

COMPARTILHAMENTO DA REDE DE RADIOCOMUNICAÇÃO TRONCALIZADA DA POLÍCIA MILITAR DE MINAS GERAIS COM OS DEMAIS ÓRGÃOS DO SISTEMA DE DEFESA SOCIAL

ADILSON DE OLIVEIRA PRADO

Major da PMMG e Engenheiro de Telecomunicações

CRISTIANO TORRES DO AMARAL

3º Sargento da PMMG, Especialista de Comunicações

Resumo: Os órgãos de Defesa Social do Estado de Minas Gerais para cumprir sua missão constitucional necessitam utilizar redes de radiocomunicações que possibilitem eficiência, eficácia e segurança de suas operações. No entanto, percebe-se que os meios de comunicações utilizados em determinadas operações de segurança não permitem um trabalho coordenado e compartilhado entre essas forças. Em função disso, pergunta-se: até que ponto as redes de radiocomunicações utilizadas pelos diversos órgãos de Defesa Social são seguras, com a garantia do sigilo no tráfego das informações, e no caso de operação conjunta, podem ser compartilhadas? Existe alguma tecnologia ou padrão em radiocomunicação que permita esse compartilhamento? Para elucidar esta questão, este artigo apresenta os fatores relevantes para adoção de um padrão em tecnologia de radiocomunicação troncalizada digital para emprego comum pelas instituições que compõem o Sistema de Defesa Social em Minas Gerais: Polícia Civil, Polícia Militar, Corpo de Bombeiro e Centro de Operações Penitenciária. Neste sentido, são apresentados os conceitos utilizados neste projeto, que tem como premissa a garantia da segurança e a interoperabilidade das redes de radiocomunicações. O projeto em questão propõe adotar uma tecnologia que permita o compartilhamento dos serviços disponibilizados pela rede de radiocomunicações troncalizada da Região Metropolitana de Belo Horizonte, a qual foi integrada, com a criação de uma infraestrutura adequada que possibilitou a efetiva interação e interoperabilidade de todo o Sistema de Defesa Social no Estado.

Palavras-chave: Radiocomunicações, Rádio Troncalizado.



Compartilhamento da rede de radiocomunicação troncalizada da Polícia Militar de Minas Gerais com os demais órgãos do Sistema de Defesa Social

1 INTRODUÇÃO

As polícias brasileiras fazem uso de diferentes tecnologias para implementação de suas redes de radiocomunicações, nas quais se ressaltam os sistemas analógicos convencionais. Essas redes, cujo parque tecnológico foi inicialmente instalado no decorrer da década de 70, que mesmo com os investimentos nos anos subsequentes, apresentam-se frágeis e vulneráveis. Neste período, o cidadão comum tinha um acesso restrito aos equipamentos de radiocomunicações, e poucas pessoas conheciam os fundamentos da tecnologia que norteia as radiocomunicações na faixa de radiofrequências denominada *Very High Frequency* (VHF).

No entanto, o desenvolvimento tecnológico das últimas décadas proporcionou inúmeros avanços na microeletrônica e, conseqüentemente, nas telecomunicações. Na atualidade, é possível deparar-se com equipamentos eletroeletrônicos capazes de disponibilizar o acesso a diferentes redes de telecomunicações em distintas modalidades. Tais equipamentos podem ser facilmente adquiridos por meio da rede mundial de computadores, e tudo isso dentro da legalidade, tanto pelo cidadão comum, que utiliza os equipamentos para *hobby*, quanto por grupos criminosos, para escuta indevida das comunicações das polícias brasileiras. São inúmeras as páginas da *Internet* especializadas na comercialização de equipamentos para radioamadores, mas que possibilitam também a escuta das comunicações das redes analógicas utilizadas pelas instituições de Segurança Pública no país.

Além dessa fatídica realidade, as instituições de segurança e proteção da sociedade também almejam o compartilhamento dos serviços de telecomunicações. Por exemplo, em casos de calamidade pública ou desastres, torna-se imprescindível o trabalho conjunto de todos os Órgãos que compõem o Sistema de Defesa Social de uma localidade. Neste sentido, a carta *magna* designa essa responsabilidade às Forças Policiais e Corpos de Bombeiros, cada um com a sua atribuição específica, mas com um objetivo comum: manter e zelar



Adilson de Oliveira Prado & Cristiano Torres do Amaral

pela paz social. Logo, o compartilhamento dos serviços de telecomunicações é estratégico para o emprego conjunto das Forças de Defesa Social de um país. As redes de radiocomunicações apresentam-se como um caso particular, mas de fundamental importância para o exercício das atividades dessas instituições. Isso porque as mensagens devem trafegar pelas redes de rádio dessas forças de modo inviolável, íntegro e confiável, com o menor custo possível para o Estado. Trata-se de mais uma ferramenta que essas instituições terão acesso para trabalho, possibilitando aos respectivos comandantes o total controle de suas operações.

No entanto, para implantação desses sistemas, o investimento é muito elevado, onerando significativamente o Estado. Contudo, a redução dos custos de investimento e operação pode ser alcançada a partir do compartilhamento dos serviços disponibilizados pelas redes de radiocomunicações. Esse compartilhamento é obtido a partir da interoperabilidade das redes de radiocomunicações.

