

6 Análise comparativa dos resultados

Neste capítulo são analisados criticamente os resultados das medições programadas nos locais apresentados no capítulo anterior. A análise inclui uma comparação entre as metodologias empregadas, destacando vantagens e desvantagens de cada uma.

6.1 Análise dos resultados

Na intensa campanha de medidas realizada ao longo do ano anterior até janeiro de 2005, diversas ERBs foram analisadas quanto aos níveis de radiação emitidos por suas antenas através da primeira metodologia. Dentre os locais, cinco foram selecionados, como proposta, para realizar medidas conjuntas utilizando o Analisador de Espectro (AE) e o Medidor Isotrópico (MI). Os níveis de radiação emitidos pela ERB de cada local medido são analisados em seguida.

✓ ERB Copacabana

De acordo com a figura 42 e a Tabela 11, como pode ser observado foram medidos 10 pontos. Os valores de densidade de potência foram menores quando utilizado o medidor seletivo (AE). Note que os menores níveis representam os locais mais distantes da fonte emissora de RF em conformidade com a teoria conforme equação (6). Para estes locais o medidor isotrópico (MI) não apresentou leitura em sua tela, devido a sua sensibilidade (aproximadamente 0.3 V/m) em comparação ao AE.

Para os pontos P1, P2, P3, P4, P8 e P9 houve variação na ordem de 10 a 100 vezes.

Os resultados apresentaram conformidade com os limites recomendados pelas normas internacionais [5, 6] e pela Anatel [4]. O maior valor (P7) medido com MI ($0,00244 \text{ mW/cm}^2$) não reflete apenas a radiação da ERB em análise, mas sim, um somatório de outras fontes emissoras na faixa coberta pela sonda. Este nível é 188 vezes menor que o limite para a frequência em análise (0,46

mW/cm²). No gráfico conjunto da figura 52, em função da escala, os valores medidos com o MI são evidenciados e apesar de maiores, atendem aos limites recomendados como seguros pelas normas vigentes. Nota-se que as maiores diferenças entre os valores de densidade medidos para esta ERB aconteceram para distâncias maiores que 70 metros.

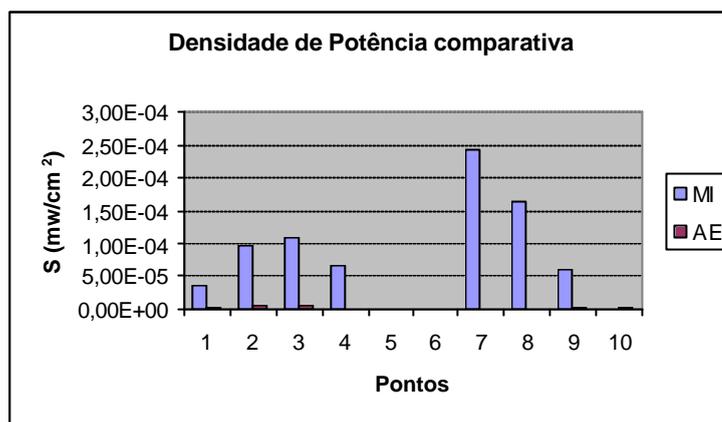


Figura 52 - Representação gráfica dos pontos medidos na ERB instalada em Copacabana

✓ ERB Méier

A análise feita para os resultados obtidos no bairro do Méier apresentou valores de densidade de potência um pouco superiores aos de Copacabana por diversos fatores, dentre eles: ERP, altura da antena e área de cobertura, todos maiores para a ERB do Méier. Dentre os 8 pontos medidos nas proximidades da ERB, registrados na tabela 12 e graficamente na figura 43, o ponto P7 apresentou uma densidade de potência maior quando medida com o MI. Este valor é aproximadamente 796 vezes menor que o limite recomendado como seguro pelas normas do ICNIRP [6] e da Anatel [4] para a frequência de operação do sistema.

