

Sistemas de Comunicações Móveis

# GSM / UMTS

## Aferição da Qualidade de Serviço

Avaliação da QoS dos Serviços de Voz (GSM), Videotelefonia (UMTS) e Cobertura das Redes (GSM e WCDMA), nos principais Aglomerados Urbanos e Eixos Rodoviários das Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira.

Junho / Julho de 2009



## SIGLAS E ACRÓNIMOS

|            |  |
|------------|--|
| CoDec      | Codificador/Descodificador.  |
| CPICH RSCP | <i>Common Pilot Channel, Received Signal Code Power</i> – Nível de sinal recebido por um terminal móvel (WCDMA).   |
| ETSI       | <i>European Telecommunications Standards Institute</i> – Instituto Europeu de Normas de Telecomunicações.  |
| GSM        | <i>Global System for Mobile communications</i> – Sistema de Comunicações Móveis de segunda geração (2G).   |
| ITU        | <i>International Telecommunications Union</i> – União Internacional de Telecomunicações.   |
| MOS        | <i>Mean Opinion Score</i> – Índice de qualidade que quantifica o esforço necessário para se perceber uma comunicação do tipo extremo-a-extremo. Apresenta como limites os valores 0 (zero), quando não há comunicação, e 5 (cinco), quando a comunicação é perfeita. O valor “zero” não aparece nos resultados porque apenas são consideradas situações em que a ligação foi estabelecida e mantida durante um período predefinido. O “cinco” também não ocorre nos resultados porque os <i>CoDec</i> , utilizados pelas redes móveis, não possibilitam tão elevado valor de qualidade de voz ou de vídeo (a qualidade de voz ou de vídeo obtida com os <i>CoDec</i> normalmente utilizados apresenta valores MOS inferiores a 4,5). |
| PESQ       | <i>Perceptual Evaluation of Speech Quality</i> – Algoritmo utilizado na análise da qualidade áudio de uma comunicação de voz (Recomendado pelo ITU: <i>ITU-T Recommendation P.862 (02/2001)</i> ; <i>ITU-T Recommendation P.862.1 (11/2003)</i> ).   |
| RDIS       | <i>Rede Digital com Integração de Serviços</i> – Tecnologia utilizada na rede fixa de acesso.  |
| RF         | Rádio Frequência.  |
| RxLev      | <i>Received signal level</i> – Nível de sinal recebido por um terminal móvel (GSM).  |
| Scanner    | Equipamento de medida que permite recolher níveis de sinal radioelétrico para cada canal de uma banda de frequência.   |
| SQuad-LQ   | <i>SwissQual's speech quality algorithm for Listening Quality</i> – Algoritmo desenvolvido pela <i>SwissQual</i> para análise da qualidade áudio de uma comunicação.   |
| UMTS       | <i>Universal Mobile Telecommunications System</i> – Sistema de Comunicações Móveis de terceira geração (3G).   |
| VQuad      | <i>Objective Model for Video Quality Assessment</i> – Algoritmo utilizado na análise da qualidade vídeo de uma comunicação (desenvolvido pela <i>SwissQual</i> ).  |
| WCDMA      | <i>Wideband Code Division Multiple Access</i> – Tecnologia utilizada na componente radioelétrica dos sistemas de comunicações UMTS.  |



*Índice*

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>I</b> | <b>Sumário Executivo .....</b>  | <b>7</b>  |
| I.I      | Enquadramento Geral.....  | 7         |
| I.II     | Principais Resultados e Conclusões.....                                 | 11        |
| <b>1</b> | <b>Aferição da Qualidade de Serviço .....</b>                           | <b>25</b> |
| 1.1      | Objectivo .....   | 25        |
| 1.2      | Serviços Analisados.....  | 25        |
| 1.2.1    | Serviços de Telefonia:.....   | 25        |
| 1.2.2    | Independente dos Serviços:.....   | 25        |
| <b>2</b> | <b>Metodologia .....</b>  | <b>26</b> |
| 2.1      | Aspectos Fundamentais.....  | 26        |
| 2.2      | Principais Indicadores de QoS.....                                      | 26        |
| 2.2.1    | Independentes do Serviço .....  | 27        |
| 2.2.1.1  | Disponibilidade da Rede Radioelétrica (Cobertura) .....                 | 27        |
| 2.2.2    | Serviços de Telefonia.....  | 28        |
| 2.2.2.1  | Acessibilidade do Serviço (de voz ou de videotelefonia) .....           | 28        |
| 2.2.2.2  | Tempo de Estabelecimento de Chamadas (de voz ou de videotelefonia)..... | 28        |
| 2.2.2.3  | Taxa de Terminação de Chamadas (de voz ou de videotelefonia).....       | 28        |
| 2.2.2.4  | Qualidade Áudio de Chamada (de voz ou de videotelefonia).....           | 28        |
| 2.2.2.5  | Qualidade Vídeo de Chamada de Videotelefonia .....                      | 30        |
| 2.3      | Perfis de Medida .....  | 32        |
| 2.3.1    | Aspectos Gerais.....  | 32        |
| 2.3.2    | Cobertura .....   | 33        |
| 2.3.3    | Serviços de Telefonia.....  | 33        |
| 2.3.3.1  | Serviço de Voz .....  | 34        |
| 2.3.3.2  | Serviço de Videotelefonia .....   | 34        |
| 2.4      | Sistema de Teste/Medida e Pós-Processamento.....                        | 35        |
| <b>3</b> | <b>Amostra do Estudo .....</b>  | <b>37</b> |
| 3.1      | Locais Analisados .....   | 37        |
| 3.2      | Dimensão da Amostra.....  | 37        |
| 3.3      | Condições de Recolha de Dados.....                                      | 37        |
| <b>4</b> | <b>Resultados Agregados .....</b>                                       | <b>38</b> |
| 4.1      | Região Autónoma dos Açores .....  | 38        |
| 4.1.1    | Aglomerados Urbanos .....   | 38        |
| 4.1.1.1  | Serviço de Voz (GSM) .....  | 38        |
| 4.1.1.2  | Serviço de Videotelefonia (UMTS) .....                                  | 40        |
| 4.1.1.3  | Cobertura das Redes.....  | 43        |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 4.1.2   | Eixos Rodoviários .....                | 45 |
| 4.1.2.1 | Serviço de Voz (GSM) .....             | 45 |
| 4.1.2.2 | Serviço de Videotelefonia (UMTS) ..... | 47 |
| 4.1.2.3 | Cobertura das Redes .....              | 50 |
| 4.1.3   | Global .....                           | 52 |
| 4.1.3.1 | Serviço de Voz (GSM) .....             | 52 |
| 4.1.3.2 | Serviço de Videotelefonia (UMTS) ..... | 54 |
| 4.1.3.3 | Cobertura das Redes .....              | 57 |
| 4.2     | Região Autónoma da Madeira .....       | 65 |
| 4.2.1   | Aglomerados Urbanos .....              | 65 |
| 4.2.1.1 | Serviço de Voz (GSM) .....             | 65 |
| 4.2.1.2 | Serviço de Videotelefonia (UMTS) ..... | 67 |
| 4.2.1.3 | Cobertura das Redes .....              | 70 |
| 4.2.2   | Eixos Rodoviários .....                | 72 |
| 4.2.2.1 | Serviço de Voz (GSM) .....             | 72 |
| 4.2.2.2 | Serviço de Videotelefonia (UMTS) ..... | 74 |
| 4.2.2.3 | Cobertura das Redes .....              | 77 |
| 4.2.3   | Global .....                           | 79 |
| 4.2.3.1 | Serviço de Voz (GSM) .....             | 79 |
| 4.2.3.2 | Serviço de Videotelefonia (UMTS) ..... | 81 |
| 4.2.3.3 | Cobertura das Redes .....              | 84 |