O compartilhamento dos serviços de radiocomunicações não é uma novidade nos países europeus e da América do Norte. Na década de 70, a Associação dos Oficiais de Comunicações dos Estados Unidos (APCO) propôs a adoção de redes de radiocomunicações troncalizadas, cuja principal característica técnica é permitir a alocação dinâmica dos canais de conversação em função do fluxo de mensagens em redes distintas.

Alguns anos mais tarde, a Comissão Federal de Comunicações (FCC) daquele país criou o projeto de integração das Forças de Defesa denominado SAFECOM. Nesse projeto, a FCC e os órgãos de Defesa estadunidenses definiram regras e procedimentos para aquisição de equipamentos de radiocomunicações que sejam fundamentalmente interoperáveis. Essa característica possibilitou o compartilhamento dos serviços de rede ofertados aos diferentes Órgãos de Defesa daquela nação, consagrando internacionalmente o código telefônico de emergência “911”.

No Brasil, não deveria ser diferente, o Estado deve buscar novas soluções em radiocomunicações, de modo a implementar



Compartilhamento da rede de radiocomunicação troncalizada da Polícia Militar de Minas Gerais com os demais órgãos do Sistema de Defesa Social

inovações tecnológicas na busca de maior eficiência nas suas atividades. Desse modo, é possível aumentar os recursos de proteção da sociedade com o menor custo possível. Para tanto, destacam-se as tecnologias digitais de radiocomunicações como soluções para o segmento de Segurança Pública.

A digitalização das comunicações dificulta a interceptação das mensagens, bem como facilita o processo de compartilhamento dos serviços da rede. Isso é obtido a partir da segmentação das mensagens em blocos de dados, que são misturados por meio de uma sequência lógica que apenas o emissor e destinatário conhecem, e depois enviados por meio de redes comuns. A criptografia é apenas um dos opcionais de uma rede de radiocomunicações digital, que pode ainda propiciar outras soluções inteligentes para as atividades de Segurança Pública, tal como o envio de dados de logradouros ou cadastros de infratores.

Neste sentido, a Polícia Militar de Minas Gerais (PMMG) promove a reestruturação de sua infraestrutura de radiocomunicações no Estado, por meio da digitalização de suas principais redes de comunicações, com o objetivo de alcançar maior segurança em suas comunicações, além de propiciar as condições técnicas necessárias para seu compartilhamento.

2 CRIANDO A INFRAESTRUTURA PARA COMPARTILHAMENTO

A PMMG possui uma Diretoria de Tecnologia e Sistemas (DTS) responsável pela gerência dos recursos e serviços de telecomunicações na instituição. Por sua vez, o Centro de Tecnologia em Telecomunicações (CTT) é o órgão responsável pela execução dos projetos de telecomunicações. O CTT disponibiliza os recursos logísticos e humanos necessários para a utilização dos serviços de comunicações da Corporação no policiamento ostensivo nos municípios mineiros. Contudo, é a Assessoria de Telecomunicações do Estado-Maior da PMMG que desenvolve estudos estratégicos para implementação a curto, médio e longo prazo neste segmento

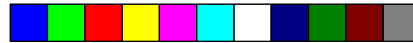
tecnológico. Esta Assessoria é composta de uma equipe técnica de engenheiros e especialistas em telecomunicações que elaboram projetos e definem métricas para avaliação institucional.

Diante da demanda por serviços integrados de comunicações pelos Órgãos de Defesa Social no Estado de Minas Gerais, o Estado-Maior da PMMG, por meio de sua Assessoria de Telecomunicações, realizou uma análise de cenário e conjuntura técnica e propôs a implementação de ações que visem à modernização das redes de radiocomunicações, bem como a sua adequação para integração de recursos e serviços de telecomunicações. Em um desses estudos, essa Assessoria institucional apresentou um projeto de que almeja a modernização da infraestrutura de radiocomunicações da instituição, bem como a viabilização de seu possível compartilhamento com os demais Órgãos de Defesa Social no Estado.

TABELA 1
ESTRATÉGIAS E METAS DE COMPARTILHAMENTO

Período	Estratégia	Medida Adotada	Meta
2004	Adequar o sistema atual de atendimento e despacho de viaturas às novas exigências da sociedade.	Adequação dos <i>Gateways</i> telefônicos e rádio com a expansão da Central Telefônica “190” e aquisição de um enlace de microondas interligando os sítios de repetição com centro de coordenação e controle	Redução no tempo de resposta às ocorrências
2005	Atualização das repetidoras que integram o sistema troncalizado da Região Metropolitana de Belo Horizonte	<i>Upgrade</i> de <i>firmeware</i> e <i>hardware</i> Aquisição de novos repetidores e controladores Aquisição de novas <i>interfaces</i>	Descongestionamento das redes convencionais
2005/ 2006	Compartilhamento da infraestrutura de teleatendimento e despacho	Aquisição de consoles de despacho digitais e <i>interfaces</i> para operação em um centro integrado de coordenação e controle no Quartel de Comando-Geral da PMMG com a participação da Polícia Civil e Corpo de Bombeiros	Integração com os Órgãos de Defesa Social

Fonte: Plano Estratégico da PMMG 2004/2007 e processos licitatórios disponíveis no endereço eletrônico www.licitanet.mg.gov.br



Compartilhamento da rede de radiocomunicação troncalizada da Polícia Militar de Minas Gerais com os demais órgãos do Sistema de Defesa Social

Assim, o projeto se iniciou com a reestruturação do parque tecnológico instalado, o qual passou a oferecer o suporte necessário às redes de comunicações existentes. Em seguida, essa infraestrutura foi dotada de recursos que permitiram seu compartilhamento. E por fim, a gestão integrada dos recursos e serviços utilizados.

