



**SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

GTL 29  
14 a 17 Outubro de 2007  
Rio de Janeiro - RJ

## **GRUPO XVI**

### **GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS ELÉTRICOS - GTL**

#### **ALTERNATIVAS DE COMUNICAÇÃO PARA PÁTIOS DE SEs**

**Guilherme de Figueiredo Preger**

**Fernanda de Souza B. T. Campos**

**FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A.**

## **RESUMO**

Este trabalho discute alternativas para atender aos pátios de SEs prioritariamente em suas necessidades de comunicação de voz e sugere um roteiro para a padronização das soluções de acordo com parâmetros de necessidades de usuários e da área a ser atendida. Inicialmente, serão abordadas as demandas dos usuários e a identificação das áreas a serem atendidas. Serão descritas as alternativas existentes, realizando-se uma comparação técnica e econômica entre elas, observando-se vantagens e desvantagens de cada uma. Após, serão descritas as experiências de FURNAS com cada uma das tecnologias. O trabalho finaliza com algumas conclusões do anteriormente apresentado.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Rádio troncalizado, rádio UHF, WLAN, DECT, telefonia IP

### **1.0 - INTRODUÇÃO**

Historicamente, as necessidades de comunicação de pátios de subestações (SEs) restringiam-se à comunicação de voz que era atendida através de telefonia fixa, por aparelhos telefônicos espalhados em alguns pontos de um pátio de obras. Esta solução acabou se tornando obsoleta, pois a telefonia fixa não oferecia mobilidade às equipes de operação e manutenção. Além disso, por serem ambientes ruidosos do ponto de vista eletromagnético, essa comunicação em geral apresentava baixa qualidade. Outra desvantagem era sua pouca flexibilidade para se adaptar a expansões dos pátios ou outras alterações espaciais.

Ao longo do tempo soluções pontuais foram sendo dadas, sobretudo para prover mobilidade às equipes, tais como utilização de telefones sem fio, comunicação por meio de ERBs e rádios troncalizados. Por outro lado, foram surgindo novas necessidades para as equipes de manutenção e operação, especialmente a comunicação de dados, em função dos diversos relatórios que essas equipes realizam em torno dos equipamentos e dispositivos elétricos. Paralelamente, surgiram também novas tecnologias de convergência entre voz, dados e vídeo, em arquiteturas de rede, tais como o WLAN e o emergente WiMAX.

No entanto, atualmente as soluções para comunicação de pátios têm ainda sido pontuais, atendendo a necessidades específicas de cada pátio. Isto criou o problema da falta de uniformidade da solução entre as unidades industriais da empresa. Outro problema é a diferença topológica espacial de uma SE e a falta de definição quanto à área a ser atendida, que eleva o custo de uma solução a ponto de torná-la inviável.

Para os novos empreendimentos, a diversidade de alternativas dificulta o orçamento e o projeto de sistemas. As equipes de planejamento desses empreendimentos ressentem-se atualmente de não terem soluções padronizadas que possam ser adotadas em função das características do novo ambiente.

## 2.0 - IDENTIFICAÇÃO DE NECESSIDADES DE USUÁRIOS E DE ÁREAS A SEREM ATENDIDAS

A definição da melhor alternativa a ser adotada depende inicialmente de uma identificação correta das necessidades de usuários e das áreas a serem atendidas, bem como uma projeção das expectativas de novas demandas que surgem em função do desenvolvimento de novas aplicações.

### 2.1 Necessidades de usuários

Agentes de manutenção e operadores do sistema realizam inspeções diárias nos pátios de SEs, seja para identificar ocorrências, seja para realizar corretivas. Estas atividades precisam de comunicação de voz com as salas de controle e centros de manutenção. Para atender a esta necessidade, os pátios possuem telefones fixos localizados próximos a algumas estruturas. Há também atividades de manobras e intervenções realizadas em pátios em que participam equipes que necessitam se comunicar entre si. Neste caso, e em outros, a mobilidade da comunicação é fundamental e a comunicação em grupo é importante.

No entanto, as inspeções, corretivas e manobras seguem “ordens de serviço” e nas atividades são preenchidos e gerados relatórios. Inicialmente, tais relatórios eram feitos por escrito e depois as informações coletadas eram inseridas em bases de dados. Recentemente, foram definidas formatações de relatórios eletrônicos de onde são retiradas e inseridas todas as informações designadas para cada atividade. Contudo, mantém-se a necessidade do operador ou mantenedor transferir informação para as bases de dados na sala de controle. Essas informações são em volume cada vez maior e, assim, torna-se importante agilizar o processo com a possibilidade de estender o acesso às bases de dados diretamente às áreas de pátio, aproveitando-se das tecnologias emergentes de dados sem fio, como veremos.

