

## SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO PARA SEGURANÇA PÚBLICA

SAMIH NAIF DAIBES JÚNIOR  
CARLOS AUGUSTO DA MOTA

Engenharia de Telecomunicações  
Instituto de Educação Superior de Brasília - IESB

<http://www.iesb.br> e-mails: [sdaibes@mct.gov.br](mailto:sdaibes@mct.gov.br) / [bsbguto@gmail.com](mailto:bsbguto@gmail.com)

**Resumo** – A segurança pública no Brasil é formada por diversos órgãos governamentais (federais, estaduais e municipais). Cada um desses órgãos tem um papel distinto, possuindo um conjunto de responsabilidades bem definidas. Então, quando ocorre um fato extraordinário em que haja a necessidade do trabalho em conjunto, a capacidade de comunicação e mobilização entre os órgãos será diretamente proporcional ao sucesso da operação. A interoperabilidade, portanto, torna-se imprescindível para que a infra-estrutura de segurança pública possa ser eficiente e útil para a sociedade, salvando muitas vidas através de trabalhos de ação/reação e prevenção. O objetivo deste artigo é mostrar quais são as principais tecnologias de comunicação para segurança pública e suas características, utilizando como estudo de caso a Polícia Rodoviária Federal.

**Abstract** – The public security in Brazil nowadays is formed by several state agencies. Each one has a distinct role, having a set of responsibilities well defined. When an extraordinary fact occurs that needs a work team, the capability of communication and mobility among these state agencies will be directly proportional of the operation success. Therefore, the working together capability is necessary for the public security infrastructure efficiency and useful for all society, saving lives through preventions works. The objective of this article is to show which are the main communications technologies for public security and their features, using the Highway Police as a case study.

**Keywords** – Comunicações críticas, PRF-DF, convencional, troncalizado, TETRA.

### 1 Introdução

A crescente escalada da violência nas grandes cidades, atentados terroristas e fatos extraordinários como terremotos, furacões, nevascas, etc, mudaram radicalmente a forma como o mundo conceitua a segurança pública. No Brasil, há uma clara separação entre os órgãos e atividades que mantêm a ordem civil na sociedade e aqueles que previnem e socorrem vítimas de desastres naturais.

A Segurança Pública é uma atividade pertinente aos órgãos estatais e à comunidade como um todo, realizada com o objetivo de proteger a cidadania, prevenindo e controlando manifestações da criminalidade e violência, efetivas ou potenciais, garantindo o exercício pleno da cidadania nos limites da lei [1].

A Defesa civil é um conjunto de medidas que visam prevenir e limitar, em qualquer situação, os riscos e perdas a que estão sujeita a população, os recursos da nação e os bens materiais de toda espécie,

tanto por agressão externa quanto em consequência de calamidades e desastres da natureza [2]. Está organizada sob a forma de sistema, denominado de Sistema Nacional de Defesa Civil – SINDEC [3]. Entre os órgãos responsáveis pela segurança pública no Brasil estão as Polícias Civil, Militar e Rodoviária além do Corpo de Bombeiros.

Apesar das dimensões continentais e dos vários órgãos supracitados, não há no Brasil um padrão para os sistemas de comunicação crítica, utilizando rádio frequência, diminuindo então o fator de mobilização em uma situação de emergência. Entretanto, as dificuldades de comunicação podem afetar diretamente a rotina de um determinado órgão, como é o caso do 1º Distrito Regional da Polícia Rodoviária Federal – PRF-DF, que atualmente é responsável pelo policiamento de mais de 840 quilômetros de rodovias federais do DF, Goiás e Minas Gerais, onde existem postos sem telefone, cuja única comunicação com a base é feita por rádio. Policiais convivem

ainda com áreas de “sombra” (áreas sem sinal de rádio). Contudo, existem tecnologias de rádio móvel terrestre que podem minimizar as dificuldades de comunicação e ainda proporcionar integração entre os demais órgãos. Em geral, existem 3 tipos de sistemas:

1. Sistemas Convencionais;
2. Sistemas Troncalizados;
3. Sistemas Híbridos.

Serão vistos quais são os componentes técnicos básicos de cada tecnologia, além de suas características operacionais.