Logo, este projeto teve por objetivo geral a modernização dos sistemas de radiocomunicações da PMMG e a sua viabilização técnica para integração com os demais Órgãos do Sistema de Defesa Social no Estado, tendo ainda como objetivo específico a reestruturação e modernização da rede de radiocomunicações troncalizada digital existente na Região Metropolitana de Belo Horizonte, bem como a expansão do parque tecnológico de maneira que fosse possível seu compartilhamento.

3 COMPARTILHAMENTO DOS SERVIÇOS

O termo compartilhamento está associado com interoperabilidade, que genericamente é relacionado com a capacidade de operação mútua, comum, integrada, de equipamentos e sistemas distintos. Neste sentido, a interoperabilidade plena entre sistemas de comunicações ocorre quando os serviços ofertados entre redes diferentes são compartilhados por suas entidades sem obstáculos¹. Isso significa dizer que a comunicação entre as entidades das redes deve ser transparente, respeitando-se as regras e hierarquias definidas para cada sistema, de modo a funcionarem totalmente interconectadas. Por definição, entende-se como interconexão:

A ligação entre redes de telecomunicações funcionalmente compatíveis, de modo que os usuários de serviços de uma das redes possam comunicar-se com usuários de serviço de outra, ou acessar serviços nelas disponíveis. (Glossário Brasileiro de Direito das Telecomunicações, 2006, p. 50)

¹ JESZENSKY, 2004, p. 272.



Adilson de Oliveira Prado & Cristiano Torres do Amaral

Em sistemas de radiocomunicações, a interoperabilidade das estações pode ser avaliada de acordo com o nível de integração entre redes distintas. Por exemplo, dois terminais de redes diferentes que desejam compartilhar recursos de comunicação, sendo um desses no padrão Projeto 25, operando na faixa de 800MHz, e o outro Tetrapol², em 400MHz. Nesta configuração, não existe nenhuma comunicação entre redes, uma vez que cada terminal opera em modo e faixa distintos. A *interface* aérea não possibilita a interconexão das redes. No entanto, caso o administrador deseje integrar as comunicações dessas redes e compartilhar todos os seus recursos entre as estações, ele deverá implementar soluções que possam contornar as diferenças técnicas existentes em cada padrão e promover a interoperabilidade dessas redes.

Nos Estados Unidos, os órgãos de segurança, principais usuários dessas redes, se reuniram e criaram um programa de análise de compatibilidade e interoperabilidade dos sistemas de radiocomunicações. Esse programa foi denominado SAFECOM e encontra-se disponível no endereço eletrônico www.safecomprogram.gov. Esse programa sugere diferentes níveis de interoperabilidade para redes de radiocomunicações, sejam essas convencionais ou troncalizadas. Considerando os critérios de avaliação da SAFECOM, a Tabela II apresenta o atual grau de interoperabilidade da rede de radiocomunicação da PMMG, a qual recebeu investimentos para digitalização e compartilhamento nos últimos anos.

² Marca registrada para designação de tecnologia de rádio digital desenvolvido por um grupo de empresas associadas. Informações técnicas detalhadas disponíveis no endereço eletrônico www.tetrapol.org.

Compartilhamento da rede de radiocomunicação troncalizada da Polícia Militar de Minas Gerais com os demais órgãos do Sistema de Defesa Social

TABELA 2

GRAU DE INTEROPERABILIDADE REDE TRONCALIZADA DA PMMG

Nível	Característica Técnica	Descrição
6	Plena compatibilidade de gerenciamento e operação	Em fase de implantação, com projetos de expansão dos sítios de repetição e atualização de <i>software</i>
5	Operação em modo “visitante” (<i>ROAMING</i>) com serviços parcialmente disponibilizados	Resultado obtido em 2004/2005 com a instalação de consoles digitais para Polícia Civil e Corpo de Bombeiros
4	Redes integradas por consoles de despacho a 4-fios (TX/RX)	Nível superado no início da década de 90
3	Canais de radiofrequências comuns, mas com características diferentes das redes de origem	Não se aplica na atual configuração do sistema
2	Comunicação em modo direto apenas entre os terminais	
1	Nenhuma comunicação entre redes, os terminais não instalados de acordo com a tecnologia	

Fonte: Adaptado de “*Statement of requirements for Public Safety wireless communications & interoperability*”, SAFECOM, 2006.