O nível mais baixo medido com o AE, não apresentou leitura através do MI em função da baixa sensibilidade apresentada por este, conforme já mencionado, além da influência da vegetação obstruindo em parte a linha de visada. Quando inseridos no mesmo gráfico, os níveis medidos pelo Analisador de Espectro são tão menores que quase não aparecerem conforme, pode ser observado na figura 53.

Apesar das densidades medidas e teóricas apresentarem algumas diferenças, seus respectivos níveis segundo a Organização Mundial de Saúde (WHO) [2] não representam perigo à saúde humana, desde que sejam respeitados os limites.

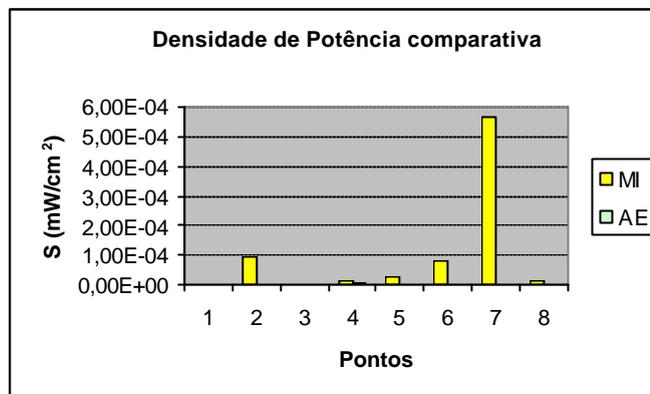


Figura 53 - Representação gráfica dos pontos medidos na ERB instalada no Méier

✓ ERB Botafogo

O terceiro local medido foi uma ERB do tipo “roof-top” instalada no bairro de Botafogo. Os pontos P1 e P5 medidos, localizados no 4º e 5º andares do prédio, são caracterizados como locais de exposição ocupacional. As sondas foram posicionadas na região de campo distante.

Note que os valores medidos estão coerentes pelas duas metodologias. Como pode ser observado, o maior valor medido P1 através do AE apresenta uma densidade de potência 16 vezes menor que o limite recomendado como seguro pelas normas (0,45 mW/cm²). Para o MI é 65 vezes menor.

Os pontos P2, P3, P4 e P6 são locais (salas e corredores) caracterizados como áreas de circulação e permanência das pessoas, sujeitas, portanto, à exposição de campos irradiados pelas antenas presentes nas proximidades. As densidades medidas são menores que os limites recomendados como seguros –eq. (4) - de acordo com as normas [5, 6].

Os pontos 7 a 10 estão localizados no terraço. O ponto 7 caracteriza um local de exposição ocupacional, restrito às pessoas não autorizadas, e que apresentou o maior valor de densidade de potência, ou seja, 0,00145mW/cm², quando medidos com o AE. Este valor comparado com o limite de exposição ocupacional - eq. (3) - é 1538 vezes menor. A maioria dos laudos e relatórios de

pesquisas analisados normalmente compara o limite de exposição para a população em geral, que é bem mais restritivo (5 vezes). Neste caso, a maior densidade de potência medida é 310 vezes menor. A figura 54 mostra as densidades comparativamente.

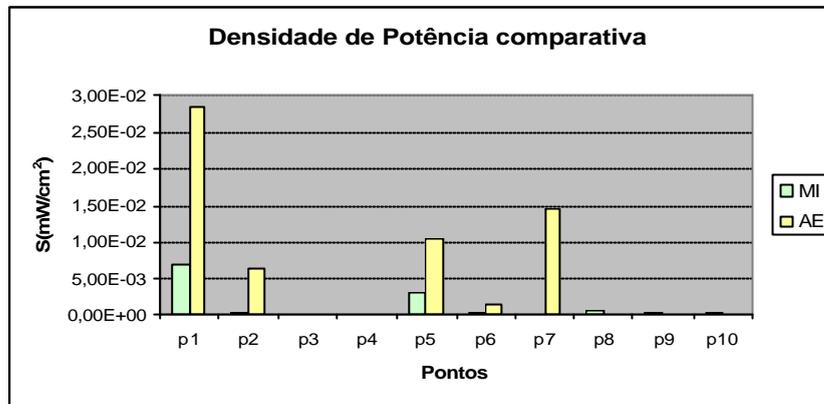


Figura 54 - Representação gráfica dos pontos medidos na ERB instalada em Botafogo