Outra questão que deve ser levada em conta é a função da comunicação. Como visto acima, algumas atividades de manobra exigem comunicação em grupo, ao passo que, para outras funções, precisa-se de comunicação usuário a usuário. Deve-se definir o grau de urgência da comunicação. Em muitas atividades, a função *push-to-talk* é importante, porque determinada tarefa é urgente. Desta forma, torna-se importante distinguir entre necessidades operativas e administrativas e entre necessidades de urgência ou emergência e atividades de rotina. Deve-se levar em conta também a função de localização do funcionário. Este problema é crítico em SEs e USs muito grandes. Historicamente, foi implantado um sistema de busca-pessoa através de alto-falantes distribuídos pelos pátios e áreas de usinas com chamada coletiva. Esse sistema permite apenas a chamada do usuário, mas não a comunicação com ele.

A demanda pela visualização em tempo real das áreas externas de pátio é crescente, seja para realizar vistoria permanente de certos dispositivos elétricos, seja por segurança. Sistemas de CITV têm sido implantados, em geral com sua estrutura de cabos própria, porém a demanda cresce e é difícil de alterar a configuração, como no caso da telefonia fixa. Para atividades de manobra e para instalação de equipamentos, o acompanhamento por vídeo torna-se importante, bem como a mobilidade.

### 2.2 Identificação de áreas

Uma questão importante na análise é a definição da área a ser atendida, pois esta decisão afeta a alternativa que será escolhida e traz impactos no dimensionamento e no custo do sistema.

Inicialmente, o atendimento se limitava aos pátios abertos das SEs. Quando começaram a ser colocados sistemas de rádio para atender a esses pátios (ver item 4) em subestações de usinas, houve a demanda de estender a comunicação também às áreas internas, como galerias e casas de força. Essas áreas internas já possuíam telefones fixos, tais como o pátio, porém sem mobilidade. Entretanto, as condições de cobertura em interiores de usinas são bastante diferentes das condições em pátios abertos e requerem soluções diferentes.

Pelo mesmo motivo da mobilidade, surgiu a necessidade de cobrir áreas administrativas onde ficam os departamentos, com os núcleos de suporte e de gerência. Nas unidades maiores, a distância entre as áreas industrial e administrativa é muito grande, podendo chegar à ordem de quilômetro. Assim, o sistema que tinha uma função operacional passa a ter também uma função administrativa/gerencial, alterando as características do sistema. Neste caso, também, começa a haver confusão entre a necessidade operacional e a necessidade de localização do funcionário.

É preciso definir, enfim, a extensão do empreendimento, pois há SEs que são pequenas e podem ser cobertas com um sistema de telefonia sem fio, porém há SEs maiores e USs cuja extensão traz uma complexidade maior para o sistema. Para fins de padronização sugere-se definir as seguintes áreas: SEs pequenas/SEs grandes; USs pequenas/USs grandes. Soluções serão diferentes para cada uma dessas categorias. A definição dessas categorias deve ser baseada nos seguintes parâmetros: a) Tensão ou MW; b) Quantidade de vãos / pátios; c) Distância entre área industrial e administrativa.

### 3.0 - COMPARATIVO ENTRE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

Basicamente, há 6 alternativas disponíveis para a comunicação de pátio: a) Telefonia fixa; b) Telefone sem fio; c) Telefonia celular ou DECT; d) Rádio UHF/VHF; e) Rádio troncalizado; f) WLAN/WiMAX .

Estas tecnologias permitem comunicação de pátio basicamente de dois tipos: 1- Comunicação de grupo: comunicação em que uma equipe compartilha um canal, geralmente de rádio, permitindo o acesso simultâneo de vários usuários; 2- Comunicação usuário a usuário: comunicação do tipo telefonia, podendo ser provida também por sistemas de rádio.

Serão, em seguida, descritas cada uma das alternativas, ressaltando-se suas características e comparando-se suas vantagens e desvantagens.