**Apêndice – Resultados individuais, por aglomerado urbano e principais eixos rodoviários de cada ilha.**

## I SUMÁRIO EXECUTIVO

### I.1 ENQUADRAMENTO GERAL

A Autoridade Nacional de Comunicações (ANACOM) realizou, em Junho e Julho de 2009, uma avaliação da qualidade dos serviços móveis de voz (GSM), videotelefonia (UMTS) e cobertura das redes (GSM e WCDMA), disponibilizados pelos operadores OPTIMUS, TMN e VODAFONE nos principais aglomerados urbanos – Ponta Delgada, Angra do Heroísmo e Funchal – e eixos rodoviários de todas as ilhas das Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira, através da análise de parâmetros técnicos que traduzem a percepção de qualidade na óptica do consumidor.

A metodologia seguida neste estudo assenta na realização de testes de campo, efectuados na perspectiva do utilizador com recurso a um sistema automático de medida, reflectindo os vários aspectos que afectam a qualidade dos serviços (medições extremo-a-extremo). As medições foram efectuadas em igualdade de condições para os três operadores, nomeadamente em simultâneo, nos mesmos locais e com as mesmas parametrizações, permitindo uma análise comparativa dos desempenhos observados.

Foram analisados os principais indicadores de qualidade, tendo em conta a perspectiva do utilizador e os serviços objecto de estudo:

1. **Cobertura das Redes** – Disponibilidade das redes radioelétricas GSM e WCDMA (UMTS);
2. **Acessibilidade do Serviço** (de voz ou de videotelefonia) – probabilidade de sucesso no estabelecimento de chamadas;
3. **Tempo de Estabelecimento de Chamadas** (de voz ou de videotelefonia) – período de tempo que a rede demora a estabelecer a comunicação, após o envio correcto do pedido (número de telefone de destino);
4. **Taxa de Terminação de Chamadas** (de voz ou de videotelefonia) – Probabilidade de uma chamada, depois de estabelecida com sucesso, se manter activa durante um período de tempo, terminando de forma normal, ou seja, de acordo com a vontade do utilizador;
5. **Qualidade Áudio de Chamada** (de voz ou de videotelefonia) – perceptibilidade da conversação durante uma chamada;
6. **Qualidade Vídeo de Chamada** (Videotelefonia) – perceptibilidade da componente vídeo da comunicação.

A análise da qualidade vídeo, do serviço de videotelefonia, apresenta melhorias face aos estudos realizados em anos anteriores. Esta avaliação passou a ser efectuada em simultâneo nos dois sentidos da comunicação (*full-duplex*), reflectindo com maior rigor a utilização comum do serviço de videotelefonia.

As medidas de campo decorreram, em dias úteis e durante as horas normais de trabalho, entre 14 de Junho e 24 de Julho de 2009. Foram efectuadas 9.071 chamadas de teste e 1.804.310 medidas de nível de sinal radioelétrico, o que corresponde a cerca de 82 horas de medidas ao longo de 3.274 quilómetros.

A amostra utilizada permitiu que os resultados globais obtidos, por cada operador, apresentem erros de precisão máximos inferiores a 4,1%, no arquipélago dos Açores, e inferiores a 4,9%, no arquipélago da Madeira, com nível de confiança de 95%.

Face à taxa de penetração destes serviços, à diversidade de equipamentos terminais utilizados e à própria subjectividade inerente a cada utente, torna-se impossível a reprodução rigorosa das condições de interacção de cada consumidor com as redes. Neste contexto, os resultados deste estudo devem ser encarados como um indicador do comportamento global dos sistemas de comunicações móveis, não se pretendendo avaliar o cumprimento das licenças por parte dos operadores móveis. A transposição/extrapolação dos resultados obtidos para situações específicas requer alguma prudência, sob risco de, se tal não for feito, serem tomadas conclusões enviesadas sobre a realidade em causa.

As opções técnicas e metodológicas tomadas neste estudo influenciaram directamente os resultados obtidos e devem ser tidas em consideração na análise dos resultados, designadamente as seguintes:

- A realização de testes foi suportada exclusivamente numa solução técnica (*hardware* e *software*), processando-se de forma totalmente automática, permitindo o estabelecimento homogéneo das condições de aferição para os três operadores e a eliminação de subjectividade inerente ao utilizador humano;
- As alterações introduzidas na metodologia de análise da qualidade vídeo impossibilitam que os resultados deste indicador, observados neste estudo, sejam directamente comparáveis com os registados em estudos anteriores;
- Foram utilizados equipamentos terminais *NOKIA N95* e *NOKIA 6680*;



- Os testes foram realizados com viaturas em movimento e com antenas exteriores (sem ganho);
- A duração das chamadas, tanto em voz como em videotelefonia, foi de 120 segundos;
- Os testes de voz foram realizados com selecção manual da infra-estrutura 2G (GSM), enquanto os testes de videotelefonia foram realizados com selecção automática de infra-estrutura 2G ou 3G (GSM/UMTS);
- Os indicadores de cobertura, em particular a cobertura WCDMA, não têm em consideração a carga das redes (número de utilizadores em simultâneo e tipo de serviços utilizados);
- Os resultados do estudo reflectem apenas o comportamento das redes nos locais e momentos em que foram efectuadas as medidas;
- Por outro lado, os operadores estão em permanente melhoramento das suas redes. As intervenções técnicas necessárias a esses melhoramentos podem provocar, na área geográfica de intervenção, degradações momentâneas do serviço.



## I.II PRINCIPAIS RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os sistemas de comunicações móveis dos operadores OPTIMUS, TMN e VODAFONE apresentam desempenhos heterogéneos nas regiões autónomas dos Açores e da Madeira. Os indicadores de qualidade de serviço mostram diferenças significativas entre operadores, tecnologias e tipo de locais analisados.

Para os resultados observados contribui significativamente o facto do operador OPTIMUS não apresentar cobertura WCDMA em todo o arquipélago dos Açores e em GSM apenas estar presente em 5 das 9 ilhas. Os operadores TMN e VODAFONE também não apresentam cobertura WCDMA nas ilhas das Flores e do Corvo.

Nas ilhas em que as redes dos operadores estão presentes, de um modo geral, a cobertura GSM é mais abrangente do que a cobertura WCDMA, no entanto, em ambas as tecnologias, subsistem largas zonas com cobertura radioelétrica deficiente ou mesmo inexistente, especialmente nos eixos rodoviários.

O serviço de voz apresenta bons desempenhos nas zonas urbanas. Nos eixos rodoviários, em especial nos dos Açores, observa-se uma degradação deste serviço, no que toca aos indicadores *Acessibilidade do Serviço* e *Taxa de Terminação de Chamadas*. No caso do operador OPTIMUS, a *Acessibilidade do Serviço* de voz nos eixos rodoviários dos Açores não vai além de 53%.

