

PREDIÇÃO DE RÁDIO DIGITAL TETRA 380 MHZ: ESTUDO DE CASO PARA COPA DO MUNDO DE FUTEBOL EM BELO HORIZONTE

Cristiano Torres do Amaral¹, Pedro José Rosa de Oliveira²

¹ Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, cristiano.amaral@pmmg.mg.gov.br

² Centro Universitário de Belo Horizonte, Belo Horizonte, Brasil, pedrojro@yahoo.com.br

Resumo: Este texto descreve brevemente os procedimentos adotados para simulação computacional da cobertura dos sinais radioelétricos de um sistema de comunicação digital na faixa de 380 MHz. O sistema de comunicação simulado adota o padrão de *Rádio Troncalizado Terrestre* (TETRA – sigla em inglês), sendo recomendado pelo Instituto Europeu de Padronização de Telecomunicações (ETSI) e proposto para ser utilizado pelas forças de segurança pública de Belo Horizonte durante a Copa do Mundo de Futebol de 2014. A concepção do projeto técnico proposto foi obtida a partir da modelagem computacional do relevo da cidade de Belo Horizonte com dados altimétricos do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponibilizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e *United States Geological Survey* (USGS). O modelo de propagação adotado é o Longley-Rice adaptado pelo software livre *Radio Mobile*.

Palavras-Chave: Predição; TETRA; Rádio; Medição de Radiofrequência.

1. INTRODUÇÃO

A Copa do Mundo da Federação Internacional das Associações de Futebol (FIFA – sigla em francês) é um dos maiores eventos esportivos do mundo, comparável apenas aos jogos olímpicos. O Brasil é o único país que já participou de todas as edições do evento, no entanto, sediou apenas um campeonato, em 1950. Entretanto, em 30 de outubro de 2007, o Brasil teve sua proposta para sediar a Copa do Mundo de Futebol aceita e, em 31 de maio de 2009, a FIFA divulgou as 12 cidades-sedes do evento [1].

Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, é uma das 12 cidades sedes. A cidade possui população de cerca de 2,5 milhões de pessoas, localizada na área continental do país, em área de relevo topograficamente irregular, com incidência de perímetros densamente urbanizados alternados com vegetação/clima sub-tropical [2].

No Caderno de Encargos aceito pela FIFA para o Brasil estão previstos cenários de controle da segurança do entorno e toda uma infraestrutura de suporte ao evento. Entre algumas exigências, destacam-se a limitação de acesso ao local das partidas em um raio de cerca de 2 km; proibição de estacionamento em via pública (vias principais de acesso

e ao perímetro bloqueado); controle de identificação das pessoas nas vias de acesso ao estádio; e rotas com faixas de circulação exclusiva para veículos de emergência e policiamento. Esse perímetro de segurança já foi definido pelas autoridades e inclui o local de realização dos jogos, centro da cidade e o entorno das principais vias de acesso. Essa área pode ser avaliada na Fig. 1, a seguir, com o centro da cidade marcado pelo polígono em azul, vias de acesso destacadas e estádio de jogos ao centro [3]:

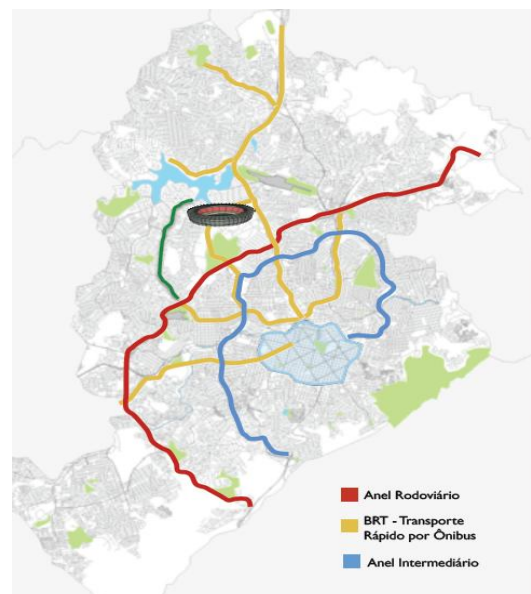


Fig. 1 - Perímetro de Segurança em Belo Horizonte

A manutenção da segurança das pessoas nesse perímetro será realizada por uma estrutura específica de policiamento, a qual deverá se estabelecer nessa área delimitada, e seu entorno, antes, durante e depois do evento. Nesse perímetro as comunicações são intensas, exigindo extrema eficiência do sistema de comunicação [4]. Além disso, também são recomendados serviços de criptografia, monitoramento automático de frota de veículos por satélite (GPS/AVL), envio e recebimento de mensagens de textos, entre outras aplicações adicionais que tornam mais eficientes e eficazes o trabalho de gestão da segurança em grandes eventos internacionais [5].

