

# Avaliação Preliminar das Oportunidades de Espectro na Região Metropolitana de Niterói na Faixa UHF da TV Digital

Daniel da C. Vidal, Pedro V. G. Castellanos, Tadeu N. Ferreira

**Resumo**— Com a digitalização do sistema de televisão digital a eficiência no uso do espectro foi melhorada se comparada com o antigo sistema de televisão analógico. Deste processo, surgiram novas faixas para serem utilizadas por outros serviços. Uma delas é que foi possível a liberação da faixa de 700 MHz da televisão terrestre para uso dos sistemas de comunicação móvel de banda larga e observou-se que na faixa UHF destinada à TV digital, partes do espectro que não são utilizados pelos canais de televisão. Neste trabalho medições em campo foram realizadas na faixa de frequências destinadas ao sistema de televisão digital na faixa de UHF para determinar as oportunidades de espectro.

**Palavras-Chave** — Rádio Cognitivo, TV White Space, Oportunidade de Espectro,

**Abstract**— With the digitization of the digital television system the efficiency in spectrum use has been improved compared to the old analog television system. From this process, new bands have appeared to be used by other services. One of these was the liberation of the 700 MHz band of terrestrial television for use of broadband mobile communication systems and it was observed that in the UHF band destined for digital TV, parts of the spectrum that are not used by television channels. In this work field measurements were performed in the frequency band intended for the digital television system in the UHF band to determine the spectrum opportunities.

**Keywords** — Cognitive Radio, TV White Space, Spectrum Opportunities,

Com a evolução contínua das tecnologias de comunicação e a procura por novos serviços de comunicação, a demanda por bandas de frequência para transmissão vem crescendo cada vez mais. O espectro de frequência é um recurso finito e escasso, que pelas políticas atuais de alocação de espectro inabilita a entrada rápida de novos serviços de comunicação sem fio ou a ampliação dos já existentes. Embora o espectro já esteja alocado para diversos serviços, vários autores [1] têm realizado pesquisas sobre a utilização do espectro em diversas faixas de frequência, e estes têm demonstrado que a eficiência da utilização destas faixas dada sua alocação fixa aos serviços não é eficiente. A política de alocação de espectro radioelétrico adotado na atualidade é definida estaticamente para cada tipo de serviço, *i.e.*, uma porção da banda do espectro é destinada única e exclusivamente a um serviço. Desta forma, o cenário atual de utilização do espectro precisa de um novo paradigma de alocação de espectro eficiente.

Para contornar este problema, o rádio cognitivo (RC) tem sido amplamente pesquisado nos últimos anos. Com o uso de RC e técnicas de acesso dinâmico ao espectro DAS (*Dynamic Spectrum Access*) [2], novas políticas de uso do espectro vêm

sendo criadas permitindo que serviços de comunicação diferentes possam utilizar a mesma faixa do espectro de frequências. Estas novas políticas têm como objetivo permitir que dispositivos não-licenciados (usuários secundários) identifiquem porções subutilizadas do espectro licenciado e acessem-nas, de maneira oportunista sem causar interferências nas comunicações dos usuários licenciados (usuário primário).

Uma das frequências que tem despertado mais interesse nos últimos anos para a aplicação do conceito de rádio cognitivo é a faixa alocada para o sistema de televisão terrestre. Embora a faixa seja alocada para as operadoras de televisão transmitirem sua programação, partes do espectro ou canais não são utilizados. Estes canais sem uso são os chamados espaços em branco ou comumente conhecidos como *TV White Space* (TVWS). Uma das vantagens desta faixa é a sua ocupação estática, dado que os canais de TV não mudam de faixa de frequência e ocupam o espectro durante as 24 horas do dia. Porém a alocação dos canais primários pode variar de região para região de acordo com as operadoras de TV e da área de cobertura, variando desta forma os TVWS. Vários autores têm realizado medições na faixa de frequências da TV Digital para determinar a taxa de ocupação do espectro e os intervalos diários em que os canais estão ocupados [3-5], porém nenhum tem tratado as oportunidades de espectro que podem surgir devido as áreas de sombra que surgem devido às condições de propagação, ou seja, oportunidades de espectro com os canais licenciados pela ANATEL.

Neste trabalho, foram realizadas medições de espectro em duas regiões na região metropolitana de Niterói, na faixa de frequências destinadas ao sistema de televisão digital UHF (Ultra High Frequency). Dos dados coletados, foi possível identificar os TVWS e novas oportunidades de espectro devido às condições de propagação.