#### 3.1 Telefonia fixa

A alternativa de telefonia fixa é a mais tradicional e, em geral, os pátios de SEs já vêm com infra-estrutura de telefonia desenhada junto às estruturas dos equipamentos elétricos. Sua principal vantagem é que pode ser utilizada por vários usuários distintos (não é pessoal) e não apresenta problemas de baterias e antenas, encontrados em outras alternativas. No entanto, apresenta várias desvantagens que se demonstram mais acentuadas atualmente face às novas tecnologias: (-) Não oferece mobilidade; (-) Possui estrutura inflexível; (-) Apresenta baixa qualidade devido às condições severas das influências eletromagnéticas adversas e baixa isolamento; (-) Não permite função de localização de usuário (não pessoal). Em função dessas desvantagens, há que se considerar que soluções alternativas não serão apenas complementares, mas substitutas.

#### 3.2 Telefonia sem fio

Esta tecnologia funciona a partir de bases fixas que conectadas a ramais analógicos de centrais telefônicas estendem o alcance pelo ar através de um sinal de rádio na faixa de 900 MHz. Inicialmente é utilizada para fins residenciais e com pequeno alcance, porém surgiram no mercado modelos com maior potência (330mW), podendo sua cobertura chegar a 3 km, mas sem a robustez desejada para um uso industrial. É uma tecnologia tipo usuário a usuário, que permite conferência até 3 participantes.

Uma das dificuldades desta solução é que cada base irradiante estende apenas um ramal, de modo que, para mais usuários simultâneos, é necessário colocar mais bases fixas. Entretanto, têm surgido no mercado novas soluções em que uma base funciona como um micro PABX, comutando até 4 ramais simultaneamente. Contudo, não é possível atribuir uma linha a cada usuário, o que não permite que seja utilizada para a função de localização de usuário.

O custo desta solução é baixo, variando em torno de R\$ 1300,00 para um conjunto de base e aparelho, na versão industrial. Infelizmente, há poucos fornecedores no mercado provendo esta solução.

Resumindo, suas vantagens são: (+) Baixo custo; (+) Fácil implantação. Suas desvantagens: (-) Baixo alcance; (-) Poucos usuários simultâneos; (-) Pouca robustez no aparelho; (-) Não permite função de localização de usuário.

#### 3.3 Telefonia celular ou DECT

A tecnologia de telefonia celular é bastante conhecida e, no escopo deste trabalho, não abordaremos suas características, pois basicamente é um serviço público que pode ser contratado. Para unidades de SEs próximas a espaços urbanos é frequente a cobertura celular que pode ser então utilizada para comunicação das equipes em seus trabalhos.

Para unidades em meios rurais ou afastados dos centros urbanos geralmente não há cobertura de operadoras. Poucas empresas se interessam em estender a cobertura de suas ERBs (estações rádio-base) para atender a SEs remotas, pois o pequeno tráfego de comunicação em geral não é compensador. Uma alternativa é o uso privado da tecnologia DECT- *Digital Enhanced Cordless Telecommunications*. Esta tecnologia depende de um PABX privado e permite a instalação de pequenas ERBs que, associadas a alguns ramais, produzem células de cobertura sem fio possibilitando aos usuários se comunicarem através de telefones portáteis semelhantes aos celulares de mercado e com todas as facilidades disponíveis de um PABX. As frequências utilizadas estão na faixa de 1880 a 1900 MHz e 1910 a 1930 MHz. A potência típica é da ordem de 10 mW, atingindo uma cobertura de 50m *indoor* a 300m *outdoor* sem obstrução. É, portanto, uma comunicação sensível a obstáculos, exigindo uma quantidade grande de ERBs em função da arquitetura do espaço desejado.

O DECT permite uma comunicação usuário a usuário, admitindo conferência com até 8 pessoas. Tem caráter pessoal, podendo ser utilizado para localização de usuário. Também é possível enviar mensagens de texto ao estilo "*short message*". O aparelho do usuário é semelhante a um celular de mercado, porém não é compatível com as tecnologias celulares existentes e por isso sua utilização se restringe às áreas internas cobertas. Além disso, os aparelhos são frágeis e não permitem uso industrial. Apesar do DECT ser um protocolo padronizado, na prática, todas as soluções são dependentes do fabricante do PABX, uma vez que os usuários usufruem das

facilidades providas pela central, que são proprietárias. O custo de uma ERB é da ordem de R\$ 3.000,00, enquanto um aparelho custa em torno de R\$ 1.600,00. Como a cobertura das ERBs é pequena e o aparelho tem caráter individual, o DECT se torna uma solução de custo elevado e o preço cresce em função do número de usuários.