Nessa discussão observa-se que o padrão *Terrestrial Trunked Radio* (TETRA) pode oferecer esses serviços de maneira satisfatória em eventos que exigem tais características tecnológicas do sistema de comunicação [6]. No Brasil, em 2007, um sistema de rádio digital TETRA foi instalado no Rio de Janeiro para apoiar as comunicações de segurança pública durante a 15ª edição dos jogos Pan-Americanos. No ano seguinte, esse mesmo padrão foi escolhido para a 24ª edição dos jogos olímpicos de Beijing, na China. Em ambas as metrópoles globais, os sistemas de comunicação de segurança pública encontravam-se defasados tecnologicamente, operando, em sua grande maioria, em uma plataforma analógica [7].

Considerando esse retrospecto tecnológico, durante a preparação para a Copa do Mundo de Futebol de 2014, em Belo Horizonte, estudos nesse sentido não seriam diferentes. Para esta análise recomenda-se um planejamento governamental estratégico, com definições claras dos parâmetros para a coordenação e controle de um projeto desta magnitude. Esse planejamento pode ser avaliado no diagrama a seguir:

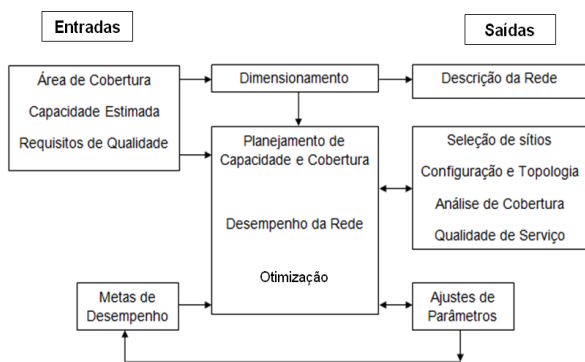


Fig. 2 – Etapas de Planejamento da Rede TETRA

Seguindo o diagrama da Fig. 2, o produto final será obtido com a descrição da rede, por meio da seleção dos locais de sítios de repetição, configuração/topologia da rede, área de cobertura e qualidade de serviço [8]. Contudo, todo este processo depende da definição dos pontos para instalação das estações de rádio base. Estas estações devem ser instaladas em locais privilegiados topograficamente, os quais podem ser selecionados a partir da modelagem computacional do relevo da cidade e predição da propagação da radiofrequência no perímetro de segurança (Fig. 1). Para tanto, este texto aborda esse procedimento brevemente, sugerindo parâmetros para modelagem computacional e simulação da rede em projeto técnico.

2. MODELAGEM

O projeto da rede TETRA se inicia a partir da definição dos parâmetros básicos de demanda exigida para as comunicações durante a realização dos jogos da Copa do Mundo de Futebol em Belo Horizonte. De acordo com a tabela de jogos do último torneio realizado na África do Sul, uma cidade sede pode realizar entre 3 a 7 jogos, sendo

distribuídos no intervalo de tempo de 30 dias. Além disso, as equipes envolvidas podem se hospedar de 30 a 60 dias antes do início do campeonato, com uma delegação de até 4 países por cidade sede. A cidade sede dos jogos finais da Copa de 2010, Johannesburgo, recebeu cerca de 1 milhão de pessoas durante todo o evento, entre delegações oficiais, turistas e profissionais temporários [1].

Em uma cidade com uma população de cerca de 2,5 milhões de pessoas, como Belo Horizonte, é recomendável a utilização de 15.000 policiais durante o evento. Para tanto, o critério adotado é definido pela Organização das Nações Unidas (ONU) que estabelece 1 policial para 250 habitantes. De acordo com estas informações é possível definir o número mínimo de 3.500 policiais por turno durante o evento, bem como o número de estações de rádio envolvidas [6] [9].

