são efetuadas doze visitas anuais a cada ponto para leitura mensal de contadores, que podem ser realizadas à distância.

A aplicação de telecontrole nesses religadores possibilita que apenas uma equipe de eletricitas possa ser acionada, direcionando-a diretamente no ponto de manobra. Isso acaba se refletindo em redução no DEC, Duração Equivalente de Interrupção por Consumidor e melhor utilização de mão-de-obra das equipes de eletricitas. Estima-se que com a introdução do retrofit a redução do DEC seja da ordem de 30% a 40%, correspondendo acionamento, localização da falta e principalmente, transferência de blocos de cargas essenciais.

Os circuitos de distribuição são muito extensos. O controle operativo desses religadores não é efetuado de forma ágil pelas áreas de engenharia da distribuidora. Geralmente para se efetuar alterações de parâmetros operacionais é necessária a remoção desses equipamentos para áreas próprias, gerando-se custos e manobras para possibilitar a execução dos serviços. Uma intervenção da equipe de manutenção para troca de ajuste gira em torno de R\$3.000,00 (equipe própria).

Com a introdução desse retrofit, pode-se efetuar essas alterações pelo próprio Centro de Operação, ganhando-se em agilidade e rapidez. Passa-se também, a ter controle mais próximo ao equipamento, uma vez que os dados de ocorrências (contadores de operação, registros de eventos e grandezas analógicas) possam ser obtidos em tempo real, auxiliando nas análises operativas e nas tomadas de decisão.

### 4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O desenvolvimento do Sistema ALTERE atende plenamente o objetivo proposto, ou seja, possibilitar a inclusão de religadores que seriam sucateados no processo de automação a um custo mínimo. O baixo custo dessa solução viabiliza automatizar um número maior de pontos. A confiabilidade dessa solução foi sendo demonstrada ao longo dos quatro anos em que o sistema ALTERE foi sendo implementado.

Portanto, conclui-se que a sua utilização agrega valor aos serviços prestados pela concessionária, reduzindo os custos de operação e melhorando os índice de qualidade de fornecimento.

### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ROGER, C. Dugan. *Electrical Power Systems Quality*. McGraw-Hill, New York / EUA, 1996.
- 2 Cooper Power Systems. *Electrical Distribution-System Protection*, 3d ed., Franksville, Wis., 1990.