São suas vantagens: (+) Permite todas as facilidades da telefonia; (+) Permite função de localização de usuário; (+) Uso semelhante ao celular; (+) Permite comunicação com a rede pública. Suas desvantagens: (-) Solução cara; (-) Sem robustez nos aparelhos; (-) Solução dependente do fabricante do PABX; (-) Não pode ser utilizado como celular público.

### 3.4 Rádio VHF/UHF

Esta é uma tecnologia tradicional de rádio, através da utilização de rádios portáteis e uma estação repetidora que lança o sinal de forma omnidirecional que permite um alcance maior. As faixas de frequência mais usuais são de 150 a 174 MHz (VHF) ou em torno de 450 MHz (UHF). A faixa de VHF oferece alcance maior em espaço livre, com menor penetração interior em prédios, porém é uma faixa que apresenta muitos problemas de interferência e uso compartilhado, enquanto a faixa de UHF é mais livre (menor ocupação de espectro) e, mesmo com menor alcance, é capaz de cobrir a maior parte dos pátios de SEs (ver item 4).

Esta solução permite uma comunicação do tipo de grupo, com múltiplos usuários compartilhando um canal. Os rádios portáteis são de natureza robusta, podendo ser utilizados para uso industrial. Dependendo do tamanho desejado de cobertura, é possível prescindir da repetidora, pois possuem potência de 5W, funcionando como *walktalk*. Os aparelhos podem ser multicanais, de modo que localmente é possível a utilização de grupos, para cada um dos canais. Na utilização de repetidoras, para estender a cobertura, haveria um canal comum compartilhado. A repetidora pode chegar à potência de 45W (VHF).

A boa cobertura em áreas externas pode ser também um problema, uma vez que permite que usuários vizinhos escutem as conversações, quebrando o sigilo das informações das equipes. Há dificuldade em isolar o sistema de interferências externas indesejadas e desconhecidas. Para áreas internas também há problemas de cobertura. Como solução, podem ser utilizados repetidores para antenas internas ou sistemas de cabo irradiante. O custo de um aparelho portátil, com multicanais, está por volta de R\$ 1.200,00, enquanto a repetidora custa da ordem de R\$ 7.000,00. O custo do sistema aumenta proporcionalmente conforme o número de usuários.

A tecnologia de rádio UHF está evoluindo com a introdução de protocolos abertos para comunicação usuário a usuário, interligação com a rede de dados através de interfaces *ethernet* e gerenciamento com protocolo SNMP (*Simple Network Management Protocol*).

São suas vantagens: (+) Preço baixo; (+) Cobertura de longo alcance para espaços livres; (+) Robustez nos aparelhos; (+) Permite localização de usuário (através de chamadas coletivas). Desvantagens: (-) Sujeito a interferências; (-) Espectro de utilização muito ocupado; (-) Difícil cobertura interior.

### 3.5 Sistema troncalizado

O sistema troncalizado é uma expansão do sistema de rádio VHF/UHF (usualmente utiliza a faixa de UHF). Ele permite a formação de vários grupos de comunicação, restringindo o número de frequências utilizadas, uma vez que uma das dificuldades do sistema é encontrar faixas espectrais livres. Assim, um número reduzido de canais é utilizado por vários grupos, havendo uma independência entre o grupo e o canal (ao contrário do sistema anterior, em que cada grupo está associado a um canal). A seleção de canal para cada solicitação de chamada é feita através de um canal de controle que identifica o usuário e seu grupo, seleciona um canal para a chamada e habilita a comunicação. O número de canais, assim, não limita o número de grupos e sim o de chamadas simultâneas. O canal de controle utiliza um protocolo que pode ser proprietário (como o da empresa Motorola) ou padrão, como, por exemplo, o protocolo europeu MPT. O sistema necessita de uma estação repetidora-controladora central que possui vários rádios associados a interfaces controladoras. Assim, o alcance do sistema é ampliado devido ao uso necessário desta estação.

Este sistema permite uma série de funcionalidades ausentes do sistema tradicional, como possibilidade de chamada telefônica e chamada usuário a usuário, através da introdução de códigos DTMF. Também é um sistema de maior isolamento, uma vez que o canal de controle rejeita as chamadas de usuários não identificados. Com relação ao espectro de frequência, há também uma portaria definindo canais exclusivos para esta funcionalidade (Resolução nº 455 da ANATEL).