Na etapa seguinte do projeto são dimensionados os sítios de repetição com as estações base da rede. Nesse caso, deve ser considerado o pior caso, isto é, o ponto onde existirá a maior demanda por tráfego na rede. Este cenário deve ocorrer durante os jogos da Copa que, em Belo Horizonte, serão realizados no Estádio Governador Magalhães Pinto, também conhecido como “Mineirão”. Para a modelagem computacional da rede TETRA são sugeridos os seguintes parâmetros [10]:

Tabela 1 – Parâmetros para Modelagem Computacional

Parâmetro	Descrição
Faixa	380 MHz
Largura de Canal	25 kHz
Quantidade de Canais	28
Topologia de Cluster	7 Células
Célula Principal (Centro do Cluster)	16 portadoras
Célula Adjacente	2 portadoras
Estações Portáteis	2.500
Estações Veiculares	1.500
Estações Fixas	500
Estações de Despacho	30
Tráfego Médio	50 Erl
Tempo médio das Chamadas	90s
Grau de Serviço	5%
Modo Estatístico	Móvel / 99% do tempo
Polarização	Vertical
Clima	Sub-tropical Continental
Frequência	380 MHz
Potência da Base	5W
Potência do Móvel	1W
Ganho da Antena da Base	3dBi
Altura da Antena da base	15m
Ganho da Antena do Móvel	0dBi
Altura da Antena do Móvel	2m

Observando os parâmetros apresentados na Tabela 1, o ponto de acesso à rede TETRA para atender a demanda no Estádio Mineirão deve possuir, pelo menos, 16 portadoras, respeitando-se os 28 canais disponibilizados na legislação brasileira. O sistema irradiante principal, isto é, as antenas, deve possuir dispositivo que seja capaz de combinar os 16 canais utilizados na faixa de 380 MHz, os quais são suficientes para escoar o tráfego no ponto mais intenso na rede. Considerando a topologia de cluster com 7 células, e a legislação brasileira, restam 12 canais, que devem ser combinados em 6 células adjacentes em uma área de 3,8 km². Cada uma dessas células adjacentes deve utilizar 2 portadoras, que são capazes de suprir um tráfego de 3,87 Erl, com GoS de 5%, para 4 estações por portadora em modo de voz [11].

A topologia da rede proposta adota a formatação com cluster hexagonal de 7 células e reuso de frequências. Ressalta-se ainda neste estudo o Relatório M.2014 da União Internacional de Telecomunicações, que recomenda área de até 3,8 km² para cada célula em um relevo com baixa declividade e pouca obstrução [12]. No caso de Belo Horizonte, este tamanho pode ser ainda menor, uma vez que as características do terreno não favorecem a propagação na faixa de 380 MHz – Faixa licenciada pela Anatel. Portanto, se faz necessário um estudo de predição dos sinais radioelétricos cauteloso para garantir a cobertura da área desejada com o menor custo possível [11].

Para análise da cobertura dos sinais radioelétricos e definição da localização dos sítios das estações base será utilizado o *Software Rádio Mobile* versão 10.6.9. Trata-se de um *software* livre de mapeamento e predição radiofrequência, com resultados satisfatórios para as faixas de *Very High Frequency* (VHF) e *Ultra High Frequency* (UHF). O *Radio Mobile* utiliza o método proposto por Longley-Rice para modelagem e predição dos sinais de rádio em áreas urbanas [10].

A base dos mapas topográficos utilizados no *Radio Mobile* é disponibilizada livremente pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Estes mapas possuem como fonte primária modelos digitais de elevação, com aproximadamente 90 metros de resolução espacial, originários da missão de mapeamento do relevo terrestre *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). Os dados obtidos pelo mapeamento foram disponibilizados pela *United States Geological Survey* (USGS) e compartilhados com a Embrapa [13].

Os modelos digitais de elevação utilizados foram gerados por um processo denominado “interferometria de radar”. Neste processo, o sinal emitido pelo radar é recebido por duas antenas separadas por uma distância fixa (60 m), permitindo o cálculo da elevação da superfície, com uma tolerância vertical absoluta de 16 metros. Estas características garantem 90% de confiança na análise do relevo nos mapas utilizam estes modelos digitais de elevação [13].

Os dados originais dos mapas deste trabalho foram obtidos em formato *raster*, com resolução radiométrica de 16 bits, em formato HGT, projeção geográfica, elevações referenciadas para o geóide WGS84 EGM96 e *datum* horizontal WGS84 [13].

A Fig. 3, a seguir, apresenta a predição dos sinais radioelétricos de uma célula para cobertura no entorno do estádio Mineirão. As manchas na cor vermelha indicam níveis de sinal de até -71 dBm, com mínimo aceitável na cor azul que representa -112 dBm. Na simulação, a Estação base tem potência de 15W na faixa de 380 MHz, está localizada ao lado do estádio, com antena omnidirecional de 3dBi instalada em uma torre de 30 metros.