## I. SETUP DE MEDIÇÕES

Foram realizadas medições em ambientes de propagação do tipo denso urbano e suburbano, visando a coleta dos níveis de potência dos canais do Sistema Brasileiro de Televisão em operação na faixa UHF, a fim de determinar a taxa de ocupação destes canais.

### A. Transmissor

O sinal transmitido utilizado nas medições foi o transmitido comercialmente pelas emissoras de televisão digital (TVD) da cidade do Rio de Janeiro. As estações transmissoras de TVD estão localizadas no morro do Sumaré, em uma altitude aproximada de 700 metros acima do nível do mar, na cidade do Rio de Janeiro e 13 quilômetros distantes

das regiões onde foram feitas as medições. Foram medidos os canais a partir do 14 até o canal 51, correspondentes a faixa de 470 MHz a 698 MHz. Como o objetivo é coletar o nível de potência em cada ponto para assim verificar as oportunidades de espectro vazio, não houve maior preocupação com as configurações dos sinais transmitidos.

### B. Receptor

O arranjo para a recepção é formado por um analisador de espectro MS2034A do fabricante ANRITSU e uma antena Discone Omnidirecional AH-8000 da fabricante ICOM, que opera entre as frequências: 100 – 3300 MHz e ganho 3 dBi em toda a faixa de operação. A antena foi instalada no topo de um veículo de passeio a uma altura de 3 metros do solo e ligada ao analisador de espectro via cabo RG213 com aproximadamente 1 dB de atenuação. Para obter a posição geográfica dos pontos onde foram feitas as medições, foi usado um dispositivo GPS GARMIN GSX60. A coleta dos dados foi realizada em forma automática através do uso de um software de captura conectado a um computador via cabo USB.

No todo foram coletados dados de 50 pontos de medição, localizados no bairro de Icarai, uma região densa urbana, e foram coletados mais 30 pontos no bairro São Francisco, região com densidade populacional suburbana. A distribuição dos pontos pode ser observada nas Figuras 1 e 2.

## II. METODOLOGIA E PROCESSAMENTO DOS DADOS

Na captura dos dados a faixa de frequência UHF alocada para a TVD, foi dividida em 4 subfaixas de 57 MHz cada (470 MHz a 527 MHz, 527 MHz a 584 MHz, 584 MHz a 641 MHz e 641 MHz a 698 MHz), com o objetivo de se obter uma melhor resolução nos resultados. O analisador de espectro foi configurado com *Span* definido pela subfaixa e uma resolução (*Resolution Bandwidth* – RBW) de 3 kHz, que é uma medida qualitativa da separação mínima necessária entre dois componentes de frequência para poder separá-los visualmente. Com estas configurações no analisador de espectro, cada medida contém 551 amostras por varredura para cada subfaixa. Isso representa que cada ponto da varredura contém o nível de potência recebido a cada 103,45 kHz, aproximadamente, para um *Span* de 57 MHz. Para cada ponto, em cada subfaixa, foram feitas três varreduras com o intuito de fazer uma média simples entre as potências recebidas, a fim de obter uma medição mais realista e levando em consideração a variação do ambiente.

### III. CÁLCULO DA POTÊNCIA

Conforme visto na seção anterior, o analisador de espectro nos fornece 551 pontos de medida para cada varredura, onde cada um destes pontos fornece o valor de potência recebida a cada 103,45 kHz de banda. Para obter a potência recebida num canal de TVD de aproximadamente 6 MHz, foi utilizada a equação (1):

$$P = 10 \log_{10} \left[ B_s \frac{\left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( 10^{\frac{P(i)}{10}} \right) \right)}{NBW} \right] \quad (1)$$

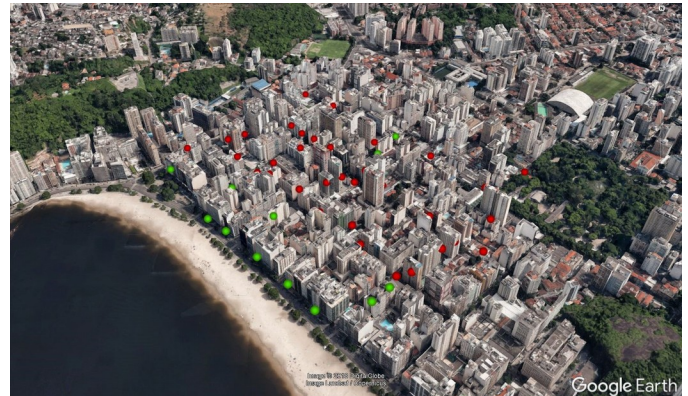


Fig. 1. Mapa de medição em Icarai.



