

**SENDI 2004**  
**XVI SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

**A Automação da Subestação Móvel da COSERN Através de Enlace Via Satélite**

**C. A. de O. Júnior - COSERN**

e-mail: carlosjunior@yahoo.com

**A. P. Xavier - COSERN**

**J. R. M. Pontes - COSERN**

**Palavras-Chaves** - Automação, Protocolo de Comunicação, Satélite, Subestação Móvel.

**Resumo** - Este artigo tem como objetivo apresentar a solução desenvolvida para a automação da Subestação Móvel da Companhia Energética do Rio Grande do Norte – COSERN, enfocando os aspectos de inovação tecnológica, segurança operacional e redução de custos em manutenções de transformadores de potência.

Uma vez que já possuía todas as subestações automatizadas e totalmente desassistidas desde outubro de 2000, a COSERN se viu desafiada a automatizar a subestação móvel como forma de manter a segurança operacional no controle e supervisão de seu sistema elétrico.

A característica de mobilidade de uma subestação móvel tende a tornar dispendiosas e tecnicamente complexas as soluções envolvendo meios de comunicação como cabo, rádio ou fibra óptica. Na COSERN, considerando que o sistema visa atender qualquer uma das atuais 50 subestações, a comunicação via satélite foi escolhida por naturalmente oferecer cobertura em todo o Estado do RN.

O trabalho apresenta a arquitetura, as características técnicas e o ineditismo que nortearam o desenvolvimento de uma solução para o telecomando de uma Subestação Móvel através de um enlace via satélite.

Conclui-se o trabalho destacando os principais resultados obtidos pela COSERN com a aplicação dessa solução e as perspectivas de implementações adicionais e de otimização para a mesma.

## **1. INTRODUÇÃO**

Ao longo dos últimos 6 anos, a COSERN tem realizado um amplo projeto de modernização nas Redes de Transmissão e Distribuição, com prioridade para a implantação de um sistema de automação. Em 30 meses, a COSERN iniciou e concluiu a automação de todas as suas subestações e grande parte da rede de distribuição. Hoje, o sistema conta com 50 subestações e 146 equipamentos na rede de distribuição, totalizando 21.000 pontos de controle e supervisão em seu Centro de Operação.

Visando sempre a melhoria no fornecimento de energia a seus clientes, a COSERN adquiriu, em 2002, uma Subestação Móvel de 10 MVA para a execução de reparos e manutenções em Transformadores de Potência, sem a necessidade de interrupção do fornecimento de energia elétrica a seus consumidores.

Em 2003, a empresa sentiu a necessidade de automatizar a Subestação Móvel devido a algumas dificuldades detectadas no momento em que a mesma encontrava-se instalada: o Centro de Operação não “enxergava” a Subestação Móvel, perdendo o controle dos estados dos disjuntores e as medições de tensão, corrente e potência da subestação em manutenção. Em consequência, havia a necessidade de operadores de plantão na Subestação durante a noite, entre outras dificuldades.

A fim de se evitar os custos com uma nova estrutura de telecomunicações, a COSERN optou por usufruir de seu sistema de rastreamento e envio de mensagens para viaturas. O sistema, denominado OmniSAT, é fornecido pela *Autotrac Comércio e Telecomunicações S/A* e é tarifado por mensagem e pelo número de caracteres enviados.

Para se atender as necessidades técnicas e minimizar os custos de operação, um novo protocolo de comunicação foi desenvolvido, denominado “Protocolo de Comunicação Compacto da Cosern” – P3C, cujas características principais são a flexibilidade, o reduzido número de dados transmitidos e a iniciativa de comunicação a partir do escravo. Este protocolo foi implementado em duas Unidades Terminais Remotas (UTR’s) localizadas na Subestação Móvel e no sistema SCADA do Centro de Operação.

A implantação desse projeto tem proporcionando, à COSERN, maior agilidade e segurança na operação do sistema, além de significativa redução de custos com “homem-hora”. A solução, pioneira no Brasil, é aplicável em quaisquer equipamentos onde há dificuldades quanto à comunicação, mas a implementação do telecontrole se faz necessária. Pode, ainda, ser adaptada a uma nova necessidade de outra empresa, e possui a vantagem de que a distância entre o Centro de Operação e o equipamento automatizado não é mais um fator limitante.