Uma solução troncalizada atinge, normalmente, preços elevados, de modo que é adequada para uma necessidade de grande tráfego de comunicação. Uma solução mais barata é a utilização de sistemas alternativos troncalizados sem canal de controle, como o sistema SmarTrunk. Neste sistema, o controle é feito por placas localizadas nos próprios rádios dos usuários e a seleção de canal é feita através de varredura automática. O controle está no próprio canal de comunicação. Uma vantagem desta solução específica é que ela utiliza rádios convencionais de UHF aos quais se associam placas controladoras separadas. O custo médio de uma repetidora com 4 canais é de R\$ 60.000,00 e o rádio portátil tem custo médio de R\$ 2.200,00.

Resumindo as vantagens: (+) Uso eficiente do espectro de frequência, otimizando os canais de voz designados; (+) Maior cobertura; (+) Maior isolamento contra interferências; (+) Rádios robustos; (+) Comunicação de grupo(s) e comunicação usuário a usuário; (+) Interligação com rede pública de telefonia. Desvantagens: (-) Custo mais

elevado que da solução rádio UHF; (-) Elevado tempo de acesso a canal quando se têm muitos usuários por repetidora.

### 3.6 Sistema WLAN/WiMAX

Os termos WLAN (*Wireless Local Area Network*) e WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) referem-se às tecnologias emergentes de redes de dados sem fio definidas pelas recomendações do IEEE 802.11 (WLAN) e IEEE 802.16 (WiMAX). A partir de ERBs, essas tecnologias permitem estender pelo ar (*wireless*) o alcance de redes locais de dados a taxas de 11 Mbit/s a 55 Mbit/s, podendo alcançar 300 Mbit/s, no caso de uma conexão ponto a ponto (WiMAX).

A tecnologia WLAN abre uma célula de cobertura sem fio que permite a usuários móveis acessar uma rede de dados local no padrão *ethernet* em taxas de 11 Mbit/s ou 55 Mbit/s e nas frequências de 2,4 GHz (802.11b) ou 5,8 GHz (802.11g). Estas faixas de frequência, denominadas de ISM (*Industrial, Scientific and Medical*), são faixas de uso livre, não licenciadas. As ERBs, denominadas *Access Points* (AP), irradiam numa tecnologia de *spread-spectrum* OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), permitindo 11 canais de comunicação diferentes, dos quais é possível sobrepor até no máximo 3. Os dispositivos de usuários são geralmente *laptops* ou *palmtops* equipados com cartões PCMCIA, internos ou externos, e o acesso em cada AP é compartilhado simultaneamente por todos os usuários em sua cobertura.

A tecnologia WiMAX promete um alcance maior, metropolitano e uso de faixas licenciadas e provavelmente com uso de exploração comercial. Seu marco regulatório ainda não está totalmente definido no Brasil. No momento, a tecnologia está sendo utilizada para conexão de última milha e, assim, não será abordada em mais detalhes neste trabalho. Caso venha ser permitida para uso privado, ela pode ser uma boa opção para extensão da rede local em grandes USs e SEs.

A grande vantagem das redes de dados sem fio é a possibilidade de acesso a múltiplos serviços que é uma característica da plasticidade das tecnologias do mundo IP. Para fins de comunicação de pátio, essas tecnologias permitem estender as redes locais para os pátios e permitir às equipes de operação e manutenção acesso aos bancos de dados dos sistemas operacionais utilizados nas inspeções e corretivas citadas no item 2.1. Estas tecnologias também permitem aplicações para voz, baseados na tecnologia VoIP que está se difundindo mundialmente e poderia perfeitamente ser utilizada para suprir a necessidade de voz nos pátios, a partir de um dispositivo de *laptop* ou *palmtop*, ou um telefone Wi-Fi. Neste caso, a aplicação funcionaria como uma tecnologia de telefonia comum, usuário a usuário, permitindo facilidades semelhantes como conferência e envio de mensagens. Por outro lado, estudam-se no mercado aplicações específicas que funcionem na forma *push-to-talk* que permitirá também comunicações de grupo. Assim, estes sistemas possibilitam comunicações do dois tipos mencionados.

A tecnologia WLAN está já consolidada, com uso crescente, geralmente em ambientes *indoor*. No próximo item, mostraremos que FURNAS testou esta tecnologia em seus ambientes industriais com resultados positivos. A potência máxima de cada AP é 100 mW, como também a do usuário. A taxa cai com a distância. Sistemas irradiantes podem ser utilizados para aumentar a potência. É possível alcançar distância com comunicação até 300 metros em espaço livre para comunicação na taxa de 1 Mbit/s. Com sistema irradiante esta distância pode chegar a 1 km. Para espaços interiores, o sistema é sensível a obstáculos.

