

SENDI 2004

## XVI SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Sistema de Transferência Automática de Carga

SOUZA, Gilnei A. de &amp; FILHO, José L. da S.

COPEL DISTRIBUIÇÃO S/A

E-mail : [gilneisouza@copel.com](mailto:gilneisouza@copel.com)[Joseleandro@copel.com](mailto:Joseleandro@copel.com)**Palavras Chaves:** Solução, Programável, Tecnologia, Automática.**RESUMO**

*Com o intuito de tornar mais confiável e seguro o funcionamento do Sistema de Transferência Automática de Carga na Subestação Cruz Machado, 34/13 kV, foi desenvolvido um sistema para substituir o automatismo presente, constituído de uma cadeia de reles eletromecânicos, por uma tecnologia até agora inédita em SE's de Distribuição COPEL.*

*Nesta solução, que conta com a facilidade de um microcontrolador lógico programável, tornou-se possível a inserção de uma lógica mais completa para efetuar a supervisão e o chaveamento das fontes da SE. O trabalho apresenta o histórico do antigo sistema, observando as ocorrências e falhas que motivaram a busca da solução proposta.*

*Na seqüência, são apresentadas outras soluções possíveis, comparando-as com a adotada, além da descrição do funcionamento, e das melhorias atingidos.*

*O sistema composto por TP's instalados na chegada das fontes, para supervisão da presença de tensão nas fontes e com um controle a reles que executavam os comandos necessários para transferir a carga fonte principal para a fonte alternativa, necessitou de aperfeiçoamento para atender com eficiência as exigências impostas pelas normas e satisfação dos clientes, garantindo a continuidade do fornecimento de energia e redução de custos operacionais.*

*Sendo o objetivo deste trabalho apresentar a solução implementada.*

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as empresas distribuidoras de energia elétrica tem apresentado uma crescente preocupação pelo rápido restabelecimento no fornecimento de energia em seus sistemas de distribuição, buscando atender às metas estabelecidas pelo órgão regulador, além de atender às crescentes expectativas e necessidades dos seus clientes.

A Agência Nacional de Energia Elétrica– ANEEL, responsável pela fiscalização dos serviços prestados pelas empresas distribuidoras, estabelece e verifica, entre outros atributos, o desempenho destas quanto aos indicadores de continuidade do serviço prestado, especialmente o DEC e FEC.

O DEC (Duração Equivalente de Interrupção de Unidade Consumidora), é o indicador do número de horas que em média um consumidor fica sem energia elétrica durante um período, com metas mensais, trimestrais e anuais. Por sua vez o FEC ( Frequência Equivalente de Interrupção de Unidade Consumidora), representa quantas vezes, em média, há interrupção de energia elétrica na unidade consumidora, com metas também em períodos mensais, trimestrais e anuais.

Outros indicadores, implantados mais recentemente, desdobram os índices a nível de unidade consumidora, aferindo a qualidade prestada diretamente a cada cliente. São eles o DIC (Duração de Interrupção por Unidade Consumidora), o FIC ( Frequência de Interrupção por Unidade Consumidora), indicando respectivamente por quanto tempo e o número de vezes que a unidade consumidora ficou sem energia elétrica por um período considerado, e o DMIC (Duração máxima de interrupção por unidade consumidora), é um indicador que limita o tempo máximo de cada interrupção, impedindo que cada concessionária deixe o consumidor sem energia elétrica durante um período muito longo. Este último indicador passou a ser controlado a partir de 2003.

Diante destas exigências do órgão regulador e buscando melhorar o grau de satisfação dos seus clientes, a Companhia Paranaense de Energia, preocupada com o alto tempo demandado para o restabelecimento no fornecimento de energia elétrica na região da cidade de Cruz Machado (Sul do Paraná), provocadas pela falhas ocorridas na linha fonte, cujas características dificultam a localização e reparo do defeito, somadas ao tempo gasto com a manobra de transferência para a segunda linha de subtransmissão que serve de fonte alternativa, buscou implementar um sistema que executa-se esta transferência de forma automática evitando a presença de um eletricista para executar a manobra.