O desempenho do serviço de videotelefonía nos aglomerados urbanos é semelhante ao do serviço de voz, com excepção do operador OPTIMUS nos Açores, já que este operador não dispõe de rede WCDMA neste arquipélago. Nos eixos rodoviários, o desempenho de videotelefonía fica aquém do de voz, nomeadamente o indicador *Acessibilidade do Serviço*, devido à existência de largas zonas sem cobertura radioelétrica WCDMA. Nos Açores registam-se os níveis mais baixos deste indicador, não ultrapassando 70% e 66% para TMN e VODAFONE, respectivamente, e sendo mesmo nulos para a OPTIMUS.

## Coberturas das Redes GSM e WCDMA

A cobertura das redes móveis apresenta diferenças significativas entre operadores, tecnologias e tipo de locais analisados. De uma forma geral os operadores apresentam melhor cobertura em GSM do que em WCDMA e também melhor cobertura nas zonas urbanas do que nos eixos rodoviários.

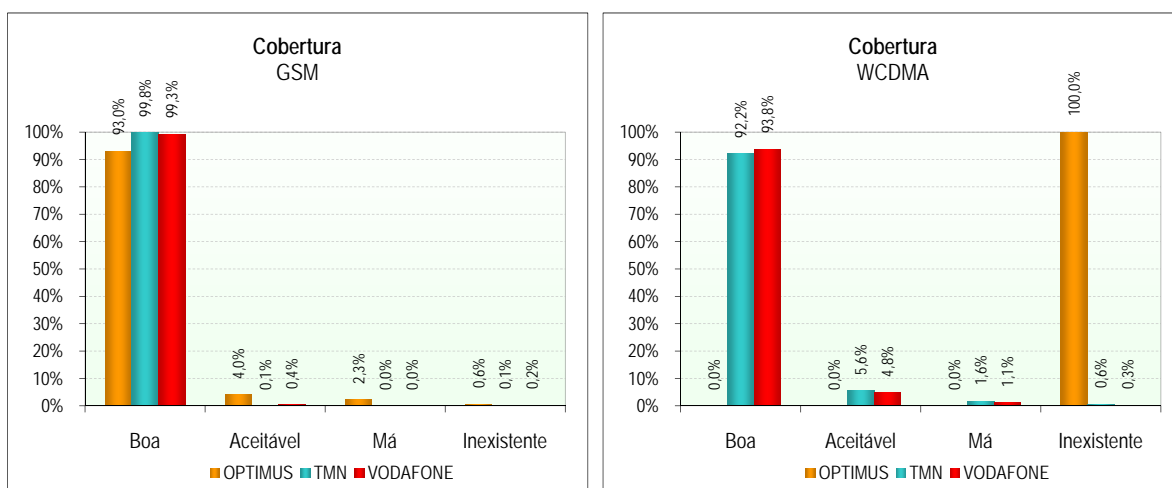


Figura 1 – Indicador *Cobertura*, nos Aglomerados Urbanos da R. A. dos Açores.

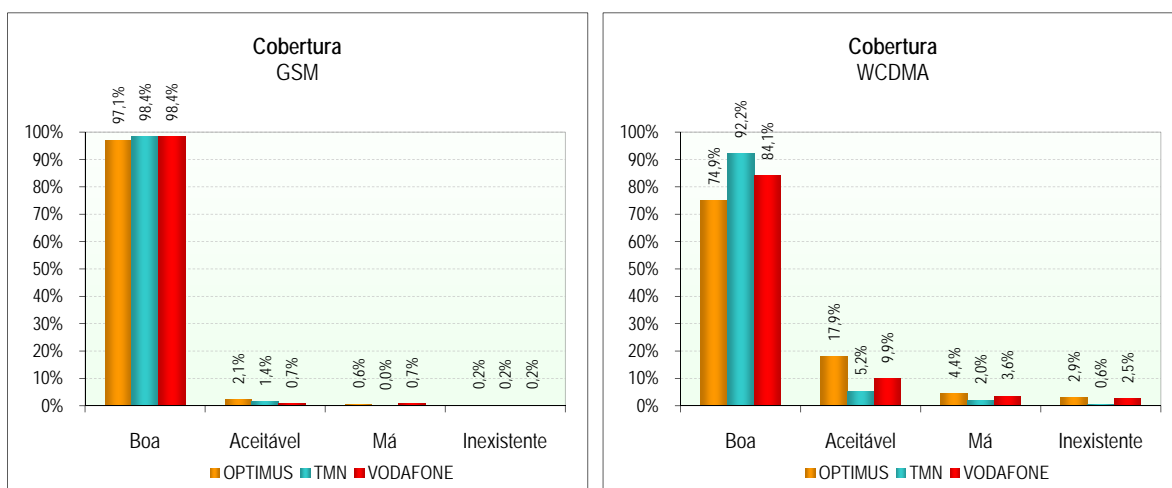


Figura 2 – Indicador *Cobertura*, nos Aglomerados Urbanos da R. A. da Madeira.

Nos aglomerados urbanos (Figura 1 e Figura 2), os operadores TMN e VODAFONE apresentam boa cobertura GSM, tanto no arquipélago dos Açores como no da Madeira. Já em WCDMA observam-se diferenças entre os dois arquipélagos: nos Açores os resultados registados por estes operadores são bons, embora inferiores aos de GSM, enquanto na Madeira a TMN apresenta bons níveis de cobertura, iguais aos registados nos Açores, enquanto os da VODAFONE são significativamente inferiores. Por seu lado, o operador OPTIMUS apresenta resultados distintos nas duas regiões autónomas analisadas.

Na Madeira (Figura 2), em GSM regista níveis semelhantes aos observados para os operadores TMN e VODAFONE enquanto em WCDMA fica muito aquém destes operadores com apenas 74,9% das medições com boa cobertura. Nos Açores (Figura 1), em GSM os resultados são significativamente inferiores aos registados pelos outros dois operadores estudados, embora ainda bons, enquanto em WCDMA a cobertura é inexistente.

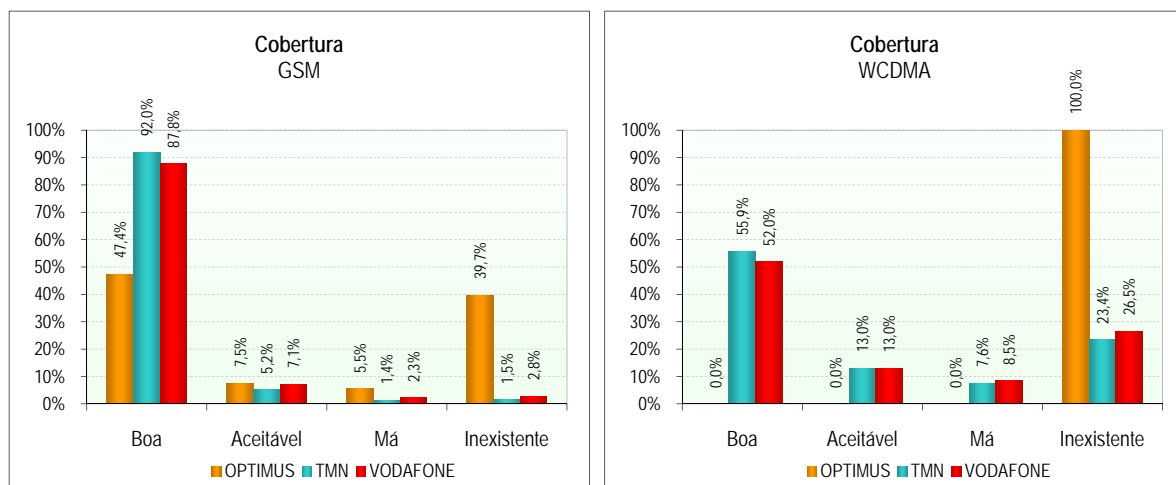


Figura 3 – Indicador Cobertura, nos Eixos Rodoviários da R. A. dos Açores.