O custo de um AP tem caído bastante com o desenvolvimento e a disseminação do uso, existindo exemplares residenciais de menos de R\$ 200,00. O preço médio de um AP para uso industrial é cerca de R\$ 1000,00. A nova tecnologia derivada *WiMesh* utiliza APs que têm também capacidade de roteamento, mas possui preços mais elevados. Assim, o impacto maior nos custos de um sistema será dos dispositivos utilizados pelos usuários que, por sua diversidade, não podem ser mensurados. Para estes, estão sendo disponibilizados dispositivos robustos para uso industrial, que apresentam preços 3 vezes maior que os terminais convencionais.

Uma preocupação corrente dessas tecnologias é a questão da segurança, que tem sido superestimada. Novos protocolos de segurança e códigos de criptografia têm surgido, como o WPA2, que resolvem satisfatoriamente este problema. Técnicas de confinamento de RF também podem ser aplicadas para não haver vazamento de sinal dos APs.

Suas Vantagens: (+) Preço médio por AP; (+) Multiplicidade de aplicações (voz, vídeo e dados); (+) Terminais robustos; (+) Permite função de localização de usuários; (+) É tendência de evolução tecnológica. Desvantagens: (-) Preço alto por dispositivos de usuários; (-) Cobertura pequena em interiores.

## 4.0 - A EXPERIÊNCIA DE FURNAS

### 4.1 Telefonia fixa

Todas as unidades industriais de FURNAS têm telefonia fixa em seu pátio. Verifica-se, em geral, uma má qualidade de comunicação com ruído intenso, prejudicada pela interferência eletromagnética, porém sem inabilidade. Novas unidades continuam sendo providas de telefones fixos, mas em quantidades menores, apenas para funções de emergência. Áreas internas de usinas também têm telefonia, mas muitas vezes esta comunicação é prejudicada pela distância de acesso (as galerias são longas), como pelo ruído ambiente que torna difícil a

comunicação. Apesar desses fatos, as equipes operativas e mantenedoras continuam considerando esta opção importante, uma vez que nem todos os usuários são providos de alternativas móveis.

#### 4.2 Telefonia sem fio

Telefones sem fio foram implantadas em várias localidades de FURNAS. Na maioria dos casos, a compra foi realizada pelas próprias áreas regionais devido ao baixo custo da solução. Porém, este custo foi relativo, uma vez que houve limitação no número de usuários. Aparelhos da marca SENAO foram adquiridos e sua principal vantagem foi o alcance de cobertura. Entretanto, os aparelhos foram considerados muito frágeis, apresentando problemas em alguns elementos, como antena e bateria. Este último resultou em problemas graves que em alguns casos inviabilizou a renovação do sistema. O aparelho de comunicação também foi considerado frágil e pouco apropriado para uso industrial. Recentemente, houve a informação que o produto normalmente utilizado (SN-920) foi descontinuado e é difícil encontrar novos fornecedores. Como dificuldade extra, há vários exemplares falsificados circulando no mercado. O produto foi substituído por uma solução na faixa de 300 MHz, que possui um alcance superior, porém não está homologado pela ANATEL.

#### 4.3 DECT

FURNAS tem experiência reduzida com a tecnologia DECT. Para a Usina de Marimondo foram adquiridas 3 ERBs e 8 aparelhos terminais do fabricante da Central Telefônica Siemens. Esta pequena experiência acabou tendo um resultado negativo: 2 das 3 ERBs foram colocadas no pátio de manobras e queimaram. Dentro da garantia, foram enviadas para reparo e ainda não retornaram. Apenas uma ERB, colocada no prédio administrativo continua em operação. Os terminais foram considerados inapropriados para uso industrial por sua fragilidade. Testado nas galerias internas da Usina, o aparelho não permitiu comunicação audível, pois seu volume era superado pelo ruído ambiente. Solicitada a prover um dispositivo para permitir comunicação com níveis altos de ruído sonoro, a Siemens informou ser necessário um *upgrade* do modelo do terminal que seria bastante custoso. Outra observação é que as coberturas das ERBs foram consideradas muito pequenas.