Deste modo, a empresa buscando uma solução para o problema, confiou à sua equipe de manutenção eletroeletrônica a criação de um mecanismo que efetua-se esta transferência automaticamente, evitando a ação humana e a conseqüente perda de tempo para a reposição da fonte. Dentre as várias soluções analisadas a equipe optou em reaproveitar o sistema de transferência automática de carga

usado anteriormente na subestação de Bituruna, que na ocasião estava em desuso, pois fora substituído pelo Sistema de Automação de Subestação.

Assim este sistema, foi instalado na SE Cruz Machado, operando por três meses, mas logo após apresentar um defeito no seu controle, causado uma interrupção de vinte cinco minutos, mostrou-se não ser confiável. Assim a equipe responsável pela manutenção, idealizou um novo controle para o substituir o defeituoso. Este controle substituto usou um micro CLP consagrado no mercado, largamente empregado em automação industrial , mas até então inédito na Companhia.

Mantendo os dois religadores do tipo McGraw já existentes, operam como chave a óleo, e os dois transformadores trifásicos de alta tensão que monitoram a presença de tensão, com pequenas alterações de ordem físicas, rapidamente a solução pode ser implementada. Com versatilidade disponível neste tipo de equipamento foi aprimorada a lógica usada no processo de transferência, aumentando sua confiabilidade, reduzindo o tempo máximo de desligamento da SE Cruz Machado para cinquenta e cinco segundos.

Com esta solução apresentada a equipe de manutenção conseguiu desenvolver um projeto de baixo custo, com alta confiabilidade, atendendo as necessidades operacionais que garantiu um desempenho satisfatório.

## **2. HISTÓRICO:**

A subestação Cruz Machado, é normalmente alimentada pelo circuito Salto do Vau (34,5 kV), o qual tem como fonte a subestação União da Vitória (138/34,5 kV), localizado na cidade de mesmo nome, tendo a linha tronco com a extensão de aproximadamente 40 km, percorridos por trecho de serra e mata nativa, portanto de difícil acesso, tendo ainda varias derivações formando uma malha total de 357,5 km .

Esta característica somadas ao desejo de prestar um melhor atendimento a seus cliente levaram a COPEL, a criar uma fonte alternativa para a alimentação da região em regime de contingência, reduzindo o tempo de restabelecimento do fornecimento de energia elétrica.

Embora esta medida tenha minimizado o problema e ter sido usada por muitos anos, com o aumento da malha elétrica ocorreu um crescimento do numero de interrupções. A cada falha na fonte principal era necessário o deslocamento do eletricitista para a unidade, o deslocamento muitas vezes demorado pois freqüentemente o mesmo estava distante, executando tarefas rotineiras em outras localidades. Conforme levantamento realizado, o tempo médio para este tipo de atendimento era de 30 (trinta) minutos, contribuindo de forma negativa para os índices determinados pelo Orgão Regulador e prejudicando a imagem da empresa na região.

Tendo em vista estes fatos, verificou-se a importância de criar um mecanismo de chaveamento automático entre fontes, pois desta forma, na ocorrência de perda da fonte principal, tal sistema faria a transferência automática para a fonte secundária.

Na busca da solução, constatou-se que o dispositivo existente em outra SE que seria automatizada, denominada SE Bituruna, poderia ser utilizada como base.

Assim, após implementada a função de Transferência de Carga na SE Bituruna pelo Sistema de Automação (SASE), o dispositivo eletromecânico foi retirado e instalado na SE Cruz Machado, na qual devido a custos e dificuldades de ordem técnica a solução via automação não poderia ser implementada de imediato.

Após algum tempo em operação, o automatismo começou a apresentar problemas, pois a característica construtiva dos relés associada ao elevado tempo de operação contribuiu para o surgimento destas falhas.