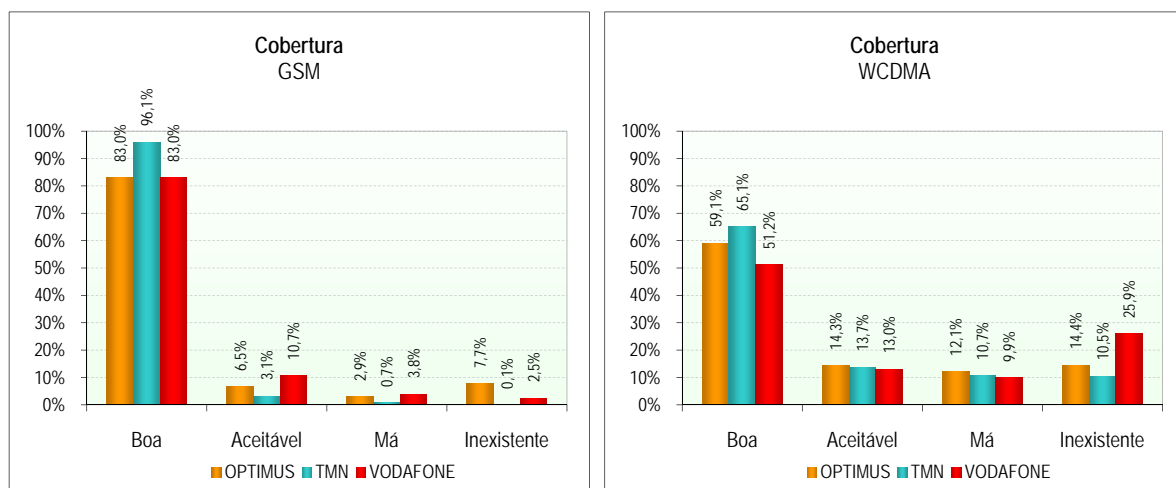


Figura 4 – Indicador Cobertura, nos Eixos Rodoviários da R. A. da Madeira.

Os eixos rodoviários (Figura 3 e Figura 4) apresentam largas zonas com cobertura deficiente ou mesmo inexistente, principalmente nos Açores e para a tecnologia WCDMA.

Em GSM, o operador OPTIMUS apresenta os desempenhos mais baixos, com níveis de boa cobertura de 47,4%, no arquipélago dos Açores, e de 83%, no arquipélago da Madeira.

Em WCDMA, o arquipélago dos Açores regista os índices de cobertura mais baixos, já que o operador OPTIMUS não está presente em qualquer ilha e a TMN e VODAFONE não estão presentes nas ilhas das Flores e do Corvo. Os níveis de boa cobertura da TMN e VODAFONE situam-se em 55,9% e 52%, respectivamente. No arquipélago da Madeira, a TMN apresenta a melhor cobertura WCDMA, embora o nível de boa cobertura não ultrapasse 65,1%, enquanto no extremo oposto encontra-se a VODAFONE com 51,2% de boa cobertura.

### Serviço de Voz (GSM)

O serviço de voz, no que toca aos indicadores *Acessibilidade do Serviço* e *Taxa de Terminação de Chamadas*, apresenta desempenhos distintos nos aglomerados urbanos e eixos rodoviários analisados. Em termos globais, o desempenho é melhor nas zonas urbanas do que nos eixos rodoviários.

Nos aglomerados urbanos (Figura 5 e Figura 6), tanto do arquipélago dos Açores como no da Madeira, observam-se bons níveis destes indicadores sendo na sua maioria superiores a 97,5%, com excepção da *Acessibilidade do Serviço* do operador VODAFONE nos Açores, que regista 94%, e da *Taxa de Terminação de Chamadas* da TMN na Madeira, que regista 90,8%.

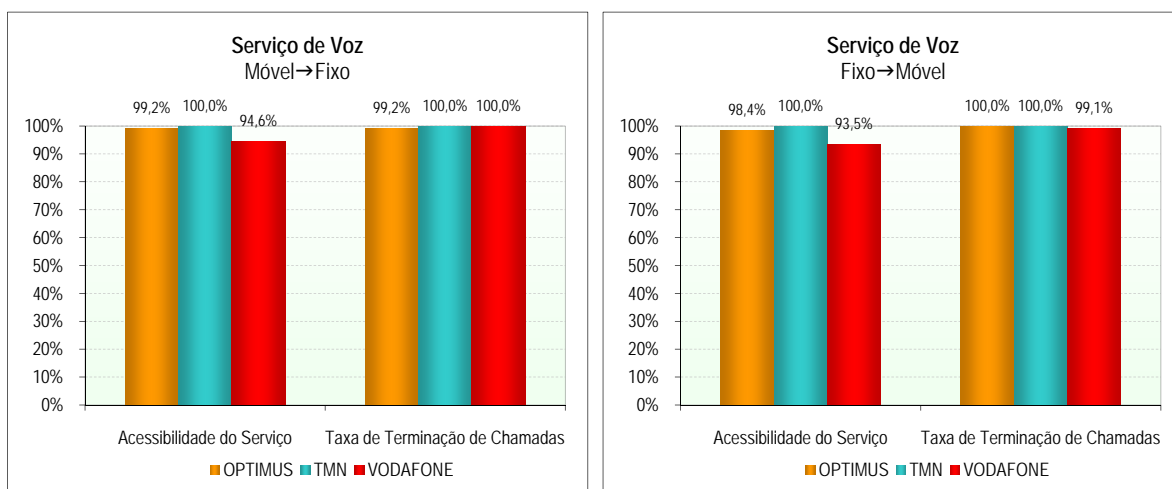


Figura 5 – Indicadores *Acessibilidade de Serviço* e *Taxa de Terminação de Chamadas*, nos Aglomerados Urbanos da R. A. dos Açores.