Logo, a interoperabilidade nos sistemas de radiocomunicações que adotam padrões proprietários ou abertos está vinculada à utilização de *interfaces* comuns para integração. As soluções encontradas poderão apresentar diferentes níveis de interoperabilidade, que podem variar desde um simples compartilhamento parcial de infraestrutura até a total transparência na troca de informações entre redes. Na PMMG, a infraestrutura foi projetada de modo seja possível alcançar o mais alto nível de compartilhamento e interoperabilidade.



Adilson de Oliveira Prado & Cristiano Torres do Amaral

4 REDES DE RADIOCOMUNICAÇÕES TRONCALIZADAS DIGITAIS

A União Internacional de Telecomunicações (ITU) adota o seguinte conceito para equipamento de rádio que emprega técnica de modulação digital:

“Equipamento que possa modular alguma característica de uma onda eletromagnética portadora, seja sua frequência, fase, amplitude ou combinação destas, em função de um sinal constituído de pulsos codificados ou de estados derivados de informação quantizada.”
[Adaptado da Recomendação ITU - 573-4 – Vocabulário Internacional de Telecomunicações]

A Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), por meio de sua publicação *Glossário Brasileiro de Direito das Telecomunicações*, conceitua ainda o processo de modulação, acesso e transmissão digital de modo semelhante, mas acrescenta as tecnologias que possam realizar os Serviços de Comunicação Multimídia (SCM) por meio de sinais de áudio, vídeo, dados, voz, imagens, textos e outras informações de qualquer natureza que estejam digitalizadas.

No sistema convencional, cada canal de radiofrequências é alocado de maneira exclusiva para estações digitais definidas. Assim, caso não ocorra à comunicação entre as estações, o canal alocado no espectro de radiofrequência permanece ocioso. Por sua vez, a tecnologia *trunking* otimiza o processo de comunicação por rádio digital, pois permite a gestão eficiente dos canais de comunicação no meio de transmissão. Isso ocorre porque o sistema *trunking* adota uma metodologia que administra o espectro de radiofrequências em função da demanda por canais de comunicação. Nesse sistema, existe um controle de canais, e cada um deles é alocado em função da demanda das estações, sem nenhuma exclusividade.

A filosofia do sistema *trunking* é semelhante à tecnologia adotada em centrais telefônicas, onde inúmeros ramais são comutados para troncos de linhas de entrada e saída de acordo com a demanda



Compartilhamento da rede de radiocomunicação troncalizada da Polícia Militar de Minas Gerais com os demais órgãos do Sistema de Defesa Social

por acesso dos ramais. Contudo, o rádio troncalizado utiliza os canais de radiofrequências como troncos para disponibilizar o acesso para as diversas estações de rádio que integram esse sistema de comunicação.

Portanto, esse método permite maior sigilo nas comunicações, uma vez que as mensagens são alocadas de maneira pseudoaleatória em canais de radiofrequências distintas. Essa complexidade dificulta as escutas e interceptações das mensagens, pois a estação receptora deve acompanhar as mudanças de canais de acordo com a gerência eletrônica do sistema. A alocação dinâmica dos canais ocorre a cada contato entre as estações, independentemente do último canal utilizado, por meio do envio de um sinal de controle.

Para tanto, o sistema *trunking* é planejado de acordo com o número de estações que integram a rede de comunicação, de maneira que possam ser definidos os prováveis tráfegos requeridos e escoados. Neste planejamento, a intensidade de tráfego pode ser definida em função do volume de tráfego no tempo (Unidade Erlang/ERL).

Deve-se ressaltar ainda que o sistema troncalizado pode alocar nos canais de radiofrequências mensagens em modo analógico ou digital. Assim, a técnica de modulação empregada pode otimizar de modo mais significativo o método *trunking* de radiocomunicação. Dessa forma, o acesso múltiplo das estações também pode ocorrer, em diferentes modalidades, seja por Acesso Múltiplo por Divisão de Frequências (FDMA), Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo (TDMA) ou Acesso Múltiplo por Divisão de Código (CDMA). No entanto, tais tecnologias não são definidas de modo amplo e abertas, pelo contrário, a metodologia empregada para modulação e/ou acesso varia de acordo com o padrão de rádio digital *trunking* adotado.

Existem inúmeros padrões de rádio troncalizado, sejam em modo analógico ou digital. Contudo, os padrões digitais destacam-se sobre os padrões analógicos por disponibilizar recursos de criptografia e tráfego, dados que valorizam essa tecnologia em relação aos formatos



Adilson de Oliveira Prado & Cristiano Torres do Amaral

analógicos. Por sua vez, o padrão Projeto 25 (P25) evidencia-se dentre os demais padrões de rádio *trunking* digital, uma vez que está presente em diferentes partes do mundo, inclusive no Brasil.

O P25 está presente em vários Estados brasileiros, em utilização por diferentes Forças de Defesa, em destaque nas comunicações dos órgãos policiais das grandes metrópoles, tal como ocorre em Belo Horizonte. Na Região Metropolitana da capital mineira, existe uma rede P25 da PMMG em operação, na faixa de 800MHz, a qual foi objeto de expansão e investimentos constantes do Estado. Assim, o compartilhamento dessa infraestrutura apresenta-se de modo estratégico para a sociedade.