A reposição destes relés tornou-se inviável, pois possuem custo elevado e são difíceis de encontrar no mercado de equipamentos elétricos, optou-se assim, pelo desenvolvimento e aplicação de um novo sistema, mais moderno, versátil e economicamente viável.

## **3. ANÁLISE DA SOLUÇÃO**

O primeiro passo para elaborar o novo sistema foi o estudo exaustivo do sistema atual e dos demais sistemas existentes.

### ***3.1. Isolamento de Fonte Defeituosa e Restabelecimento de Configuração***

Assim a equipe avaliou varias soluções, analisando principalmente as características operacionais, pois o funcionamento de um sistema de transferência de carga requer cuidados especiais que serão descritos na seqüência:

#### ***3.1.1. Isolamento da Fonte com Defeito:***

1. A perda definitiva da fonte principal só é considerada passados mais de vinte segundos consecutivos, isto garantirá que o circuito fonte já efetuou os religamentos previstos para a linha.
2. O primeiro cuidado diz respeito a isolar o ponto passivo de falha, este procedimento é executado quando da abertura do disjuntor principal. Em caso da falha ter sido causada pela própria carga, no caso o barramento da subestação, este procedimento não terá sucesso.
3. O segundo passo é executar o fechamento do disjuntor da fonte secundária. Para tanto é importante verificar se o sistema não necessita primeiramente da retirada das cargas, sendo elas os circuitos alimentadores e os bancos de capacitores.
4. Uma vez fechado o disjuntor secundário nos casos onde foi retirada a carga para a reenergização, as cargas podem ser novamente religadas após a estabilização da corrente de magnetização do transformador. Este caso em particular é previsto para transformadores de potências acima de 7 MVA , conforme norma interna da COPEL.

Estes cuidados citados buscam garantir a segurança das instalações. Estatisticamente o número de casos em que ocorreram aberturas na fonte principal, cuja falha localiza-se dentro do barramento da subestação são raros, mas para este caso seria possível criar um sistema que monitora-se a corrente na entrada da subestação verificando que o curto não está localizado dentro da subestação carga.

Para o caso estudado, subestação Cruz Machado, o sistema desenvolvido não aplicou nenhum sistema de proteção para a barra, embora o hardware usado tenha previsto a implantação futura.

Assim como na transferência da subestação carga da fonte principal para fonte alternativa o retorno também requer uma série de cuidados, como segue:

#### ***3.1.2. Retorno Para a Configuração Original:***

1. O retorno da fonte principal e sua estabilização é considerada após um período pré-definido, normalmente o tempo usado nas soluções estudadas era de 2 (dois) a 4 (quatro) minutos.
2. Caso a condição estabelecida pela operação seja de usar a fonte principal como preferencial, o sistema deverá executar o procedimento de retorno, ou seja, abrir o religador da fonte secundária e fechar o religador da fonte principal. Para o retorno em casos que permitam a operação em anel das fontes, o disjuntor principal é fechado e na seqüência o disjuntor secundário é aberto (evitando nova interrupções).

3. Para a maioria dos casos, não é recomendado o fechamento em anel das fontes, devido ao risco de falta de sincronismo das mesmas. Outro fator da não recomendação do fechamento em anel é o risco de circulação de corrente indesejável entre as duas fontes.

O sistema a relés, por ter sua lógica escrita através das ligações elétricas entre os componentes pode ser considerado de lógica fixa, enquanto que uma solução que aplique um equipamento com lógica programável via software pode ser considerado de lógica flexível. Esta flexibilidade permite a implementação de novas funções com grande facilidade.

Esta dificuldade em criar novas funções e ajustar os temporizadores existente no sistema anterior motivou a equipe a utilizar um micro controlador para executar a nova lógica do sistema de transferência de carga.. O emprego deste dispositivo apresenta muitas vantagens, entre elas o custo, pois comparativamente, o microcontrolador utilizado representou uma redução de investimento na ordem de quatro vezes em relação à construção de um sistema similar elaborado com relés convencionais.