Fig. 2. Mapa de medição em São Francisco.

onde  $P$  é a potência total na largura do canal,  $B_s$  a largura do canal,  $NBW$  é a largura de banda equivalente de ruído do analisador de espectro,  $n$  é o número de pontos de amostra dentro da largura do canal e  $P(i)$  é a leitura de energia no analisado de espectro no elemento  $i$  da varredura coletado [5].

Para o cálculo do valor da potência recebida por canal é necessário fornecer o valor do RBW utilizados no analisador de espectro na medição e a largura do canal em frequência. Para cada ponto foi calculada a potência recebida para cada canal na faixa de 470 MHz até 698 MHz.

## IV. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para verificar a utilização do espectro utilizamos o método de detecção de energia. Esta técnica é amplamente utilizada na análise de ocupação de espectro, principalmente pela sua simplicidade e pela não necessidade de se conhecer com antecedência as características do sinal a ser medido. Na aplicação desta técnica a determinação de ocupação ou não de um canal medido, dependerá de um limiar de decisão ou limiar de detecção. Este limiar é estabelecido em função do limiar de

recepção ou sensibilidade do sistema de televisão digital, acrescido no valor de -4 dB de margem. Desta forma, a ocupação em determinada banda ou canal, é calculada comparando o valor medido com o valor do limiar de detecção, caso o valor da potência do canal seja maior que o limiar, o canal é definido como ocupado, caso contrário, ele está livre.

Neste trabalho foram feitas medições em dois tipos de cenários, um denso urbano e outro suburbano. O objetivo das medições é verificar novas oportunidades no espectro, além dos espaços em branco que são definidas estaticamente pela alocação dos canais de televisão definidos pela agência reguladora. Na análise da determinação das oportunidades de espectro, foram levados em consideração os espaços em branco além de novas faixas que podem aparecer de acordo com as condições de recepção (regiões de sombra) e o critério de limiar de detecção. Conforme já comentado na seção II, no total foram realizadas medições em 80 pontos. Destes pontos medidos, foi observado que nos pontos localizados no interior da região urbanizada os sinais recebidos vão ficando mais fracos, em alguns casos, a potência recebida do canal fica abaixo do limiar de detecção, originando uma oportunidade de espectro, ou regiões de sombra, aumentando em alguns casos a banda livre. As oportunidades que surgem devido às regiões de somreamento, podem aumentar o tamanho da banda a ser utilizada caso eles estejam próximos aos canais não alocados às radio difusoras. Este comportamento foi observado nas duas regiões analisadas, as figuras 3 e 4, apresentam medições de ocupação de espectro na faixa de frequências de 470 MHz até 700 MHz.

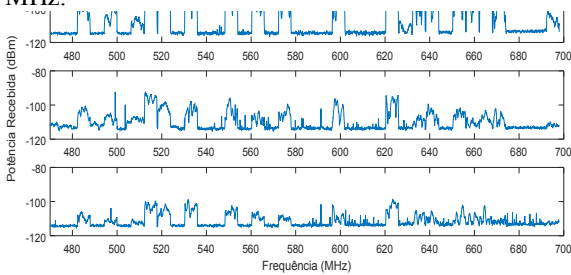
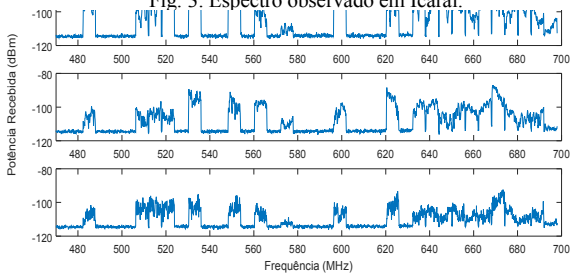


Fig. 3. Espectro observado em Icarai.



g. 4. Espectro observado em São Francisco.

A Figura 3, apresenta três pontos de medição na faixa de interesse na região do bairro Icarai, uma região classificada como densa urbana. A primeira figura, pertence ao ponto de melhor condição de recepção, localizado na orla da praia. A segunda e terceira figura representam pontos que estão localizados no interior da área urbanizada. Desta figura, pode ser observado que alguns canais têm recepção somente nos

pontos mais próximos dos transmissores e quando se adentra a região atingem o nível de ruído, ou têm níveis de energia abaixo do limiar de recepção do sistema de televisão digital, classificando estas faixas como livres, nestas áreas.

A Figura 4, apresenta os níveis de recepção do sinal para a região de São Francisco em três pontos com diferentes condições de recepção do sinal, da figura pode ser observado que o nível de recepção do sinal em vários pontos medidos está abaixo do limiar de detecção, criando oportunidades de espectro.