Esta experiência negativa não deve, *a priori*, invalidar o uso dessa tecnologia. Na avaliação deste caso, observou-se que não houve um planejamento para introdução da tecnologia, nem um levantamento mais detalhado da área a ser coberta. A compra foi feita pela própria área regional, sem uma expectativa de investimento de expansão. Também não se soube distinguir os usos da tecnologia, como o administrativo e o industrial. Finalmente, o suporte técnico do fabricante não foi o adequado. Sabe-se que a empresa Itaipu Binacional teve uma implantação bem sucedida desta tecnologia, sendo reconhecida internacionalmente como um caso de sucesso, como demonstra o trabalho apresentado no XVIII SNPTEE (Finco, 2005). Foram adquiridas 252 ERBs e cerca de 560 terminais portáteis do fabricante Philips, configurando o maior sistema do mundo nesta tecnologia. Neste caso, como relatado no IT, houve um minucioso trabalho de levantamento de campo.

#### 4.4 Rádio UHF

A partir do ano de 1995, foram implantadas em 8 localidades de FURNAS estações repetidoras de UHF para cobertura do pátio de manobras. Foram utilizados rádios Motorola e a estação possuía uma conexão com a central telefônica. O resultado foi positivo, mas ocorreram alguns problemas. A primeira questão surgiu nos pátios em usinas, em que os usuários desejaram se comunicar em áreas internas das casas de força e das barragens, porém sem sucesso e questionaram a qualidade do sistema que estava previsto para cobertura apenas de áreas externas. Para estender para áreas internas a cobertura eram necessárias soluções mais dispendiosas, como a utilização de cabos coaxiais irradiantes que naquela época estavam com um custo proibitivo. Não houve orçamento para isso e a cobertura passou a ser considerada apenas parcial, dificultando para as usinas a aceitação do sistema. Outro problema é que para as áreas internas o nível do ruído ambiente era muito grande dificultando a comunicação, pois os rádios não estavam preparados para tal. Além disso, eram poucos os fornecedores de rádios do fabricante desejado, e o processo de aquisição esbarrava em problemas licitatórios. Por último, não havia a possibilidade de formação de grupos, o que prejudicava as atividades em maiores SEs e Uss. Com isso, não houve nem renovação, nem expansão do sistema. No entanto, podemos considerá-lo como uma opção a ser pensada, sobretudo naquelas localidades menores que não precisam de repetidora e onde podem ser utilizados rádios portáteis de multicanais com multigrupos. Em localidades maiores, os grupos podem ser utilizados, mas haveria apenas um grupo geral para comunicação em maiores distâncias. Cabos irradiantes podem ser usados para coberturas internas, uma vez que esses cabos caíram de custo em cerca de 20% com o uso crescente na tecnologia de telefone celular.

#### 4.5 Rádio Troncalizado

FURNAS implantou recentemente sistemas troncalizados em 3 de suas unidades industriais (SE de Foz do Iguaçu, Usinas de Itumbiara e L.C.Barreto) e implantará ainda este ano na Usina de Corumbá. Foram sistemas do fabricante SmarTrunk que não utilizam canais de controle exclusivos para seleção do canal. Esta é feita através de varredura de canais (*scanning*) nos próprios rádios portáteis. Como mencionado no item 3.5, esta solução tem um preço bastante vantajoso com relação à troncalizada tradicional. Nas 3 localidades foram utilizados uma estação de repetidoras para 3 canais, 20 rádios portáteis em Foz e em Itumbiara e 32 em L.C.Barreto.

A novidade de FURNAS foi a diferença das soluções para a cobertura das áreas internas das usinas. Na usina de Itumbiara foi utilizada uma solução de cabos coaxiais irradiantes presos nos tetos e passagens da galeria (Figuras 1 e 2). Na usina de L.C. Barreto, utilizou-se a técnica de *array* de antenas de repetição internas, sendo o sinal

conduzido por cabos coaxiais das áreas externas para as áreas internas (Figura 3). São necessárias 2 a 4 antenas para cobertura de uma galeria interna. As duas soluções permitem cobertura satisfatória, sendo a solução do cabo irradiante a que produziu a melhor cobertura. Em contrapartida, seu custo foi mais elevado.



Figura 1 – Estação SmarTrunk de 3 canais em Itumbiara



Figura 2 – Cabo coaxial irradiante passando no teto da galeria em Itumbiara



Figura 3 – Antena de repetição interna em L.C. Barreto

Ainda não houve um retorno com relação às funcionalidades e qualidade dos sistemas devido ao pouco tempo de uso dos operadores.