## **2. JUSTIFICATIVA PARA A AUTOMAÇÃO DA SUBESTAÇÃO MÓVEL**

A necessidade de automação da Subestação Móvel veio trazer um problema de telecomunicações: Qual meio de comunicação seria utilizado, em qualquer local onde a Subestação Móvel estivesse instalada? Inicialmente foi pensado em se utilizar a infra-estrutura de telecomunicações existente em cada subestação, uma vez que todas as subestações da COSERN possuem um sistema de rádio digital com canal de comunicação dedicado. No entanto, para se usar essa infra-estrutura em cada subestação, um canal de rádio precisaria estar disponível ou seria necessário compartilhar o canal existente. Uma outra opção seria utilizar-se a UCS – Unidade de Controle de Subestação – de cada subestação fixa, para varrer via protocolo de comunicação, uma UTR – Unidade Terminal Remota – na Subestação Móvel.

Todas estas soluções implicariam em gastos elevados com homem-hora e materiais, já que se criaria uma solução particular para cada subestação fixa, além de que seria necessária passagem de cabos em todas elas. A princípio, também seria necessário configurar o conjunto UCS/Sistema SCADA um número de vezes igual ao número de subestações fixas, degradando a performance do sistema SCADA, já que a quantidade de subestações duplicaria. A pior consequência é que a quantidade de pontos passíveis de defeito no sistema de automação e de telecomunicações aumentaria consideravelmente.

Assim, buscou-se uma solução que causasse o menor impacto possível ao sistema existente, com um baixo custo de implantação. O meio de comunicação escolhido foi o satélite, o que evitou todos os problemas citados, com a vantagem de tornar a Subestação Móvel independente da infra-estrutura de automação e telecomunicações da SE fixa na qual está instalada.

Visando reduzir custos de implantação, resolveu-se utilizar a rede de telecomunicações fornecida pela empresa *Autotrac Comércio e Telecomunicações S/A*, denominada OmniSAT. Este sistema já era utilizado pela COSERN para o Centro de Operações rastrear e troca de mensagens com suas viaturas.

## **3. ARQUITETURA DO SISTEMA**

O sistema da *Autotrac* foi desenvolvido originalmente para controle de frotas de veículos, em empresas transportadoras, por exemplo, através de localização geográfica e troca de mensagens. Cada veículo possui um terminal conectado a uma antena, para enviar e receber mensagens de texto de/para um Centro de Operação. Cada antena possui integrados um GPS (*Global Position System*), para permitir funções de rastreamento, e um módulo microprocessado, para permitir a ligação de um teclado alfanumérico com *display*, para o usuário ou motorista escrever e ler as mensagens.

Neste módulo também está disponível uma porta RS-232 para conexão com computadores, palmtops ou outros dispositivos, utilizando um protocolo proprietário denominado *MIP – Mobile Interface Protocol*.

Através deste protocolo, também é possível ler e enviar mensagens binárias usando a mesma antena. Assim, pensou-se em transmitir as informações da Subestação Móvel para o Sistema Supervisório do Centro de Operação utilizando mensagens binárias.

A solução implementada utilizou esta porta RS-232 controlada por uma UTR - Unidade Terminal Remota de fabricação da *Foxboro*, modelo C50. A UTR possui cartões de saída e de entradas digitais e analógicas, para permitir a supervisão e controle dos equipamentos da Subestação Móvel. Possui também, em sua CPU, uma porta RS-232 cujo protocolo de comunicação pode ser programável através da linguagem de alto nível SALL – *State And Logic Language*, proprietária da *Foxboro*. A linguagem SALL é uma adaptação da linguagem C voltada à Remota C50.

Do lado do Centro de Operações, uma UTR do mesmo fabricante faz o papel de mestre da comunicação, sendo escravo do Sistema Supervisório. A figura 01 seguinte apresenta a arquitetura do sistema.