## 2 Sistemas Convencionais

Os sistemas de comunicação RF (Radio Freqüência) podem transmitir informações de voz, vídeo e dados utilizando uma freqüência específica para outros rádios sintonizados na mesma freqüência. Esta transmissão utiliza-se de alguma técnica de modulação, sendo que para os sistemas convencionais as mais utilizadas são a modulação em amplitude (AM) e a modulação em freqüência (FM). A maioria dos sistemas de comunicação para segurança pública transmite em alguma faixa de freqüência compreendida entre 30 a 900 MHz.

Cada grupo de usuários recebe um canal, ou par de freqüências, que será única para este grupo. Os usuários deste grupo podem transmitir e receber por este canal, sendo que no momento que ele estiver em uso os demais usuários do grupo não poderão transmitir. Esta transmissão pode ocorrer com a assistência de um repetidor. O repetidor é apenas um dos equipamentos utilizados nos sistemas convencionais, sendo que outros equipamentos que também fazem parte de sua infra-estrutura são:

a) *Rádios Portáteis*: rádios transceptores de mão pequenos e leves. Sua potência de transmissão varia entre 1W e 5W, sendo que existem rádios cuja potência é bem pequena, no valor de 0.1 W, os quais geralmente são conectados à repetidores portáteis para aumentar o alcance do sinal e a interoperabilidade do sinal com sistemas de alta potência. A figura 1 ilustra um modelo de rádio portátil da Motorola.



Figura 1 – Modelo de rádio portátil Motorola PRO2150

b) *Rádios Móveis (ou veiculares)*: maiores que os portáteis, são projetados para serem montados em uma posição fixa dentro de um automóvel (viatura policial, bombeiro, etc). Sua potência de transmissão é bem superior, variando entre 5W e 50W, além de um sistema irradiante com maior ganho, melhorando o alcance do sinal, assim como sua recepção. Parte disso deve-se ao fato de os rádios móveis não terem tanta restrição de espaço dos componentes eletrônicos como os portáteis. A figura 2 ilustra um modelo de rádio móvel da Motorola.



Figura 2 – Modelo de rádio móvel Motorola EM400

c) *Estações de Rádios Fixas (Rádio-Base)*: transceptor ligado ao sistema de abastecimento elétrico público ou a um gerador (110V ou 220V) e conectado à uma antena localizada dezenas de metros de altura, em uma torre ou no topo de alguma construção. Com isso, sua potência de transmissão pode chegar a centenas de watts.

d) *Repetidores*: rádio transceptor especializado cuja principal função é aumentar a área de cobertura dos sinais de rádios portáteis e móveis. O receptor do repetidor fica sintonizado na freqüência de transmissão dos rádios portáteis e móveis e em seguida transmite as mesmas informações recebidas de volta para o espaço com alta potência. A figura 3 ilustra um modelo de repetidora da Motorola.



Figura 3 – Modelo de repetidora Motorola CDR700

e) *Duplexadores*: equipamento que permite ligar um transmissor e um receptor em uma mesma antena. É um dispositivo composto de filtros ressonantes de faixa estreita que isolam a transmissão da recepção. Sem o duplexador, a repetidora teria que utilizar duas antenas, uma para recepção e outra para transmissão.

A figura 4 ilustra um tráfego de informação utilizando um sistema de comunicação convencional. Nesta ilustração, encontram-se praticamente todos os elementos que compõem esta tecnologia.

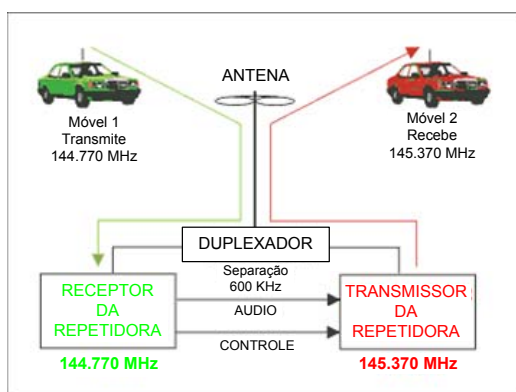


Figura 4 – Tráfego de informações em um sistema convencional.