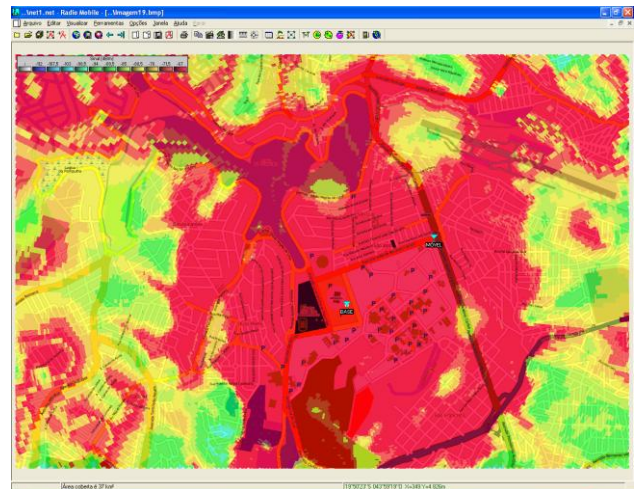


Fig. 3 – Célula do Entorno do Mineirão / Base para Móvel

A Fig. 3 apresenta a modelagem de emissão da estação base para o móvel, no entanto, também se faz necessário conhecer o caminho inverso de propagação, isto é, do móvel para a base. Para tanto, foi selecionado o pior caso neste cenário, onde o móvel estaria se deslocando entre os cruzamentos das Avenidas Abraão Caran e Antônio Carlos, no ponto mais baixo nas proximidades do estádio. Neste cenário, o móvel também opera na faixa de 380 MHz, com 1W de potência, antena omnidirecional de 0 dBi a 2 metros do solo. Esta simulação pode ser avaliada na Figura 4 a seguir:

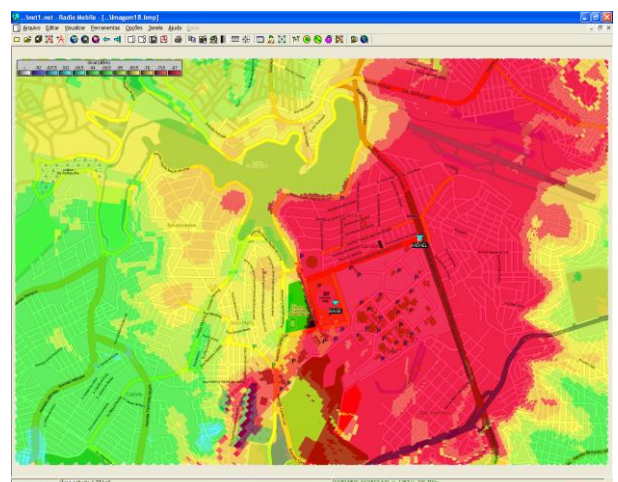


Fig. 4 – Célula do Entorno do Mineirão / Móvel para Base

3. RESULTADOS

A Fig. 5 apresenta a disposição das estações base no entorno do Estádio Mineirão, com cobertura do sistema em uma área aproximada de 30 km². Observa-se nesse perfil topográfico a altimetria variando entre 500 a 1300 metros, com características bastante variadas, alternando de alta densidade de edificações nas proximidades do Estádio Mineirão a zonas de vale, com vegetação sub-tropical nas proximidades da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – área verde ao centro, Lagoa da Pampulha e aeroporto da Pampulha (superior à direita da Fig. 3).

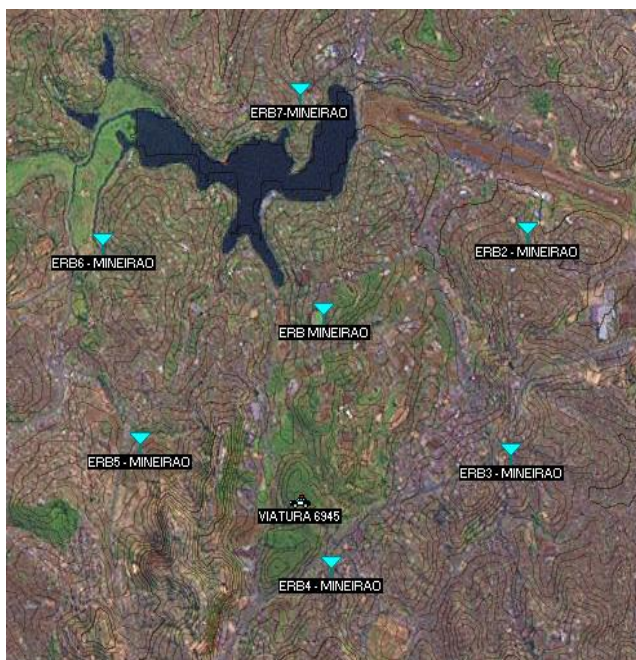


Fig. 5 – Localização das Estações Base no Entorno do Mineirão

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a topologia sugerida pela modelagem computacional da cobertura dos sinais radioelétricos para as estações base, é possível dimensionar a infraestrutura necessária para receber os equipamentos da rede de rádio TETRA. Em todo o estudo, é possível prever que para atender toda a cidade de Belo Horizonte e área do perímetro de segurança são necessários 90 pontos de acesso para a rede TETRA. Recomenda-se a interconexão das estações de acesso em uma estrutura que não seja hierarquizada, que seja interoperável, baseada, preferencialmente, na plataforma IP [14].