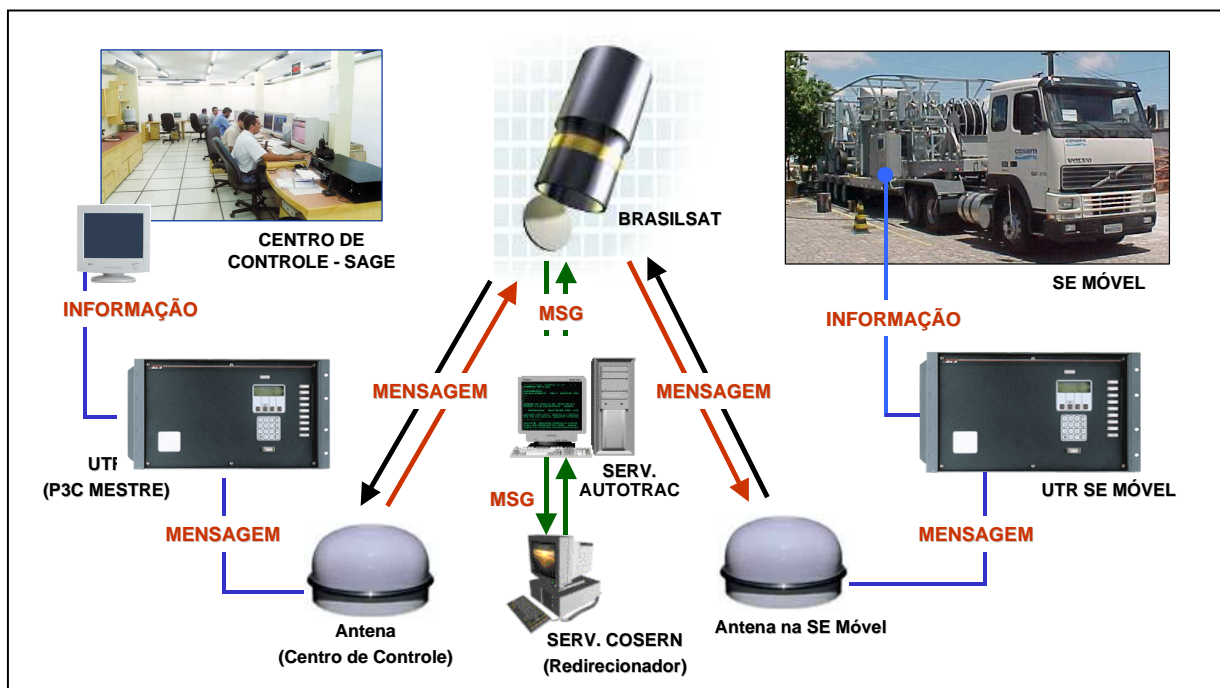


Figura 01 – Arquitetura do Sistema

#### 4. PROTOCOLO P3C

Escolhida a arquitetura do sistema, restava definir o protocolo de comunicação, que permitiria a comunicação entre o Sistema Supervisório e a Subestação Móvel. Esta escolha estaria diretamente ligada ao fator custo, porque cada mensagem trocada no protocolo através da rede de telecomunicações da *Autotrac* é tarifada da seguinte forma:

$$P = \text{ValorPorMensagem} + (\text{NúmeroDeCaracteres} \times \text{ValorPorCaractere})$$

Assim sendo, visando reduzir os custos de operação da Subestação Móvel da COSERN, optou-se por se desenvolver um novo protocolo de comunicação, a fim de minimizar o número de mensagens enviadas e o número de caracteres enviados em cada mensagem.

Trabalhando-se em cima destas duas premissas, desenvolveu-se um protocolo denominado Protocolo de Comunicação Compacto da COSERN – P3C, que possibilitou a solução final. Além da redução de custo de operação da Subestação Móvel, outras vantagens obtidas com o desenvolvimento do P3C foram:

- Eliminou-se o custo de compra da “licença” de um protocolo existente;
- Rápida implementação nas Unidades Terminais Remotas;
- Flexibilidade, de acordo com as necessidades da solução;
- Possibilidade de outras aplicações.

O P3C é um protocolo assíncrono, projetado tal que o mínimo de informações é transitada em cada mensagem, para reduzir o número de caracteres tarifados. Por exemplo, devido à arquitetura ponto-a-ponto, o protocolo foi implementado sem enviar informações dos endereços de origem e destino. Entretanto, isto é facilmente implementado caso haja necessidade em outra solução.

Outra técnica usada para reduzir a quantidade de caracteres por mensagem foi a de omitir caracteres de controle de erro. (*Cyclic Redundant Check – CRC*). Isto foi compensado pelo CRC do protocolo MIP, no qual o P3C está “encapsulado” na comunicação com as antenas.