✓ ERB Gávea-Terraço Ed. Kennedy PUC

Um dos últimos locais analisados foi o terraço do edifício Kennedy. Foram realizadas medidas em pontos específicos. A maioria dos pontos, como nos casos anteriores, apresentou coerência para as duas metodologias utilizadas.

A discrepância entre os valores medidos para o ponto P1 é explicada pelo fato do local contemplar, também, antenas de ERB com tecnologia GSM não detectada na aquisição através do medidor seletivo (AE). Portanto, o “fator de pior caso” não foi aplicado. Caso contrário, a contribuição elevaria o valor medido pelo AE para $0,155 \times 10^{-3}$ mW/cm², mantendo, assim, a coerência entre os resultados obtidos com o MI conforme os casos anteriores analisados.

Os pontos P7 e P8 estão posicionados em local (L2) muito próximo de um telhado totalmente coberto com telhas de alumínio, formando os chamados “pontos quentes”, onde foram registrados os maiores níveis de radiação, conforme mostrado na tabela 14. Com relação ao ponto P8, especificamente, localizado na extremidade e de difícil acesso, este apresentou um nível muito baixo quando medido seletivamente. Este ponto está referenciado a uma antena de ERB com tecnologia CDMA. Com isso, convém aplicar o “fator de pior caso”, que eleva o valor estimado para $0,92 \times 10^{-4}$ mW/cm² no ponto em questão. Este mesmo ponto através do MI apresentou um valor bem maior, o que significa dizer que neste

ponto, houve a contribuição significativa dos níveis irradiados por outras fontes, principalmente pela antena próxima ao ponto P7, cujo diagrama cobre o ponto P8. Desta forma o nível medido em P8, próximo ao local multi-usuário (L2) registrou o maior valor, (0,0405 mW/cm²). Este valor corresponde a um nível de radiação 11 vezes menor que o limite para exposição em geral e de 55 vezes menor para exposição ocupacional estabelecidos pelas normas vigentes. Esta situação pode ser observada graficamente na figura 55.

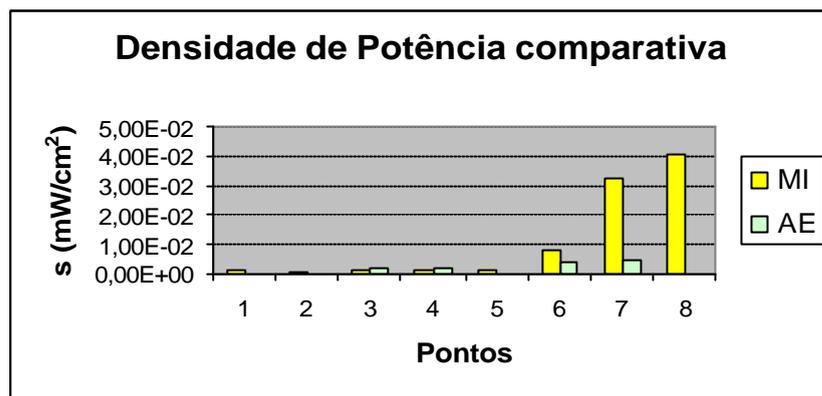


Figura 55 - Representação gráfica dos pontos medidos no terraço do Ed. Kennedy PUC