### ***3.2. Microcontroladores Para Desenvolvimento de Sistema***

São inúmeras as vantagens de construir um sistema usando um microcontrolador, este elemento é amplamente usado no ambiente industrial, e pode ser programado em vários tipos de linguagens.

Dentre estas linguagens a “ladder”, linguagem de relés, sem dúvida apresenta uma maior familiaridade para os profissionais da área de manutenção de subestação, principalmente quando se deseja substituir um sistema composto por relés por um sistema eletrônico de lógica programável, uma vez que esta linguagem utiliza uma simbologia similar a empregada nos esquemas elétricos, tornando-se mais fácil a conversão destes diagramas em programas para microcontrolador.

O uso do microcontrolador permite usar como base a lógica utilizada no sistema original e com grande facilidade, adicionar novas funções, aumentando assim, a confiabilidade do sistema. A versatilidade de um sistema que usa um microcontrolador como elemento de controle garante a possibilidade de mudança total na sua forma de operação sem a necessidade de nenhuma mudança física.

Atualmente quase todos os fabricantes de microcontroladores fornecem a seus clientes softwares de programação e simulação que permitem ao usuário deste tipo de dispositivo desenvolver virtualmente o sistema desejado, testá-lo e somente após efetuar todos as correções necessárias instalar a lógica de funcionamento. Estas ferramentas reduzem o tempo e o custo final do projeto.

Embora consagrado o uso de microcontroladores na área industrial, sua aplicação em subestações é desconhecida, podendo ser estendida para várias outras aplicações.

O projeto apresentado demonstra uma aplicação básica de transferência de linha fonte. Neste mesmo circuito podem ser agregadas outras funções, como o próprio desligamento voluntário da subestação quando da atuação de alguma proteção do transformador.

A confiabilidade do circuito é elevada com o uso deste componente, pois seu uso reduz o número de elementos de controle e fiação, diminuindo as causas de problemas e facilitando a manutenção

### **3.3. Outras Soluções Analisadas:**

O próprio sistema de automação desenvolvido pela COPEL, em um primeiro momento se mostrou como a solução ideal, mas conforme citado anteriormente problemas de ordem técnica inviabilizaram a criação de um canal de comunicação, além de ser necessário readequar o cronograma de obras de automação, o que não poderia ser feito devido a relevância dos critérios usados na sua elaboração.

Outra solução cabível e estudada, foi a utilização de religadores microprocessados que permitiriam criar uma lógica semelhante através de seus controles, porém o custo destes equipamento ainda foi considerado muito alto diante da solução aplicada, inviabilizando esta hipótese.

Ainda foi analisada a possibilidade de criar um circuito eletrônico, mas esta solução despenderia de um tempo longo de criação, sem garantir a confiabilidade existente em equipamentos já consolidados no mercado, como é o caso dos micros CLP's.