#### 4.6 WLAN

FURNAS não possui nenhum sistema WLAN instalado em suas unidades industriais, porém no biênio 2003/2004 realizou junto com a Fundação CPqD um projeto de P&D sobre “Sistemas sem fio para pátios de SEs”, cujos resultados foram apresentados no XVIII SNPTEE (Preger, 2005). Este P&D realizou testes experimentais utilizando APs nos pátios das SEs de Tijuco Preto e de Ibiúna para estudar o comportamento do sinal nas condições eletromagnéticas de pátios durante a execução de manobras, como abertura e fechamento de chaves seccionadoras e disjuntores, que emitem grande quantidade de espúrios (ruídos) no ar. Os testes apresentaram resultado positivo, tendo sido definidas distâncias mínimas de proteção que isolavam o dispositivo portátil emissor de qualquer efeito eletromagnético indesejado. Para chaves, esta distância é de 25 metros e, para disjuntores, 10m. Os testes também mostraram ser a frequência de 2,4 GHz a mais apropriada em função da área de cobertura.

Como seqüência a este projeto de pesquisa, FURNAS realizará na SE de Ibiúna, em agosto de 2007, a primeira implantação de um sistema WLAN para pátio de manobra na forma de um projeto-piloto, num empreendimento em conjunto com a NEC e o CPqD. A NEC irá ceder sem ônus os equipamentos para os testes, enquanto a Fundação CPqD irá realizar testes de qualidade e produzir um relatório de validação. Serão instalados 6 APs cobrindo o pátio de manobra em frente à sala de controle e 2 Aps cobrindo as áreas internas do prédio administrativo. Também serão utilizados dispositivos portáteis de “coletores de dados” industriais para as equipes de manutenção/operação. Funcionalidades de acesso a banco de dados, de voz (VoIP) e vídeo serão também utilizadas durante os testes. O projeto-piloto objetiva se tornar um “Caso de sucesso” que possa ser replicado em outras unidades industriais da empresa.

#### 5.0 - CONCLUSÕES

Do exposto, pode-se chegar a algumas conclusões:

- Há tendência da telefonia fixa ser substituída completamente por soluções móveis em áreas de pátios;
- A telefonia sem fio encontra dificuldades de evoluir;
- A tecnologia DECT tem custo bastante elevado e não deve evoluir tecnologicamente;
- A solução de rádio UHF é uma boa solução para pequena demanda de tráfego e está evoluindo tecnologicamente;
- A tecnologia troncalizada torna-se aplicável para uma pequena demanda de tráfego com o uso do SmarTrunk, embora deve ser avaliada junto com a solução rádio UHF, que é mais econômica;
- WLAN é a tendência do futuro para aplicação convergente de voz, dados e vídeo. Os testes programados em FURNAS serão muito importantes para qualificação desta alternativa.

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) PREGER, Guilherme de Figueiredo et al. "Estudo e definição de Redes Locais sem fio para aplicação em pátios de subestações e usinas de energia elétricas". XVIII SNPTEE, Curitiba, 2005.
- (2) FINCO, Eli Marcos et al. "Telefonia Móvel Restrita (TMR). Comunicação sem fio na área industrial de Itaipu". XVIII SNPTEE, Curitiba, 2005.
- (3) RESOLUÇÃO 455, "Regulamento sobre canalização e condições de uso de radiofrequências nas faixas de 400 MHz, 800 MHz e 900 MHz para o serviço móvel privativo (SLMP) e serviço móvel especializado". ANATEL, 18/12/2006.

## 7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Guilherme de Figueiredo Preger

Nascido no Rio de Janeiro, RJ em 11 de outubro de 1966

Mestrado (1993) e Graduação (1990) em Engenharia Elétrica: PUC-Rio de Janeiro e CETUC.

Empresa: FURNAS Centrais Elétricas, desde 1994

Engenheiro da Divisão de Estudos e Planejamento em Telecomunicações, responsável pelo planejamento de sistemas de dados, telefonia e rádio. Tem apresentado trabalhos para este seminário desde 2001, no XVI SNPTEE.

Fernanda de Souza B. T. Campos

Nascida no Rio de Janeiro, RJ, em 04 de junho de 1981

Pós-Graduação (2005) e Graduação (2004) em Engenharia Elétrica: UERJ

Empresas: Alcatel Telecomunicações S/A (2001-2003), Ericsson (2004-2005)

FURNAS Centrais Elétricas, desde 2005

Engenheira da Divisão de Estudos e Planejamento em Telecomunicações, responsável pelo planejamento de sistemas de dados, telefonia e rádio.