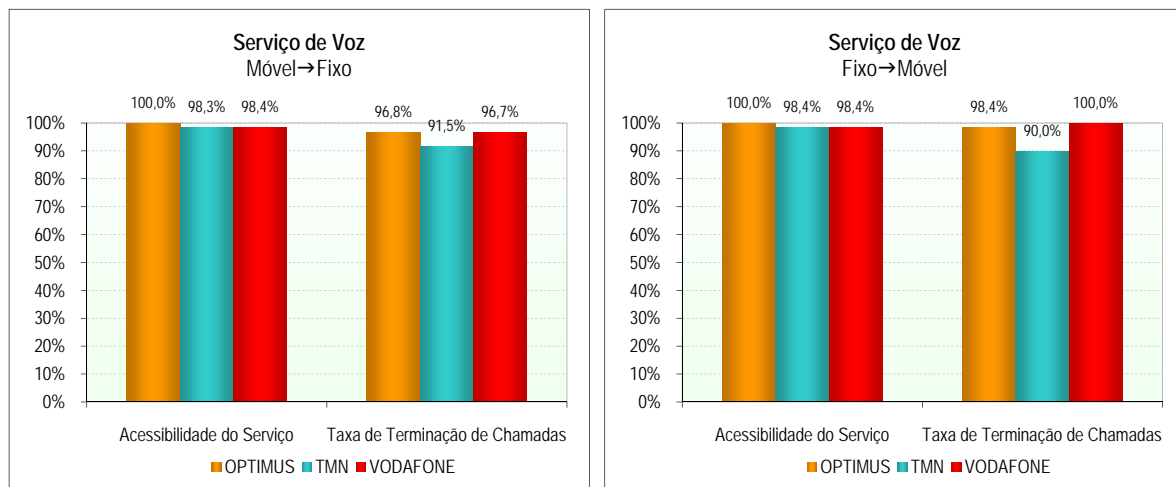


Figura 6 – Indicadores *Acessibilidade de Serviço* e *Taxa de Terminação de Chamadas*, nos Aglomerados Urbanos da R. A. da Madeira.

Nos eixos rodoviários (Figura 7 e Figura 8), observa-se uma degradação generalizada destes indicadores, causada principalmente pelas inúmeras zonas com má ou inexistente cobertura radioelétrica das redes móveis. A degradação mais acentuada é registada pelo operador OPTIMUS na região autónoma dos Açores, com *Acessibilidade do Serviço* de 53%.

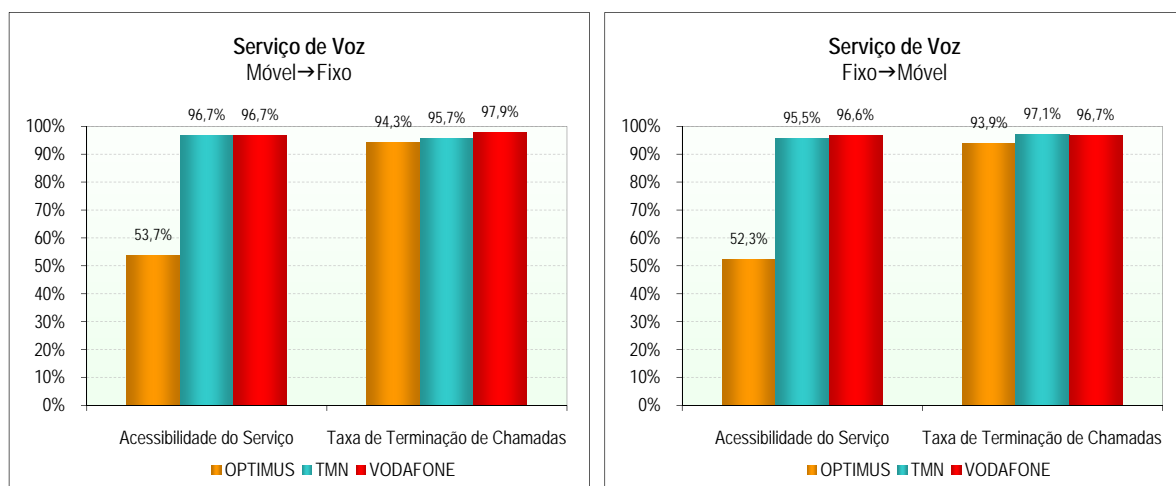


Figura 7 – Indicadores *Acessibilidade de Serviço* e *Taxa de Terminação de Chamadas*, nos Eixos Rodoviários da R. A. dos Açores.

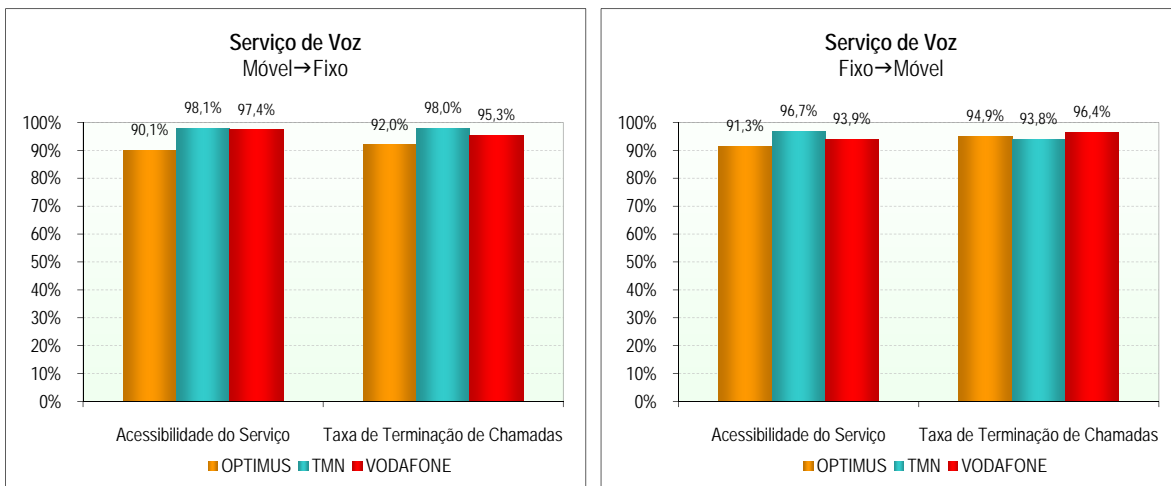


Figura 8 – Indicadores *Acessibilidade de Serviço* e *Taxa de Terminação de Chamadas*, nos Eixos Rodoviários da R. A. da Madeira.

Os sistemas de comunicações móveis dos operadores OPTIMUS, TMN e VODAFONE apresentam bons tempos médios de estabelecimento de chamadas de voz, independentemente dos locais analisados (Figura 9, Figura 10, Figura 11 e Figura 12).

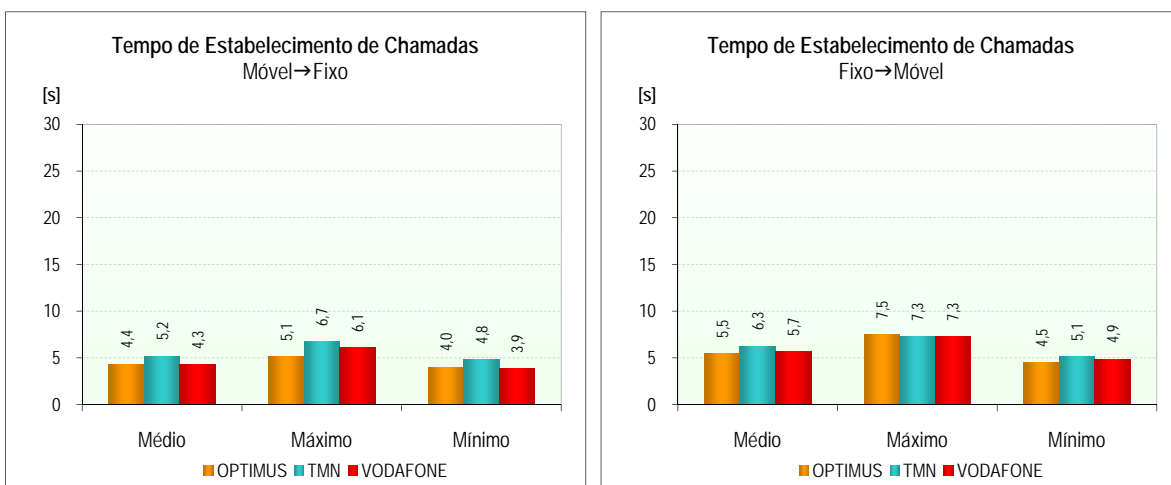


Figura 9 – Indicador *Tempo de Estabelecimento de Chamadas*, nos Aglomerados Urbanos da R. A. dos Açores.