A. Espaços em Branco, Anatel e Medições

Inicialmente as medições foram comparadas com as alocações dos canais determinados pela Anatel. A figura 4 apresenta a alocação de canais por frequência outorgado pela Anatel. A figura 6 é uma medição realizada no ponto 9, que é ponto mais próximo do transmissor em relação aos outros pontos.

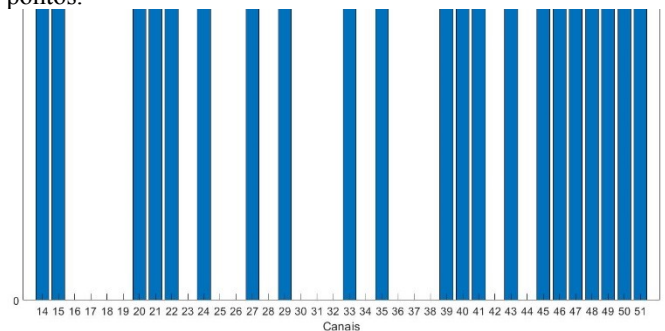


Fig. 5. Alocação de canais definido pela ANATEL para a faixa medida.

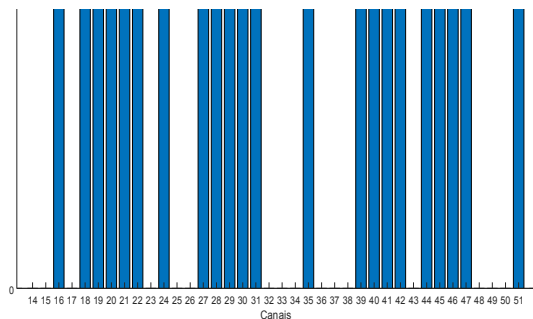


Fig. 6. Canais classificados como ocupados através de dados medidos e utilizando como critério o limiar de detecção, no ponto 9.

Analisado os canais listados na ANATEL com os canais que foram medidos no ponto 9, situado na praia de Icarai, conseguimos ver que os canais 14, 15, 33, 43, 48, 49, 50 estão licenciados para uso, mas não há recepção dos mesmos nesse ponto o que cria oportunidades no espectro. Além disso, há canais que não estão licenciados para uso e nas medições houve algum tipo de sinal sendo transmitido nesses canais (18, 28, 31, 42).



**B. Espaços em Branco e Oportunidades de Espectro via Limiar de Detecção.**

Conforme já explicado foi aplicado um limiar de detecção para definir a ocupação de um canal de 6 MHz. A figura 7 apresenta os canais ocupados produto de medição em campo no ponto 34. Este ponto está localizado na próxima rua paralela à praia de Icaraí. Desta medição podemos observar que alguns dos canais licenciados já não são mais percebidos, quando aplicado o critério de limiar de detecção, criando regiões de sombra. Ao se comparar os gráficos vemos um aumento de 21,05% de oportunidade de espectro além dos espaços em branco já identificados quando observamos os canais alocados pela agência reguladora às radio difusoras. Dos pontos medidos, foi possível observar que à medida em que se adentrava a região urbanizada o sinal diminuía sua potência criando novas regiões de sombra nestes locais. A partir desta análise surgem novos canais livres ou espaços em branco, aumentando a quantidade da banda disponível podendo ser utilizada por outros serviços secundários, sempre e quando não gerar nenhuma interferência no serviço primário.

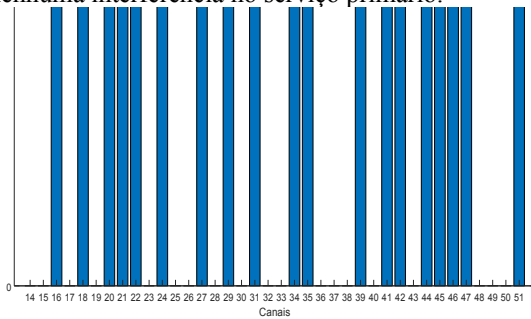


Fig. 7. Canais classificados como ocupados através de dados medidos e utilizando como critério o limiar de detecção, no ponto 34.

Utilizando este mesmo critério de análise, foram avaliados os outros pontos medidos de acordo com a localização e foi possível observar o mesmo comportamento. As tabelas I – IV, apresentam o ganho em espectro por quarteirão na região de Icaraí, juntando os espaços em branco e as oportunidades de espectro devidas às regiões de sombra.

TABELA I. OPORTUNIDADES DE BANDA PARA RUA MAIS PRÓXIMA DO TRANSMISSOR.