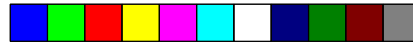
4.1 Padrão APCO Projeto 25

4.1.1 Histórico

Em 1974, a faixa de 900MHz nos Estados Unidos já se encontrava congestionada por estações de radiocomunicações do segmento de segurança pública. Para solucionar esse problema, a Comissão Federal de Comunicações (*Federal Communications Commission* – FCC), agência reguladora daquele país, propôs a implantação de soluções troncalizadas em 200 canais de radiofrequências nesta faixa do espectro radioelétrico³. Contudo, não foi definido um padrão de rádio troncalizado para essa finalidade.

No entanto, a Associação de Oficiais de Comunicações em Segurança Pública dos Estados Unidos (*Associated Public-Safety Communications Officers* – APCO), em conjunto com empresas de telecomunicações, iniciaram diferentes estudos técnicos para definição do padrão rádio troncalizado para os órgãos de segurança na América do Norte. Em 1978, dentre inúmeros estudos, foi concluído o Projeto 16, o qual teve estações de radiocomunicações instaladas para testes em diferentes cidades estadunidenses, tais como Miami, Los Angeles e Chicago.

³ KAVANAGH, 1978, p.2.



Compartilhamento da rede de radiocomunicação troncalizada da Polícia Militar de Minas Gerais com os demais órgãos do Sistema de Defesa Social

Nesse projeto piloto, as estações de rádio-base eram compostas de 5 estações repetidoras, operando em 10 canais de radiofrequências em modo *duplex*, na faixa compreendida entre 806 e 866MHz. Foi definida a largura de canal em 12.5kHz e espaçamento entre canais de 5MHz entre subida e descida. A modulação dos canais de voz era analógica, porém, os testes com canais digitais também se iniciaram naquele ano. Na rede de Chicago, foram instaladas 150 estações denominadas *Special Mobile Automated Remote Terminals* (SMART) para o tráfego de dados prioritários em ocorrências policiais. Na verdade, eram 3 linhas de informações básicas, como endereço, telefone e o nome da pessoa contato, para que as viaturas pudessem se deslocar para o local de chamada com maior agilidade⁴.

Esse projeto evoluiu e seu padrão foi registrado na Associação da Indústria de Telecomunicações (*Telecommunications Industry Association* - TIA) e na Aliança das Indústrias de Eletrônicos dos Estados Unidos (*Electronic Industries Alliance* – EIA). Esse projeto ficou conhecido como APCO 16 ou simplesmente Projeto 16. Os primeiros equipamentos foram comercializados pela empresa Motorola Inc., e por um longo período foi considerado como um padrão “*fechado*” de rádio troncalizado.

Poucos anos mais tarde, as demandas por tráfego de dados obrigaram a tecnologia digital a substituir as redes analógicas do Projeto 16. Tal como ocorreu no início, foram inúmeros estudos e o novo sistema recebeu a denominação de Projeto 25 (P25). A comercialização desse padrão se expandiu além das fronteiras dos Estados Unidos e é adotado atualmente em inúmeros países. As especificações técnicas do P25 estão descritas nos documentos da série TIA-102.

A documentação técnica do padrão P25 pode ser encontrada com facilidade em páginas de busca da *internet*, ou acessando as páginas da TIA, FCC ou do Instituto de Padronização Nacional

⁴ KARR, 1978, p.14.



Adilson de Oliveira Prado & Cristiano Torres do Amaral

Americano (*American National Standards Institute - ANSI*). Como exemplo, a publicação do documento BSR/TIA 102.AAC/2001, o qual descreve os requisitos técnicos para o tráfego de mensagens pelo canal de controle em uma rede P25.

4.1.2 Especificações Técnicas

O Projeto 25 pode ser subdividido em três fases de desenvolvimento, sendo denominadas Fase 0, 1 e 2⁵. Na Fase 0, o P25 procurou adequar suas especificações técnicas às *interfaces* aéreas de outros sistemas, em especial dos equipamentos analógicos, por meio de *Interfaces Aéreas Comuns (CAI)*. Por sua vez, a Fase 1 foi responsável pela integração e suporte de CAI em sistemas digitais que utilizam tecnologia de Acesso Múltiplo por Divisão de Frequências (FDMA) em canais de radiofrequências de 12.5kHz. A Fase 2, estágio atual do projeto, responde pelo funcionamento do sistema de modo integrado à redes FDMA, e também, para as redes com Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo (TDMA) em canais de radiofrequências de 6.5kHz.

Neste sentido, devem ser analisados os aspectos relevantes para integração entre redes para a Fase 1 e 2 do Projeto 25, uma vez que a última ainda não se encontra totalmente implementada no mercado global. Ressalta-se também a compatibilidade das fases superiores em relação às fases anteriores, incluídos neste caso o Projeto 16. Assim, uma infraestrutura P25 Fase 2 pode incorporar sítios de repetição que adotam a tecnologia das fases anteriores.

A faixa do espectro radioelétrico de operação P25 está compreendida entre 821-824/866-869MHz em canais *duplex*. Contudo, nos Estados Unidos já estão em operação equipamentos na faixa 700MHz, onde a FCC disponibilizou canais de radiofrequências para os órgãos de segurança pública⁶.