### 3 Sistemas Troncalizados

O padrão TETRA – *Terrestrial Trunked Radio* – é um dos padrões para sistemas troncalizados mais conhecidos. Caracteriza-se por ser aberto e opera com método de acesso ao canal do tipo TDMA (*Time Division Multiple Access*), similar ao padrão GSM (*Global System for Mobile Communications*) [3]. São usados quatro *timeslots* por portadora, onde a largura de banda da portadora é de 25 kHz. O primeiro *timeslot* na primeira portadora transmite o BCCH (*Broadcast Control Channel*), um canal lógico que é responsável pela sincronização e controle dos dados. A conexão entre o rádio móvel e a estação base é separada em duas bandas, uma para *uplink* e a outra para *downlink*. O TETRA está inicialmente disponível em bandas que na Europa variam de 380-400 a 410-430 MHz. Alguns

fabricantes já estão oferecendo o TETRA em 800 MHz, já que o padrão permite utilizar bandas de 300 MHz até 1 GHz.

A essência da especificação do TETRA é o padrão troncalizado *Voice+Data* (voz+dados), onde um intervalo de tempo individual pode ser alocado como controle, voz, circuito de dados ou pacote de dados. Além disso, existe o padrão de Modo Direto (DMO – *Direct Mode Operation*), modo de operação em que o usuário fala diretamente com outro, sem a necessidade de infraestrutura contendo uma estação fixa. Isto pode ser utilizado pela polícia em algumas situações específicas, particularmente em áreas sem cobertura de uma estação, como é o caso do interior de edificações.

Muitos serviços, inclusive suplementares, são disponibilizados, incluindo transmissões individuais ou em grupo, reconhecimento de chamada de grupo e opção pela proteção de dados. Dentre os serviços suplementares, o primeiro a ser implementado foi o de chamada de prioridade, seguido do de capacidade preemptiva, escuta discreta, escuta de ambiente, seleção de área, prioridade de acesso e autorização de chamada pelo despachante. A tecnologia TDMA propicia duas funcionalidades: comunicação *full duplex* e largura de banda sob demanda. Outra funcionalidade importante do sistema é sua comunicação de despacho. Cada sistema permite a definição de grupos de conversação (*talk-groups*), e comunicação um-para-um e um-para-muitos no modo de despacho.

A arquitetura do sistema TETRA consiste de sistemas de entidades e interfaces definidas. A interface interna da rede TETRA não é padronizada. Isto foi permitido para que os desenvolvedores implementassem soluções em relação aos custos da rede sem os efeitos que causaria com uma padronização.

Seis componentes majoritários do sistema podem ser definidos:

1. Rede TETRA;
2. *Mobile Station* (MS) ou Estação Móvel;
3. *Line Station* (LS): sua funcionalidade compreende LTU (*Line Termination Unit*) e o TE (*Terminal Equipment*);
4. *Direct Mode Mobile Station*;
5. *Gateway*;
6. *Network Management Unit* ou Unidade de Gerenciamento de Rede.

Os serviços do TETRA são baseados em três classes majoritárias de serviços com diferentes interfaces aéreas, todas

especificadas pela ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*):

1. *Voice + Data (V+D)*;
2. *Packet Data Optimized (PDO)*;
3. *Direct Mode (DMO)*: uma transmissão *simplex* de voz entre dois rádios móveis sem usar a rede.

O padrão TETRA requer canais de 25 kHz em todos os *sites*, todos eles troncalizados. Usando o método TDMA o sistema está apto a ter quatro canais em uma única portadora de rádio frequência, produzindo um aproveitamento de 4:1 em funcionamento. Entretanto, existe a desvantagem de que em alguns *sites* apenas um canal esteja em uso, não necessitando da capacidade adicional do TDMA.

O TETRA usa a modulação  $\pi/4$  DQPSK (*Differential Quaternary Phase Shift Keying*). Esta modulação é altamente eficiente no uso do espectro, mas requer alta linearidade para todos os componentes RF, especialmente o amplificador de potência RF nos rádios.

As vantagens óbvias do TETRA estão em sua funcionalidade, incluindo capacidade de chamada rápida para grupos com diferentes subgrupos, ou mesmo grupos de outras redes. Tais usuários estarão compartilhando os mesmos recursos de rádio e prioridade de voz, com alta eficiência de utilização do espectro e a toda já conhecida funcionalidade dos sistemas de telefonia móvel celular.