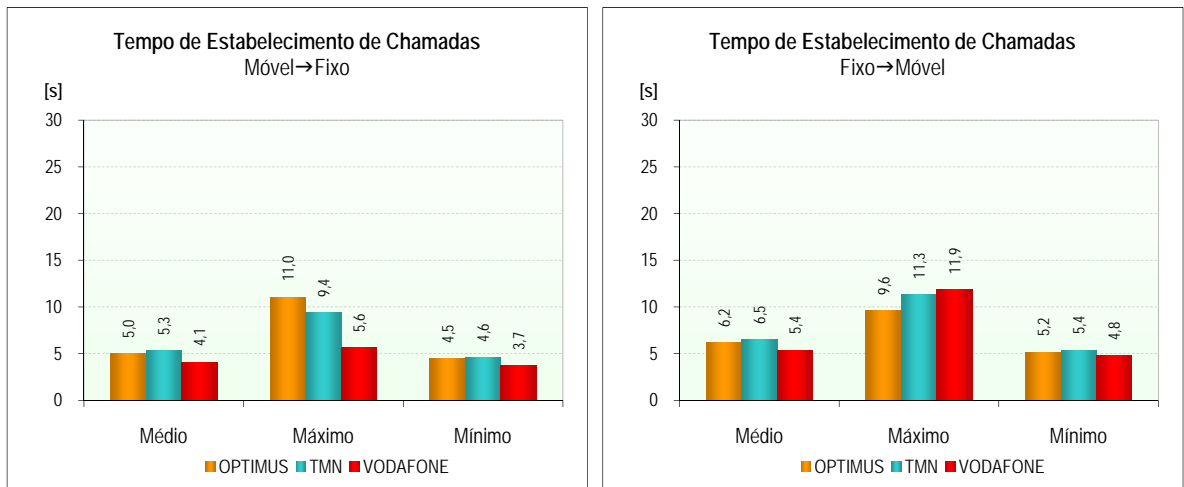


Figura 10 – Indicador Tempo de Estabelecimento de Chamadas, nos Aglomerados Urbanos da R. A. da Madeira.

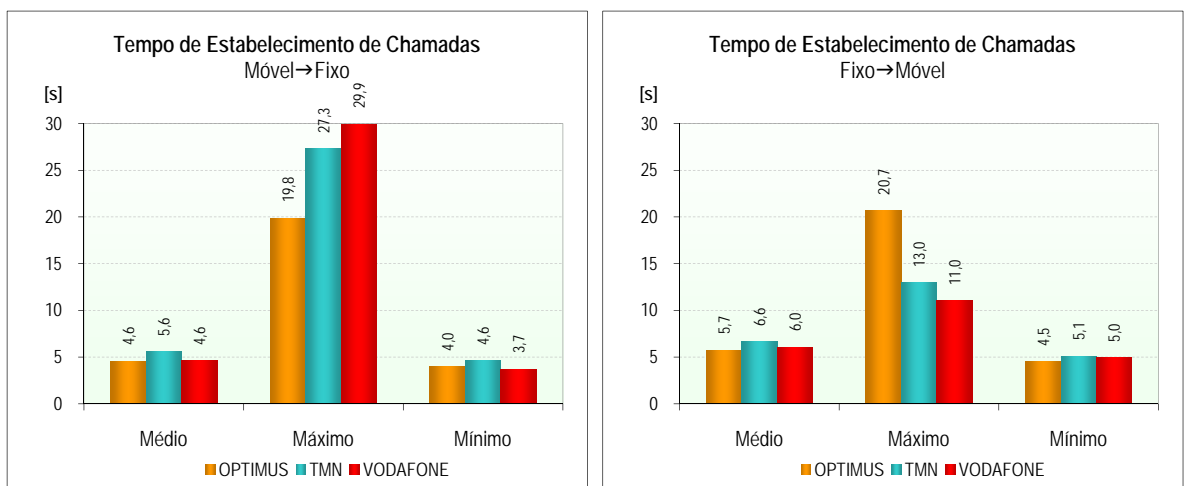


Figura 11 – Indicador Tempo de Estabelecimento de Chamadas, nos Eixos Rodoviários da R. A. dos Açores.

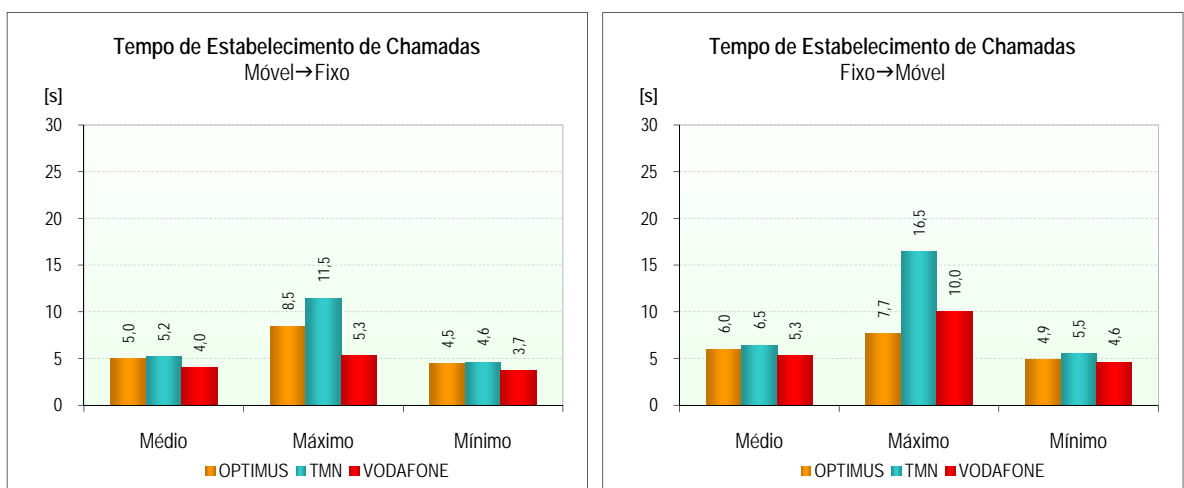


Figura 12 – Indicador *Tempo de Estabelecimento de Chamadas*, nos Eixos Rodoviários da R. A. da Madeira.

As chamadas de voz, terminadas de forma normal (120 segundos de duração), apresentam boa *Qualidade Áudio* média, tanto nas zonas urbanas como nos principais eixos rodoviários dos arquipélagos dos Açores e da Madeira, sendo pouco significativas as diferenças entre operadores (Figura 13, Figura 14, Figura 15 e Figura 16).