Outro aspecto importante que também está relacionado com a implantação dos pontos de acesso a rede TETRA, é o licenciamento e coordenação das frequências na faixa de 380 MHz. Para tanto, a execução deste projeto depende da autorização dos órgãos reguladores brasileiros de telecomunicações e do meio ambiente. Esta autorização não envolve grande complexidade, entretanto, exige habilidade da empresa fornecedora em cumprir as metas estabelecidas para o licenciamento.

Por fim, este trabalho apresenta resultados satisfatórios para a modelagem e previsão de sinais radioelétricos com a utilização de dados livres e pouco recurso computacional. Contudo, os investimentos no sistema de comunicação digital são fundamentais para o sucesso da Copa do Mundo de Futebol em Belo Horizonte, pois a realização deste evento na capital do estado de Minas Gerais será responsável pela projeção da cidade em âmbito mundial.

REFERÊNCIAS

- [1] FIFA. Federação Internacional das Associações de Futebol – sigla em francês. “*Calendário Internacional*”. Disponível em <http://pt.fifa.com/mm/document/worldfootball/calendar&live/51/52/61/internationalmc-fifa-dates-2010-2014-updatejune2010-e.pdf> Acesso em 15/02/11.
- [2] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Atlas das Representações do Brasil*. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/atlas.sh?c=5> Acesso em 10 de fevereiro de 2011.
- [3] LACERDA, Márcio. *Apresentação das ações e projetos da Prefeitura de Belo Horizonte - Coordenador Núcleo da Copa no Seminário FDC/BDMG 2009*. Disponível em http://www.fdc.org.br/hotsites/mail/bh_copa_2014/marcio_1acerda.pdf Acesso em 10 de fevereiro de 2011.
- [4] ANASTASIA, Antônio Augusto. *Apresentação das ações e projetos do Governo Estadual - Coordenador do Núcleo Gestor das Copas no Seminário FDC/BDMG 2009*. Disponível em [http://www.fdc.org.br/hotsites/mail/bh_copa_2014/apresenta c - ao_anastasia.pdf](http://www.fdc.org.br/hotsites/mail/bh_copa_2014/apresenta%20c%20ao_anastasia.pdf) Acesso em 10 de fevereiro de 2011.
- [5] SHAO, Qin (org). “*Analysis of Public Safety Traffic on Trunked Land Mobile Radio Systems*”. In: IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 22, Nº. 7, 2004. Washington: IEEE, 2004.
- [6] STAVROULAKIS, Peter. *Terrestrial Trunked Radio – TETRA: A Global Security Tool*. Nova Iorque: Springer, 2007.
- [7] GENRO, Tarso. *Ações de Convivência e Segurança para os XV Jogos Pan-Americanos Rio-2007*. Brasília: MJ/SENASP, 2007.
- [8] TOSKALA, Antti (Org.) *WCDMA para UMTS: Acesso de Rádio para a 3ª geração de comunicações móveis*. Londres: John 2004.
- [9] FERREIRA, Carlos Alberto A. GRASSI, Marcelo G. *O apoio de comunicações no escalão brigada de ataque em áreas urbanas*. Rio de Janeiro: EC-EMEB/EMCB, 2008, 15p.
- [10] LONGLEY, A. G. *Radio Propagação em Áreas Urbanas*. Washington: Departamento de Comércio, 1982.

[11] RAPPAPORT, T. *Comunicações Sem Fio: Princípios e Prática*. São Paulo: Prentice Hall, 1996.

[12] ITU – União Internacional de Telecomunicações – sigla em inglês. *Relatório M.2014 – Eficiência do Espectro para tráfego de rádio digital - (Question ITU-R 37/8)*. Genebra: ITU, 1998.

[13] MIRANDA, E. E. de; (Coord.). *Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005*. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 30 jul. 2010.

[14] ALFAYEZ, Adel & HATFIELD, Dale. *Evaluating the Viability of TETRA for US Public Safety Communication*. Boulder: Universidade do Colorado, 2009.