#### 4 Características do Atual Sistema de Comunicações da PRF-DF

O 1º Distrito da PRF (DF) é responsável por uma extensa malha rodoviária, contando com apenas cinco postos mais o CI-OP (Central de Informações Operacionais) para cobrir toda a região, que pode ser considerada essencialmente rural. A figura 5 mostra o mapa contendo as rodovias sob sua responsabilidade. O sistema de rádio comunicação utilizado atualmente é baseado em sistemas convencionais utilizando a faixa VHF banda baixa, onde as estações rádio-base normalmente encontram-se nos postos. As estações fixas não possuem potência suficiente para alcançar toda a área desejada e a área de cobertura das estações móveis é insuficiente para atingir as antenas dos postos, existindo então trechos em que os policiais ficam sem comunicação com a base.

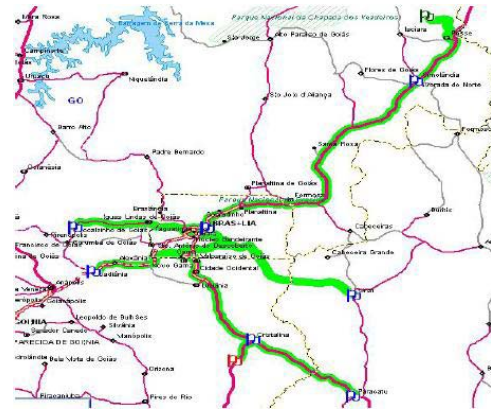


Figura 5 – Malha rodoviária sob responsabilidade da PRF-DF.

Além disso, o sistema irradiante das estações fixas é omnidirecional, não havendo uma otimização do sinal transmitido, ou seja, uma grande parte atinge áreas muito além da cobertura desejada (para fora das estradas, na direção transversal). A figura 6 mostra a área de cobertura calculada utilizando-se o método de Okumura-Hata.

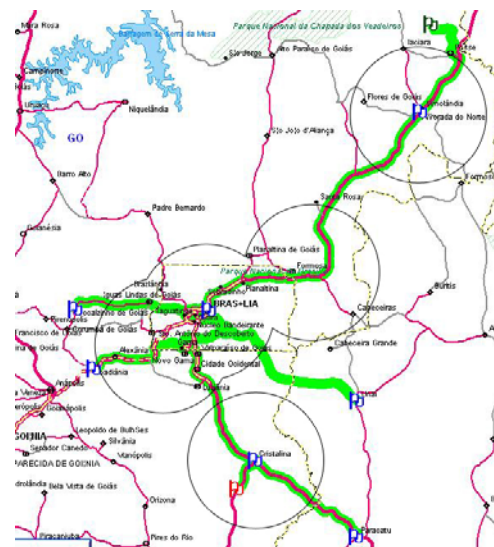


Figura 6 – Área de cobertura atual da PRF-DF.

#### 5 WiMAX como Solução Inovadora

As tecnologias Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) e WiMAX vão revolucionar as comunicações nos próximos dez anos e devem trazer uma série de conveniências para milhões de pessoas mundo afora. A versão original de WLAN (padrão IEEE 802.11) foi liberada em 1997 (frequência na faixa de 2.4 GHz e taxa de transmissão de 1 a 2 Mbps) e depois, em 1999, o padrão IEEE 802.11b (2,4 GHz e 11 Mbps) [5]. Nesta época foi utilizado pela primeira vez o termo Wi-Fi, pois os fabricantes de WLAN



queriam assegurar a fidelidade ao padrão de tecnologia 802.11b. Ambos os padrões utilizam a técnica de espalhamento espectral DSSS (*Direct-sequence Spread Spectrum*).

No mesmo ano de 1999 foi homologado o padrão IEEE 802.11a (5,8 GHz e 54 Mbps) que opera em uma frequência menos suscetível a ruídos. Em junho de 2003 foi homologado o último padrão de Wi-Fi, o IEEE 802.11g (2,4 GHz e 54 Mbps). Os padrões 802.11a e 802.11g utilizam a moderna modulação OFDM (*Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*), também utilizada na banda larga de ADSL e na TV Digital.

Adicionalmente, o Wi-Fi tem outros padrões complementares, como o IEEE 802.11i (que trouxe segurança para o Wi-Fi desde junho de 2004) e o IEEE 802.11e, responsável pela implementação de QoS (*Quality of Service*) no Wi-Fi.