Para minimizar o envio de mensagens foram usadas duas técnicas dentro do P3C:

- **Mensagens não-solicitadas** - O mestre não executa constantes varreduras (*pollings*) no escravo. O escravo envia mensagens quando ocorre uma mudança de estado ou uma alteração significativa numa medição, o que é configurado através de bandas mortas para cada medida.
- **Integridade pelo Escravo** - Em protocolos de comunicação, mesmo usando a técnica de mensagens não-solicitadas, sabe-se que o mestre deve checar, em um período definido, se o escravo está funcionando corretamente. Assim, o mestre executa uma varredura - chamada de *Integridade* - após um *timeout* configurado pelo usuário. A “Integridade” tem como objetivo indicar uma falha de comunicação e atualizar todos os pontos supervisionados no Sistema Supervisório. No protocolo P3C, além do mestre poder enviar mensagens pedindo Integridade, o escravo pode enviá-la espontaneamente. Se o mestre recebe uma Integridade espontânea do escravo, reinicia a contagem do *timeout*, ou seja, não envia naquele momento o seu pedido de Integridade, pois acabou de recebê-la. A esta técnica demos o nome de “Integridade pelo Escravo”. Além disto, no protocolo P3C, o mestre também reinicia seu *timeout* quando recebe qualquer mensagem espontânea do escravo.

Utilizando-se essas técnicas, e configurando-se adequadamente os *timeouts* de Integridade do mestre e do escravo, consegue-se que o mestre envie apenas o primeiro pedido de Integridade, quando ele é inicializado. Em situação normal, todas as Integridades seguintes serão enviadas pelo escravo, reduzindo a quantidade de mensagens enviadas pelo mestre, e conseqüentemente reduzindo os custos por envio de mensagens, como visto anteriormente.

## 5. RESULTADOS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Desde a sua aquisição, a Subestação Móvel da COSERN tem sido largamente utilizada no sistema elétrico em manutenções preventivas e corretivas de transformadores de potência. De outubro de 2002 a dezembro de 2003, calcula-se que a energia não interrompida, durante essas manutenções, tenha sido de 8.654 MWH, o que representa um faturamento de quase R\$ 895.000,00 para os cofres da empresa. Já o custo social evitado, para o referido período, é estimado em 34 milhões de reais. Essa economia, por si, já justifica um cuidado todo especial que se deve ter com a energia fornecida aos clientes e até mesmo com a própria conservação da Subestação Móvel. A automação da mesma veio viabilizar e facilitar a supervisão tanto do sistema que esteja em manutenção, quanto de todos os demais equipamentos (transformadores, disjuntores, Painéis de CC e CA, relés de proteção, etc) que constituem a Subestação Móvel.

As figuras a seguir representam as telas utilizadas pelo Centro de Operação para supervisão e controle da Subestação Móvel quando em funcionamento.

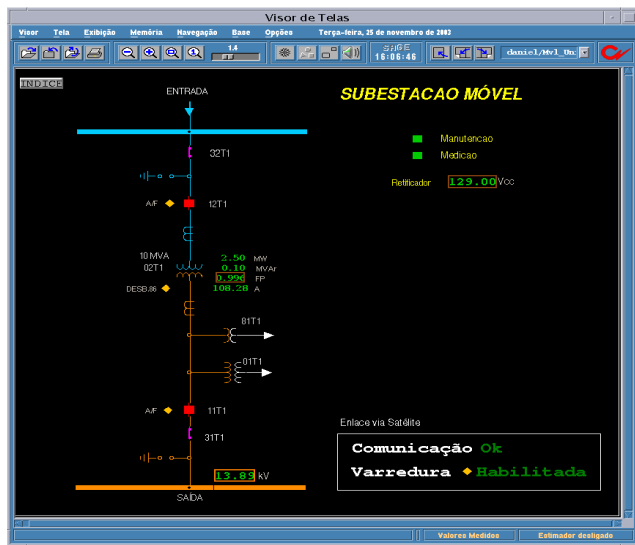


Figura 02 – Tela de Supervisão e Controle



Figura 03 – Tela de Medições

As Telas de Operação, permitem verificar o estado de chaves, disjuntores, carregamento do transformador e as tensões do banco de baterias e do barramento de 13,8 kV. Como curiosidade, vale salientar a adição de um controle que inibe ou habilita a varredura da Subestação Móvel (Figura 02), para se evitar custos quando a mesma não estiver instalada.

A automação da Subestação Móvel tem beneficiado a COSERN em diversos aspectos, entre os quais pode-se destacar:

- **Segurança Operacional** - O Centro de Operações volta a possuir controle e supervisão de todo o seu parque elétrico em 69 e 13.8 kV;
- **Qualidade no Fornecimento de Energia Elétrica** – A Subestação Móvel permite a realização de manutenções sem a interrupção no fornecimento de energia. Em caso de interrupção, o telecontrole da Subestação Móvel permite rápido restabelecimento no fornecimento de energia, contribuindo também com a melhoria do índice de DEC (Duração Equivalente por Consumidor);
- **Redução de Custos** - Eliminaram-se os gastos com homem-hora, pois não são mais necessários operadores durante a noite onde a Subestação Móvel estiver instalada; os custos em uma situação de contingência também foram reduzidos, porque o tempo de restabelecimento é menor.