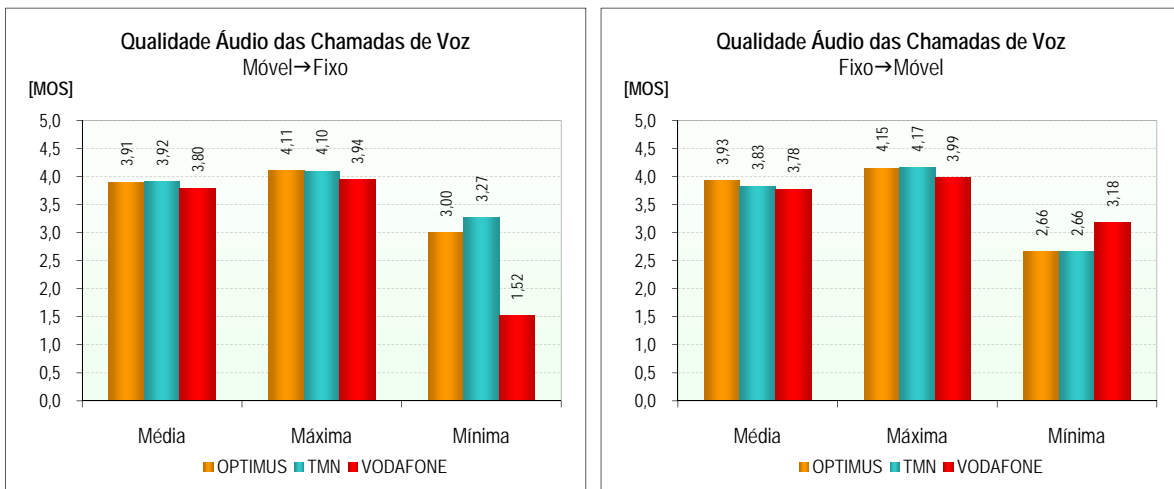


Figura 13 – Indicador *Qualidade Áudio das Chamadas*, nos Aglomerados Urbanos da R. A. dos Açores.

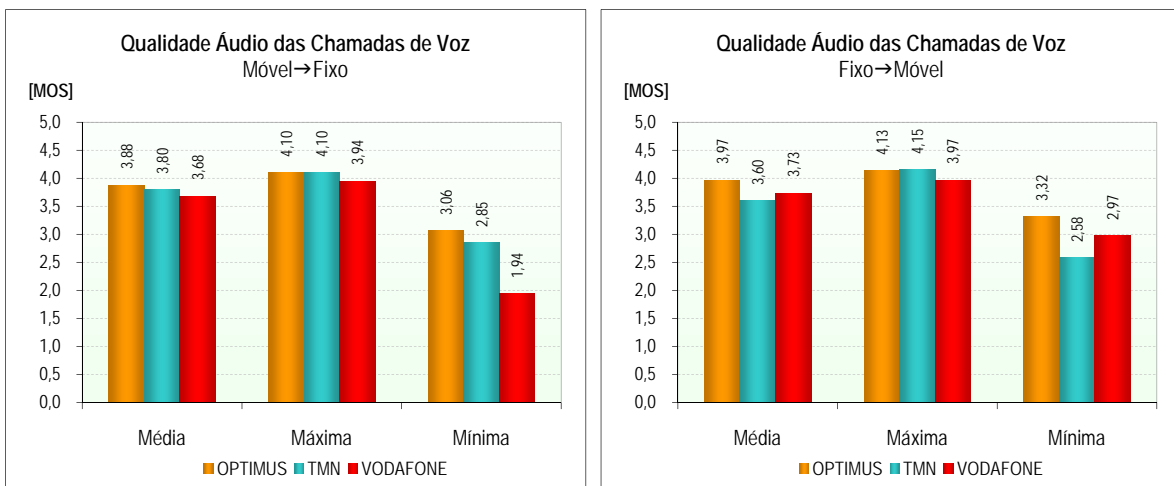


Figura 14 – Indicador *Qualidade Áudio das Chamadas*, nos Aglomerados Urbanos da R. A. da Madeira.

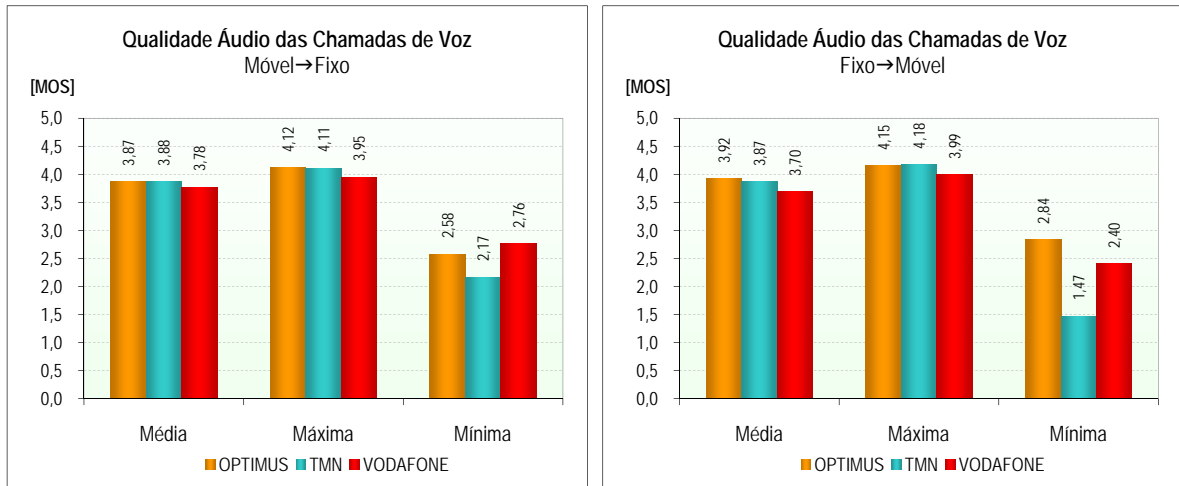


Figura 15 – Indicador Qualidade Áudio das Chamadas, nos Eixos Rodoviários da R. A. dos Açores.

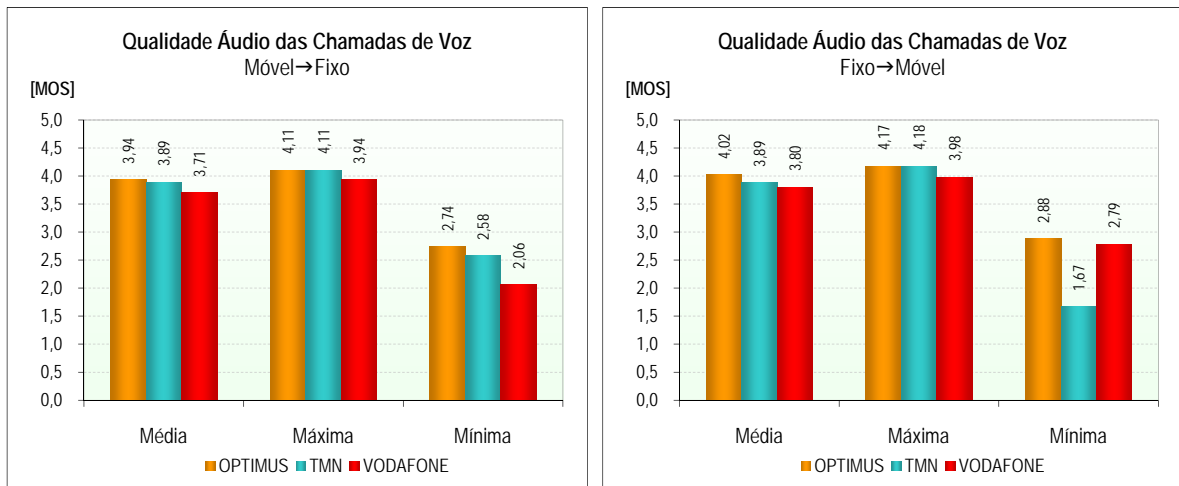


Figura 16 – Indicador Qualidade Áudio das Chamadas, nos Eixos Rodoviários da R. A. da Madeira.