⁵ Project 25. *Statement of Requirements*. de 09/03/2006, p.11.

⁶ FCC - <http://wireless.fcc.gov/publicsafety/700MHz/> Acessado em 28/09/06.

Compartilhamento da rede de radiocomunicação troncalizada da Polícia Militar de Minas Gerais com os demais órgãos do Sistema de Defesa Social

A transmissão se inicia com a coleta do sinal de voz que é amostrado e codificado preliminarmente com técnica de modulação por código de pulsos (PCM), para depois ser entregue ao vocoder que emprega técnica *Improved Multiband Excitation* (IMBE) para compressão dos sinais de voz a 4.4kbts/s. Trata-se de um vocoder da empresa *Digital Voice System, Inc*⁷ (DVSI). Segundo a empresa DVSI, o IMBE possibilita uma taxa de compressão de até 7200bps em quadros de 20ms, com amostras dos sinais de voz apenas nas bandas do espectro com energia.

Em seguida, o vocoder IMBE entrega os *bits* ao codificador de canal que adiciona informações de sinalização e correção de erro, totalizando 9.6kbts/s de dados para transmissão. Para modulação da portadora no P25/Fase 1 é adotado o esquema *Compatible 4-Level Frequency Modulation* (C4FM), e P25/Fase 2 é o Chaveamento de Fase em Quadratura Diferencial (CQPSK), conforme disposto na Tabela III a seguir:

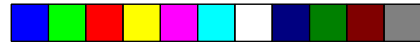
TABELA 3
ESQUEMA MODULAÇÃO DO PROJETO 25

Informação	Símbolo	Desvio de frequência C4FM	Mudança de Fase CQPSK
01	+ 3	+ 1.8kHz	+ 135°
00	+ 1	+ 0.6kHz	+ 45°
10	- 1	- 0.6kHz	- 45°
11	- 3	- 1.8kHz	- 135°

Fonte: Adaptado de Project 25. *Statement of Requeriments*. de 09/03/2006

A modulação C4FM é uma forma particular da modulação por Chaveamento de Fase em Quadratura (QPSK), na qual ao invés de

⁷ Página da internet <http://www.dvsinc.com/prj25.htm> Acessado em 30/09/06.



Adilson de Oliveira Prado & Cristiano Torres do Amaral

ser enviado um símbolo correspondente a um parâmetro puro de fase, este símbolo é representado por um desvio de frequência. Neste caso, cada conjunto de *bits* representado por um símbolo provoca uma variação de frequência determinada no sinal da portadora.

A modulação no P25/Fase 2 é feita por meio do método CQPSK, onde cada símbolo sucessivo é mudado em fase de seu predecessor em 45 graus, mas em canais 6.5 kHz. Neste processo, o transmissor modula a fase e simultaneamente modula a amplitude de portadora, reduzindo a largura do espectro ocupado, gerando o sinal modulado CQPSK⁸. A (Fig. 1) apresenta o diagrama em blocos dos moduladores C4FM e CQPSK:

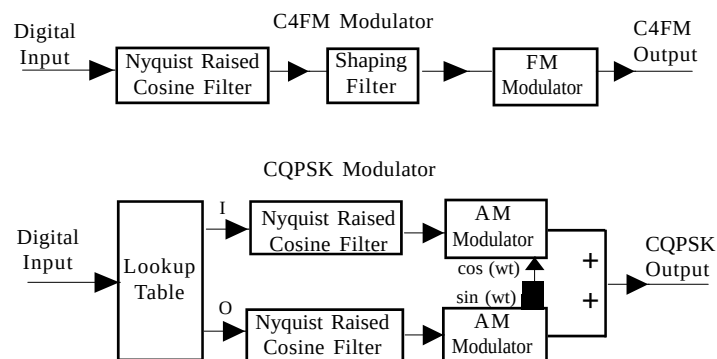


Figura 1. Diagrama em blocos dos moduladores C4FM e CQPSK.

Por sua vez, um demodulador de QPSK é capaz de receber tanto um sinal C4FM (Fase 1/FDMA) ou CQPSK (Fase 2/FDMA-TDMA). A primeira etapa do demodulador é um detector de modulação de frequência. Isto permite que um demodulador da Fase 1 seja capaz de receber os sinais em modo *Trunking* FM analógico, P25/Fase 1 C4FM ou P25/Fase 2 CQPSK. Assim, para migrar de uma rede para outra, basta atualizar o módulo transmissor da estação. O múltiplo uso do demodulador significa também que um receptor da Fase 1 pode receber sinais analógicos ou digitais. A (Fig. 2) ilustra o processo

⁸ TIA-102.CAAB-B Project 25 Recommendations C4FM/CQPSK Modulation.