Apesar de encontrar-se em pleno funcionamento, a automação da Subestação Móvel não pode ser considerada concluída. Em uma primeira fase, os desenvolvimentos realizados foram suficientes para viabilizar o controle e supervisão remotos dessa solução. Essa fase, pode ser representada por 3 etapas. São elas:: Implementação de protocolo de comunicação da Autotracc (MIP) em Unidades Terminais Remotas - UTR's; Desenvolvimento de software para redirecionamento das mensagens e Desenvolvimento e implementação de um protocolo proprietário denominado P3C.

Visando a otimização do sistema, algumas implementações estão sendo desenvolvidas pela COSERN para a conclusão em definitivo da automação de Subestação Móvel através de enlace via satélite. Entre as melhorias em desenvolvimento pode-se citar:

- **Implementação do Mestre P3C no SCADA do Centro de Operação** – A partir de dessa implementação, o sistema passará a ter uma nova arquitetura, com a eliminação de uma UTR e uma antena. Dessa forma, cada mensagem trocada entre o Centro de Operação e Subestação Móvel passará uma única vez pelo servidor da *Autotrak*, diminuindo assim os tempos de respostas e os custos de tarifação. A figura 04 representa a futura arquitetura;

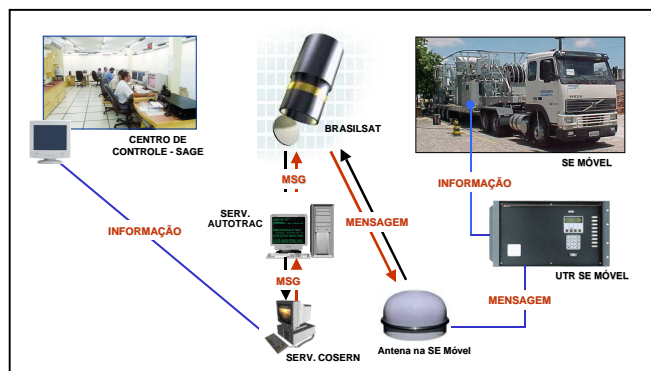


Figura 04 – Arquitetura Futura

- **Implementação de “SOE” (Sequência de Eventos) no P3C** – A implementação da “Sequência de Eventos” permitirá que a UTR localizada na Subestação Móvel possa transmitir para o Centro de Operação as informações de supervisão e controle com precisão de milésimos de segundo, facilitando a análise de ocorrências no sistema.

## 6. CONCLUSÃO

A COSERN tem passado por um processo de grandes mudanças. Uma dessas mudanças foi o seu projeto de modernização, que teve como uma das metas principais a implantação do Sistema de Automação.

Os resultados foram expressivos. Cabe aqui salientar que a primeira subestação automatizada foi integrada ao COI em junho de 1998, e a última em outubro de 2000. Portanto, em menos de três anos, a COSERN automatizou todas as suas subestações e uma grande parte do sistema de distribuição, representando um marco em todo o Sistema Elétrico Nacional, atingindo o posto de primeira concessionária do Brasil a ter 100% de subestações automatizadas.

A Automação da Subestação Móvel da COSERN Através de Enlace Via Satélite é um projeto inédito no país e permitiu o desenvolvimento de uma solução para automação de equipamentos ou sistemas móveis, ou onde há dificuldades quanto ao meio de comunicação. Ressalta-se que a solução é flexível, ou seja, com algumas adaptações, pode ser usada em outras aplicações cujo volume de dados transmitidos seja pequeno, como, por exemplo, transações bancárias, autorizações de cartões de crédito, etc.

Isto significa uma parte da COSERN. Uma Empresa que desenvolve-se tecnologicamente, a cada dia, para prestar um serviço de fornecimento de energia elétrica em níveis de excelência a seus clientes.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- [1] OBC Mobile Interface Protocol – Technical Reference, Março 1999, Fab. Qaulcomm;
- [2] Xavier, Albany Pita e Pontes, José Renato Maciel - O Processo de Automação dos Sistemas de Transmissão e Distribuição da COSERN – Desafios, Custos E Benefícios, V SIMPASE, 2003;
- [3] Oliveira Jr., Carlos Augusto de - A Telefonia Celular como Meio de Comunicação Alternativo à Automação das Redes de Distribuição, IV CIERTEC, 2002.