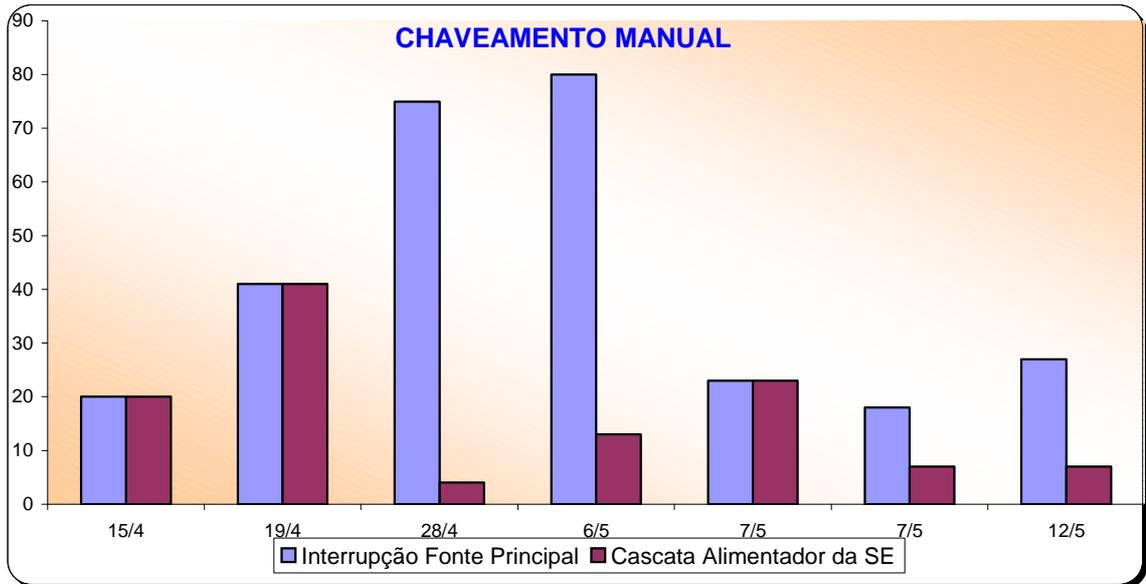
### **3.4. Ganhos Obtidos:**

#### **3.4.1 Reflexos nos indicadores:**

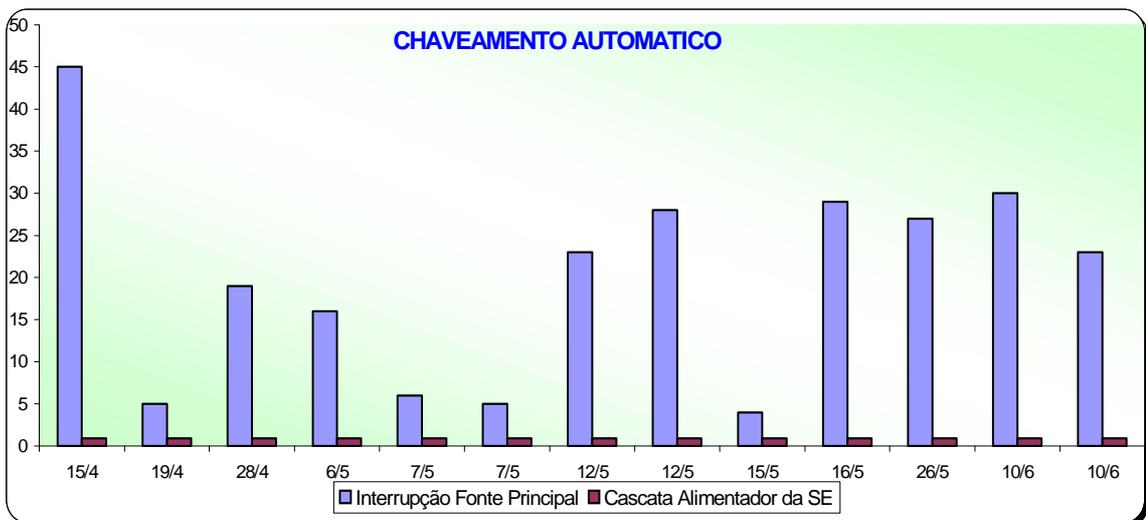
Um dos maiores indicadores para o sucesso deste projeto sem dúvida foi a redução do tempo de desligamento, a fim de comprovar a eficiência apresentada pelo sistema foi realizado um levantamento de todas as ocorrências no circuito Salto do Vau (fonte da subestação) que causaram o desligamento na Subestação Cruz Machado nos períodos de abril a agosto de 2003 e 2004, verificando nas ocorrências de desligamento da fonte principal o reflexo desta sobre os circuitos alimentadores, buscando avaliar a dimensão exata do ganho de eficiência apresentado pelo sistema de transferência automática em relação ao processo manual.

Conforme é apresentado no gráfico abaixo a utilização do chaveamento manual resultou em um tempo médio de 16,44 minutos enquanto com o sistema apresentado o tempo médio é de apenas 55 segundos, tempo fixo, definido por software, abaixo do estabelecido para contabilização de DEC e FEC.