Compartilhamento da rede de radiocomunicação troncalizada da Polícia Militar de Minas Gerais com os demais órgãos do Sistema de Defesa Social

recepção dos sinais C4FM e CQPSK:

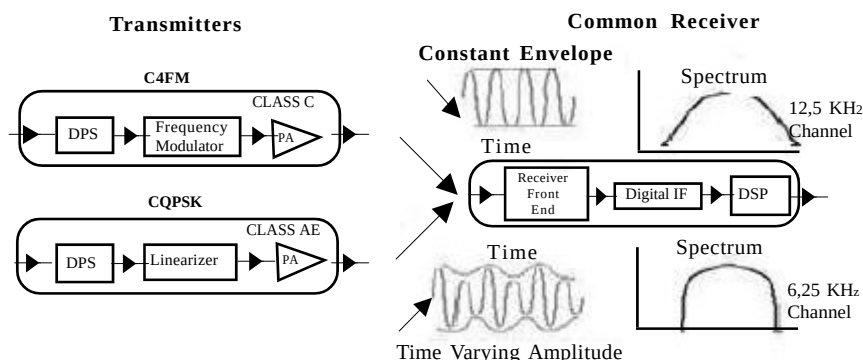
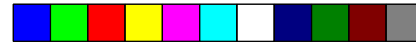


Figura 2. Receptor comum para P25 Fase 1 e 2.

Contudo, os terminais móveis P25/Fase 2 atualmente não estão sendo produzidos em larga escala, pois devem exigir amplificadores lineares de potência para que a componente de amplitude do sinal de CQPSK possa ser modulada. Mas as atuais tecnologias de baterias não estão suficientemente desenvolvidas para suprir o consumo de energia esperado para essa finalidade. Logo, os terminais móveis e portáteis poderão apresentar deficiências para operação em períodos tempo médios e longos⁹.

A compatibilidade entre as fases do P25 com as versões anteriores, e outros sistemas *Professional Mobile Radio* (PMR), é obtida por meio das técnicas de migração por compensação e/ou centralização. Isso é feito a partir da divisão dos canais de radiofrequências em tamanhos menores. Assim, os canais analógicos de 25 kHz podem ser divididos em dois canais digitais de 12.5 kHz. Com a migração por compensação, podem ser colocados dois canais de 12.5 kHz na mesma faixa do espectro onde existia previamente um canal de 25 kHz. Para tanto, os novos centros dos canais digitais de 12.5 kHz são compensados para 6.25 kHz do centro original do canal de 25 kHz. Para a migração com centralização, um dos novos canais

⁹ P25 Training Guide DVSI/Daniels Electronics, 2004, p.12 e ALVES, 2005.



Adilson de Oliveira Prado & Cristiano Torres do Amaral

digitais de 12.5 kHz é colocado no centro do canal original de 25 kHz. O outro canal digital de 12.5 kHz é compensado em 12.5 kHz do centro do canal original de 25 kHz. A Fig. 3 ilustra a alocação dos canais de radiofrequências P25 nos processos migração por compensação e centralização:

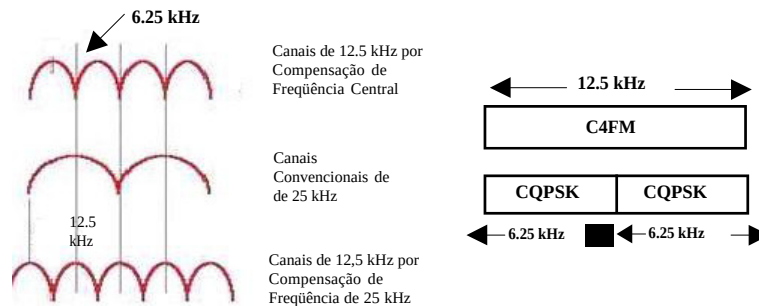


Figura 3. Adequação do canal analógico ao modelo digital.

Neste sentido, o P25 apresenta-se como um importante padrão de rádio digital troncalizado. Trata-se de uma tecnologia desenvolvida para o segmento de Segurança Pública com o apoio dos próprios usuários. Teve por base um princípio de tecnologia aberta, o qual permite o compartilhamento de infraestrutura.

A configuração e cobertura da rede de radiocomunicações integrada na Região Metropolitana de Belo Horizonte podem ser avaliadas na Fig. 4 a seguir, que apresenta um mapa de cobertura e diagrama de interligação das estações. Esse mapa foi desenvolvido a partir de estudos de cobertura e testes realizados pelo CTT/PMMG, considerando as especificações técnicas descritas anteriormente.

Compartilhamento da rede de radiocomunicação troncalizada da Polícia Militar de Minas Gerais com os demais órgãos do Sistema de Defesa Social

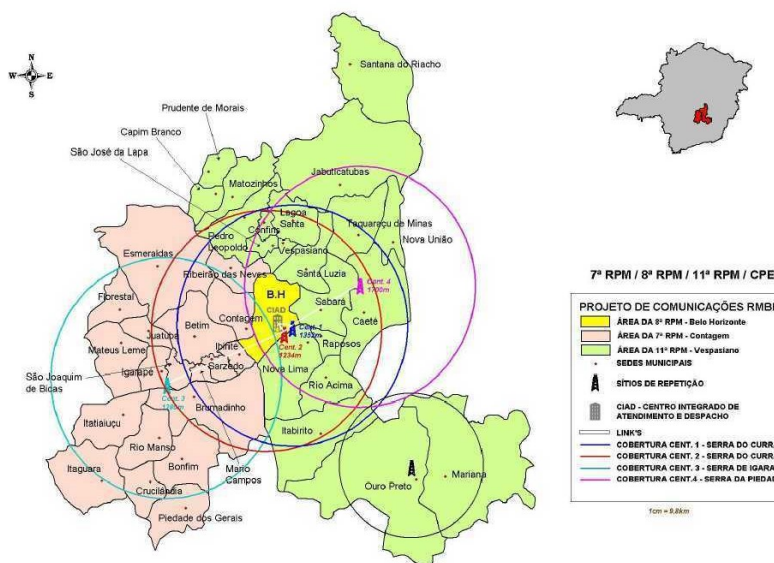


Figura 4. Mapa de cobertura da rede comunicações da PMMG.