Na seqüência de desenvolvimento do padrão Wi-Fi surgiu o novo IEEE 802.11n que vai multiplicar a velocidade do 802.11b por 10. O Wi-Fi permite que *notebooks* e *PDA*s se conectem à Internet a uma distância de 100 a 300 metros.

O WiMAX foi criado da necessidade de se ter uma tecnologia sem fio de banda larga com longo alcance e alta taxa de transmissão. O WiMAX atualmente possui os padrões IEEE 802.16d (ou IEEE 802.16-2004) e Móvel IEEE 802.16e.

O 802.16d (ratificado em junho de 2004) é o padrão de acesso sem fio de banda larga fixa (WiMAX Fixo) e cujos equipamentos farão os testes de aderência ao padrão e de interoperabilidade.

O 802.16e é o padrão de acesso sem fio de banda larga móvel (WiMAX Móvel), assegurando conectividade em velocidades de até 100 km/hora e cujos equipamentos estarão disponíveis em 2006/2007.

O WiMAX fornece uma alternativa sem fio para o acesso de banda larga de última milha ao cabo e ao ADSL. Ele tem uma área de 8 a 12 km em cobertura NLOS (*Non Line of Sight*) e de 30 a 40 km em cobertura LOS e fornece taxa de transmissão de 70 Mbps por estação rádio base. É uma solução completa para voz, dados e vídeo (*streaming*) com QoS e segurança intrínseca. A segurança do WiMAX suporta a autenticação com certificados x.509 e criptografia de dados utilizando DES (*Data Encryption Standard*). Pode transportar IPv4, IPv6 e *Ethernet* simultaneamente com QoS.

É interessante notar que tão logo o padrão WiMAX esteja maduro e com equipamentos disponíveis a preços acessíveis, várias soluções de todos os portes o utilizarão e será um grande concorrente aos atuais padrões de comunicações para segurança pública. No caso da PRF-DF, o padrão possui as características necessárias para competir com padrões já estabelecidos no mercado, além de propiciar, caso seja do interesse deste órgão, a inclusão digital das comunidades que estejam em áreas sob responsabilidade deste órgão.

## 6 Conclusão

Apesar de existirem vários padrões tecnológicos para sistemas de comunicações críticas, cada um possui um conjunto de características que se ajusta a um determinado cenário, sendo então necessário uma profunda investigação das reais necessidades para que a escolha da tecnologia possa proporcionar a maximização da qualidade do serviço prestado.

Considerando as três tecnologias citadas neste artigo, o TETRA possui claras vantagens sobre o Sistema Convencional atualmente utilizado pela PRF-DF, como por exemplo, a capacidade de tráfego ampliada na proporção de 4:1. Entretanto, o WiMAX pode ampliar a gama de serviços, como transmissão de voz, vídeo e dados, aumentando o poder de comunicação entre os policiais e a integração com a comunidade.

## Agradecimentos

Ao inspetor Nunes da PRF-DF pelo fornecimento de informações sobre o atual sistema de comunicações deste órgão de segurança pública, as quais enriqueceram este artigo.

## Referências Bibliográficas

- [1] MINISTÉRIO DA JUSTIÇA. Disponível em: [www.mj.gov.br/senasp/institucional/inst\\_conceitos.htm](http://www.mj.gov.br/senasp/institucional/inst_conceitos.htm). Acesso em 10 Jan 2006.
- [2] DEFESA CIVIL. Disponível em: [www.defesacivil.gov.br/sindec/index.asp](http://www.defesacivil.gov.br/sindec/index.asp). Acesso em 10 Jan 2006.
- [3] J. Dunlop, D. Girma and J. Irvine, Digital Mobile Communications and the TETRA System. Wiley, 1999.

- [4] The IEEE 802.16 Working Group on Broadband Wireless Access Standards.
- [5] Wireless to the max, Arcchart, January 19, 2003.

### **Biografia**



Samih Naif Daibes Júnior, atualmente cursando o décimo semestre de Engenharia Elétrica no Instituto de Educação Superior de Brasília – IESB e trabalhando como Tecnologista no Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT.



Carlos Augusto da Mota, atualmente cursando o décimo semestre de Engenharia Elétrica no Instituto de Educação Superior de Brasília – IESB e trabalhando como consultor na Agência Brasileira de Inteligência – ABIN.