✓ ERB Gávea - Estacionamento PUC

Os pontos medidos no estacionamento são locais de circulação diária de pessoas. Portanto, os níveis medidos devem ser comparados aos limites de exposição para a população em geral. Os valores foram relativamente baixos e estão bem abaixo dos limites recomendados como seguros. De acordo com os resultados apresentados na tabela 15 e no gráfico da figura 48, observa-se que o maior valor de densidade de potência foi medido no local representado pelo ponto P4, localizado na direção das fontes radiantes, mantendo uma linha de visada sem qualquer tipo de obstrução (LOS). Mais uma vez, observa-se que à medida que se afasta da fonte, aumenta a variação entre os resultados medidos pelos dois instrumentos, mostrando a contribuição de outras fontes à fonte em análise na faixa dos celulares, tornando maiores os níveis de radiação medidos através da sonda isotrópica. Os resultados com variações a partir de duas casas decimais não são perceptíveis quando juntos no mesmo gráfico, conforme pode ser observado na figura 56.

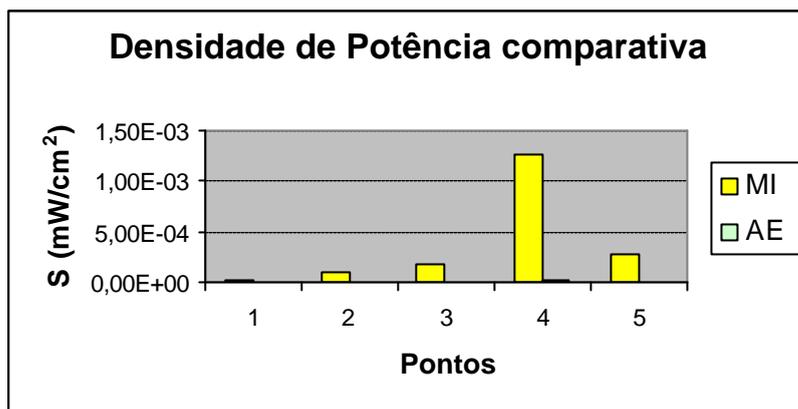


Figura 56 - Representação gráfica dos pontos medidos no estacionamento da PUC - Rio

✓ ERB - Condomínio ABV

O ultimo local analisado foi o condomínio situado no Alto da Boa Vista. Os valores de densidade de potência medidos nos 6 pontos mostrados na figura 51 e registrados na tabela 16 também estão em conformidade com as normas existentes. Observa-se que os níveis medidos pelas metodologias propostas estão muito próximos e apenas os pontos P5 e P6 (interno) apresentaram uma variação mais significativa, o que significa uma contribuição muito pequena de outras fontes radiantes, quando utilizado o medidor de campo portátil (MI). Observa-se também que as maiores variações ocorreram para os pontos mais afastados da fonte emissora. Os valores medidos comparativamente estão mostrados graficamente na figura 57.