Deve-se ressaltar ainda que a totalidade de cobertura da rede será obtida com a adoção de um esquema multi-sítios de repetição, o qual será instalado na próxima etapa do projeto. Nesse caso, os sítios de repetição serão interligados por *backbones* via rádio de microondas.

5 CONCLUSÕES

O projeto de integração tecnológica da rede de radiocomunicação troncalizada da PMMG com demais órgãos de Defesa Social no Estado está sendo implementado de maneira gradual. No entanto, já é possível constatar a operação conjunta das instituições de Defesa Social do Estado em um centro integrado de coordenação e controle.

Esse trabalho integrado foi possível devido à adoção de um padrão de radiocomunicações comum para as diversas instituições, bem como da expansão da infraestrutura instalada da PMMG. A descrição detalhada do padrão P25 sedimentou a argumentação conceitual necessária para justificar a sua adoção, uma vez que está sendo adotado de maneira ampla no mercado global de Segurança Pública.



Adilson de Oliveira Prado & Cristiano Torres do Amaral

Além disso, verifica-se que a adoção do padrão P25, no caso de Minas Gerais, apresenta-se de maneira significativa, uma vez que a infraestrutura básica já se encontrava instalada, por ocasião do Encontro das Américas, em 1992. Ainda assim, destaca-se que essa tecnologia de rádio digital é utilizada por grande parte das instituições de Segurança Pública nas Américas e Europa. Portanto, tal utilização em massa por esses órgãos possibilita o acesso aos equipamentos dotados com essa tecnologia por diferentes fornecedores, reduzindo consideravelmente os custos de implantação do sistema de comunicações. Logo, além da criptografia, os custos de aquisição, instalação e manutenção do sistema também são avaliados para eleger a tecnologia P25 como padrão de rádio digital troncalizado mais interessante tecnicamente. Contudo, mesmo que o formato P25 seja o mais adequado neste contexto, deve-se considerar ainda os avanços tecnológicos constantes, e por isso, ressaltar, no futuro, as inovações que possam ser criadas neste segmento.

Abstract: *The organs of Social Defense of Minas Gerais State to fulfill its constitutional mission require use of radio networks that enable efficiency, effectiveness and safety of its operations. However, we find that the means of communications used in some security operations can not work a coordinated and shared between these forces. As a result, the question arises: to what extent the radio networks used by the various organs of Social Defense are safe, with the guarantee of confidentiality of information in traffic and in the case of joint operation, may be shared? Is there any technology or standard in radio which allows the sharing? To elucidate this issue, this article presents the factors relevant to adoption of a standard technology for digital radio troncalizada for common use by institutions that make up the Social Protection System in Minas Gerais: Civil Police, Military Police, Fire & Center Operations Penitentiary. In this sense, are the concepts used in this project, which has as a premise to guarantee the security and interoperability of network radio. The project in question proposes to adopt a technology that enables the sharing of services provided by the network of radio troncalizada the Metropolitan Region of Belo Horizonte, which was integrated with the creation of adequate infrastructure that enabled the effective interaction and interoperability of all the System of Social Protection in the State.*

Key-words: Radio, Radio Troncalizado.

REFERÊNCIAS

DANIELS Inc. **P25 Training Guide Electronics**, 2004, 74 p.

JESZENSKY, Paul Jean Etienne. **Sistemas Telefônicos**. Barueri, São Paulo: Manole, 2004, 651 p.

KAR, Bruce M. **The operational impact of 900MHz radio systems on law enforcement communications**. Washington/DC: APCO, 1978.

KAVANAGH, Donald. **Project 16 A: 900MHz trunked communications system functional requeriments development**. Washington/DC: APCO, 1978.

_____. **The application of the 900MHz band to law enforcement communications: na analysis of techincal and regulatory factors**. Washington/DC: APCO, 1978.

KUROSE, James F. **Redes de computadores e a internet: uma nova abordagem**. São Paulo: Addison Wesley, 2003, 548 p.

PROJETO 25. **Statement of requirements**. Washington/DC: APCO, 2006, 52 p.

SMART TRUNK INC. **Smart trunk II system overview. Rev. 9**. Califórnia: Nacional, 2004, 57 p.

TAIT Communications. **What's APCO Project 25**, 2004.

TIA-102.CAAB-B **Project 25 Recommendations C4FM/CQPSK Modulation**. Washington/DC, 1996.

TIA-102.BAA. **Project 25 Recommendations Common Air Interface**. Washington/DC, 1996.