Outro item observável é a disponibilidade do eletricista, pois em algumas ocorrências embora ele estivesse próximo a subestação e efetuasse a transferência rapidamente, o atendimento da causa era prejudicado pois o tempo despendido para a manobra poderia ser canalizado para este atendimento, reduzindo o tempo de restabelecimento da fonte principal.



**Figura 1**  
**Gráfico das ocorrências período abril a agosto de 2003**



**Figura 2**  
**Gráfico das ocorrências período abril a agosto de 2004**

### 3.4.2. Redução de Custo com Mão de Obra e Deslocamento.

Com a implantação de um sistema automático evitou-se todos os custos gerados com a manobra, tanto no restabelecimento da subestação Cruz Machado quanto na manobra de retorno da fonte principal. Estes custos eram compostos pela hora do eletricitista e pelo custo do veículo.

### **3.4.3. Consumidores Atingidos**

Houve considerável redução no número de consumidores atingidos pela falha na linha principal, pois dos 4729 consumidores alimentados pela linha principal os 3692 ligados ao barramento de 13.8 kV da SE, com a implantação do novo sistema de transferência automático sofreram interrupções com tempo máximo de 55 segundos. Ainda se observarmos que os 1037 consumidores ligados diretamente a linha tronco podem ser atendidos com maior agilidade, reflexo da disponibilidade imediata do eletricitista para atender a ocorrência principal podemos considerar que todos os 4729 consumidores são beneficiados com a implantação do novo sistema.

Além do ganho com o aumento da satisfação do cliente cujo valor é intangível, a Companhia pode contabilizar a energia elétrica que deixariam de ser vendida até a execução da manobra.

## **4. CONCLUSÃO:**

Implementar um sistema com um microcontrolador é comprovadamente aplicável em automatismo nas subestações. O custo baixo, a facilidade de manutenção e reposição, além da versatilidade permitem substituir vários tipos de controles a relés usados atualmente.

A possibilidade de simulação, constitui mais uma grande vantagem para este tipo de aplicação, pois são raras as oportunidades que podem ser feitos testes no próprio equipamento, o tempo gasto com acertos no hardware são evitados pois a maioria das modificações podem ser executadas por software testadas e só então instaladas no local.

Com a implantação deste novo sistema, a dificuldade de manutenção e a aquisição de equipamentos de reposição foi plenamente superada, pois toda a tecnologia empregada pode ser encontrada com relativa facilidade no mercado, além disto, tornou o painel muito mais simplificado, facilitando a questão de manutenção e melhorias.

O chaveamento entre fontes nesta SE mostrou-se diversas vezes mais seguro, pois na implementação da lógica de funcionamento, foi possível garantir procedimentos operacionais que visam a integridade dos equipamentos instalados na SE, das pessoas responsáveis em operá-los, além de manter a continuidade no fornecimento de energia elétrica aos nossos consumidores.

O investimento foi muito pequeno, considerando o retorno financeiro obtido com a manutenção da venda de energia mesmo na ausência da fonte principal e com a eliminação de custos com eletricitista para execução da manobra.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E/ OU BIBLIOGRAFIA.**

- [1] M. Gavazzi e A. E. S. Cintra – Bandeirantes Energia S.A. , XV Seminário Nacional de Distribuição de Energia, Salvador-Ba. 2002.
- [2] ANEEL- RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 024 de 19/01/2004 publicado em 22/01/2004  
<http://www.aneel.gov.br/> - Acesso em 09/08/2004.
- [3] Base de dados dos sistemas computacionais da COPEL, ISD- Interrupção no Sistema de Distribuição Consultas em agosto/2004.
- [4] Frisch, A. C. Krauss, C. C. dos Santos , C. C. Marquez, D. C. Parolin, E. L. Pinto, Manual de configuração SASE- Sistema de automação de Subestação- COPEL –Curitiba.PR. 2000.
- [5] McGraw-Edison Company – Power Systems Division –Chave de Transferência Tipo S – Tradução: Pytlowanciv- Curitiba-PR, 1988.