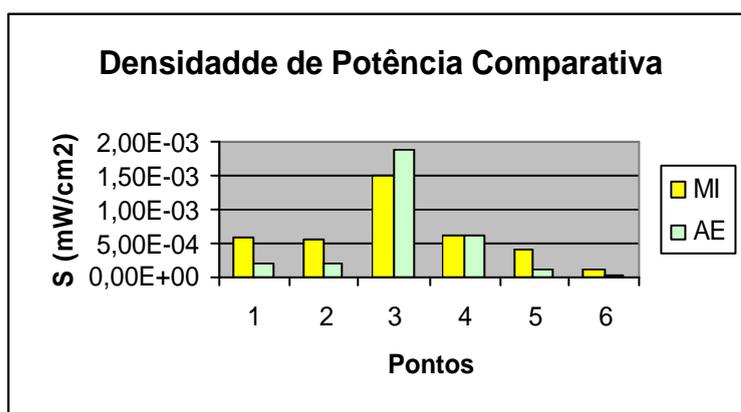


Figura 57 - Representação gráfica dos pontos medidos no condomínio ABV

Em todos os locais analisados verifica-se que, para os pontos de medição mais próximos das antenas, houve pouca variação entre as técnicas utilizadas. As medidas realizadas nas ERBs de Botafogo, no terraço do Ed.Kennedy e no Alto da Boa Vista apresentaram características semelhantes para determinados pontos distantes até 70m da fonte principal. Observa-se que as diferenças dos níveis de radiação nestes locais foram mínimas (até 10 vezes). Isto significa que os sinais medidos foram predominantemente os das fontes radiantes em análise. As contribuições de outras fontes interferentes nestes locais detectadas através do MI foram muito pequenas. Neste caso, as duas metodologias podem ser aplicadas. Os pontos estão mostrados na tabela 17.

Os pontos referentes a Copacabana e Méier também apresentam as mesmas características, muito embora representem locais de exposição populacional. Para os demais pontos mais afastados da fonte, nos diversos locais analisados, as variações foram maiores, mesmo estando em linha de visada (LOS) com a fonte radiante, o que significa que para os pontos de medidas em questão, o medidor isotrópico adiciona a contribuição de outras fontes de radiação dentro da faixa de cobertura da sonda.

Pontos com variação mínima (até 10vezes)				
Copacabana	Méier	Botafogo	Puc _{Kennedy}	ABV
P1	P4	P1	P3	P1
P2	P5	P2	P4	P2
P4		P5	P5	P3
P9		P6	P6	P4
		P7	P7	P5
		P8		P6

Tabela 17 - Pontos medidos pelas duas metodologias até 70m da fonte que apresentaram pequenas variações (até 10 vezes)

Em todos os casos apresentados e analisados, existe uma conformidade entre os valores medidos tanto com o analisador de espectro, quanto com o medidor isotrópico, quando comparados aos limites estabelecidos como seguros pelas normas atuais.

6.2

Vantagens e desvantagens dos equipamentos de medidas

Conforme observado na seção anterior, os resultados apresentados através das duas metodologias apresentaram valores coerentes de densidades de potência. Os níveis medidos são considerados seguros porque estão bem abaixo dos limites recomendados pelas normas atuais [4, 6].

Em termos práticos, dependendo do objetivo e da aplicação dos resultados dos níveis de radiação aquisitados, pode-se utilizar tanto o AE quanto o MI.

Durante a aplicação das metodologias observaram-se vantagens e desvantagens durante o processo de medidas.

1. Quanto ao Analisador de Espectro:

✓ Vantagens:

- permite identificar a contribuição da operadora quando a energia eletromagnética presente é resultante da soma de componentes de diferentes frequências;

- Fácil operação e transferência de dados;

- Identifica sinais predominantes em outras faixas diferentes da pesquisada;

- Cobre toda a faixa de frequência para os serviços celulares dispensando o uso de antenas adicionais;

✓ Desvantagens:

As desvantagens são apenas de ordem prática:

- Conjunto instrumental volumoso, o que dificulta sua movimentação em campo quando não houver energia elétrica comercial;

- Necessita de mais recursos humanos para medidas de campo.

2. Quanto ao Medidor Isotrópico

✓ Vantagens:

- Fornece o resultado das medidas na unidade programada, ou seja, V/m, A/m, W/m² ou mW/cm²;

- Executa autocalibração no momento em que o medidor é energizado;

- Mede campos eletromagnéticos incluindo diferentes fontes dentro da faixa de frequência da sonda utilizada;

- Utiliza menos recursos humanos para medidas de campo;
- Leve e compacto e de fácil transporte.

✓ Desvantagens:

- Não mede campos abaixo de 0,3V/m (quando convertidos para densidade de potência, apresenta leitura “zero” no medidor);
- Não identifica os níveis de contribuição da operadora em locais multi-usuários.

Considerando as vantagens e desvantagens apresentadas, pode-se concluir que a solução “ideal” de medição é o uso de um Medidor Isotrópico seletivo.