	Canais de 6 MHz	Canais de 12 MHz	Canais de 18 MHz
Pior Caso (66 MHz)	3	1	2
Melhor Caso (108 MHz)	2	3	5

TABELA II. OPORTUNIDADES DE BANDA PARA A 2ª RUA MAIS PRÓXIMA DO TRANSMISSOR.

	Canais de 6 MHz	Canais de 12 MHz	Canais de 18 MHz
Pior Caso (78 MHz)	5	1	2
Melhor Caso (138 MHz)	6	3	3

TABELA III. OPORTUNIDADES DE BANDA PARA 3ª RUA MAIS PRÓXIMA DO TRANSMISSOR.

	Canais de 6 MHz	Canais de 12 MHz	Canais de 18 MHz	Canais de 24 MHz
Pior Caso (72 MHz)	6	1	0	0
Melhor Caso (183MHz)	5	2	2	2

TABELA IV. OPORTUNIDADES DE BANDA PARA 4ª RUA MAIS PRÓXIMA DO TRANSMISSOR.

	Canais de 6 MHz	Canais de 12 MHz	Canais de 18 MHz	Canais de 24 MHz
Pior Caso (138 MHz)	7	3	2	1
Melhor Caso (60 MHz)	4	1	0	1

O número de canais livres vem aumentando à medida em que o sinal transmitido vai penetrando na região. Em alguns locais tem-se a possibilidade de usar serviços secundários com largura de banda de 20 MHz, para a região densa urbana. Na região do bairro São Francisco, a ocupação do espectro se assemelha a alocação dos canais definida pela ANATEL, mostrada na figura 5, sendo que os canais 14 e 15 não se mostraram presentes em nenhum ponto de medição.

**V. CONCLUSÕES**

Medições em duas regiões da área metropolitana de Niterói foram realizadas na faixa de frequências entre 470 MHz e 700 MHz. Na avaliação das oportunidades de espectro, primeiro foram comparadas as medições realizadas em campo com as alocações em frequência dos canais de televisão outorgados

pela Anatel. Desta primeira abordagem vemos que na região de Icarai, para o ponto de melhor recepção em relação aos outros pontos medidos, vemos que 7 canais de 6 MHz licenciados a operar estão vagos, produzindo um desperdício de 42 MHz de banda. Numa segunda análise são determinados o número de canais livres ou espaços em branco, aplicando o critério de limiar de detecção. Desta análise foi possível observar que 108 MHz se apresentam como uma oportunidade, representando 47,37% de banda. Numa última análise, foi verificada as oportunidades de espectro devido às condições de recepção, regiões de sombra. Desta abordagem, à medida que adentramos no ambiente urbanizado, outros canais ocupados passam a ter recepção pobre criando oportunidades de espectro devido a que a potência do sinal recebido está abaixo do limiar de detecção. Nesta análise podemos observar um ganho de 60,53% de banda adicional aos espaços em branco devidos a canais não utilizados pelas rádios difusoras.

#### AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

#### REFERÊNCIAS

- [1] Tanim M. Taher, *at al.*, “Long-term spectral occupancy findings in Chicago”, *proceedings of IEEE International Symposium on Dynamic Spectrum Access Networks (DySPAN)*, Aachen, Alemanha, Maio 2011.
- [2] I. Mitola, G. Q. Maguire, “Cognitive radio: making software radios more personal,” *IEEE Personal Commun.*, vol. 6, no. 4, 13–18, 1999.
- [3] A. Arteaga, A. Navarro, “Availability of TV White Spaces Using Spectrum Occupancy Information and Coverage Maps”, *IEEE Latin America Transactions*, v. 14, pp 2588 – 2591, Agosto 2016.
- [4] C. Kurnaz, B. K. Engiz, Z. E. Albayrak, “Determination of TV white space spectrum availability in Samsun Turkey”, *proceedings of Telecommunication Forum (TELFOR)*, Belgrado, Sérvia, Novembro 2016.
- [5] H. Maloku, Z. L. Fazliu, M. Ibrani, A. Mekuli, *at al.*, “Measurement of Frequency Occupancy Levels in TV Bands in Urban Environment in Kosovo”, *proceedings of Mediterranean Microwave Symposium (MMS)*, Istambul, Turquia, Novembro 2018.
- [6] *Televisão digital terrestre – Receptores ABNT NBR 15604*, Norma Técnica, pp 16, 2007.
- [7] Marcelo S. Alencar, Fabrício B. S. Carvalho, Waslon T. A. Lopes, “*Spectrum Sensing Techniques and Applications*”, Momentum Press, Nova York, 2018.