## Serviço de Videotelefonia (UMTS)

O desempenho do serviço de videotelefonia fica aquém do observado para o serviço de voz, nomeadamente o indicador *Acessibilidade do Serviço* nos eixos rodoviários analisados.

Como já foi referido anteriormente, o operador OPTIMUS não dispõe de rede radioelétrica de suporte a serviços de terceira geração (WCDMA) no arquipélago dos Açores, impossibilitando assim o acesso ao serviço de videotelefonia. Os indicadores, referentes a este operador, são apresentados com valores nulos.

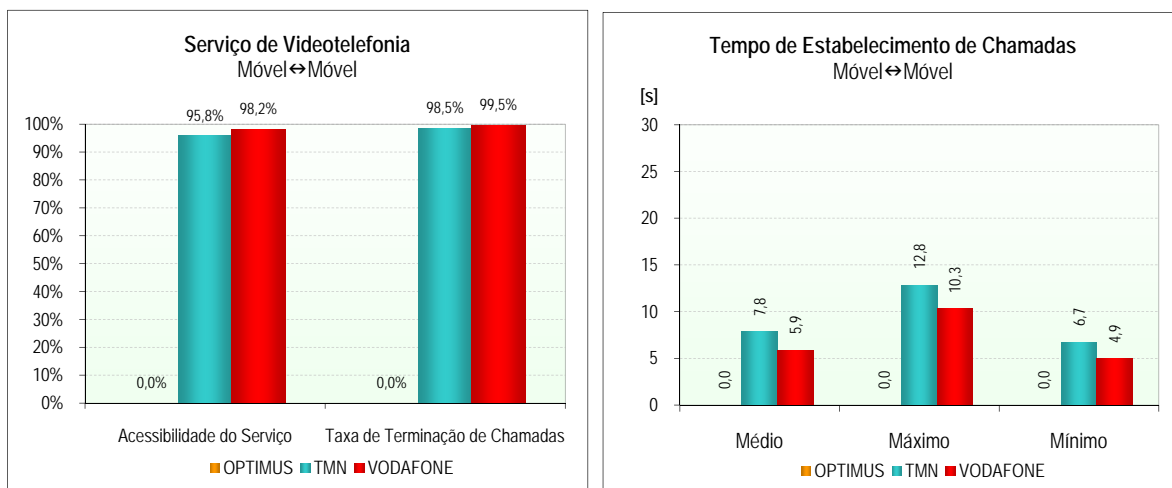


Figura 17 – Indicadores *Acessibilidade de Serviço*, *Taxa de Terminação de Chamadas* e *Tempo de Estabelecimento de Chamadas*, nos Aglomerados Urbanos da R. A. dos Açores.

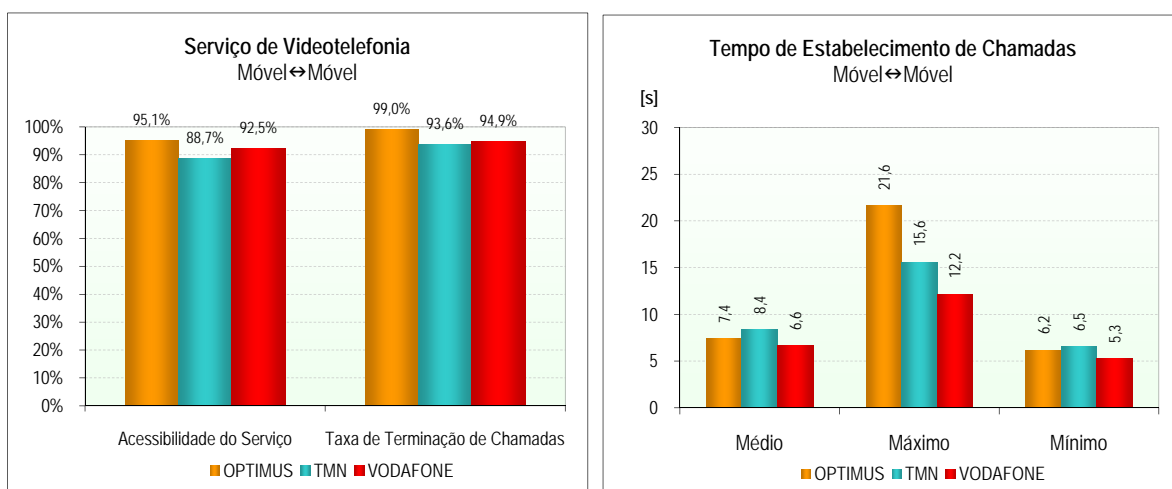


Figura 18 – Indicadores *Acessibilidade de Serviço*, *Taxa de Terminação de Chamadas* e *Tempo de Estabelecimento de Chamadas*, nos Aglomerados Urbanos da R. A. da Madeira.

Tal como para o serviço de voz, observam-se melhores desempenhos do serviço de videotelefonia nos aglomerados urbanos do que nos eixos rodoviários.

Nos aglomerados urbanos, do arquipélago dos Açores (Figura 17), os operadores TMN e VODAFONE apresentam bons desempenhos, com os indicadores *Acessibilidade do Serviço* e *Taxa de Terminação de Chamadas* a registarem níveis superiores a 95,8%. Na Madeira (Figura 18), os melhores desempenhos foram registados pelos operadores OPTIMUS e VODAFONE, com níveis de *Acessibilidade do Serviço* superiores a 92,5% e níveis de *Taxa de Terminação de Chamadas* superiores a 94,9%.

O indicador *Tempo de Estabelecimento de Chamadas* apresenta bons resultados, nos Açores e na Madeira, com a VODAFONE a apresentar os melhores desempenhos (Figura 17 e Figura 18).

Os eixos rodoviários (Figura 19 e Figura 20) apresentam baixa *Acessibilidade do Serviço* de videotelefonia. Os melhores desempenhos para este indicador foram registados pela TMN nos Açores e pela OPTIMUS na Madeira, com níveis de acessibilidade de 70% e 83,7%, respectivamente.

O indicador *Taxa de Terminação de Chamadas* apresenta níveis bastante mais elevados do que o indicador *Acessibilidade do Serviço* (Figura 19 e Figura 20). Nos Açores, TMN e VODAFONE apresentam os melhores desempenhos com níveis de 94% para este indicador. Na Madeira, o melhor desempenho foi registado pela TMN com 95,6%.

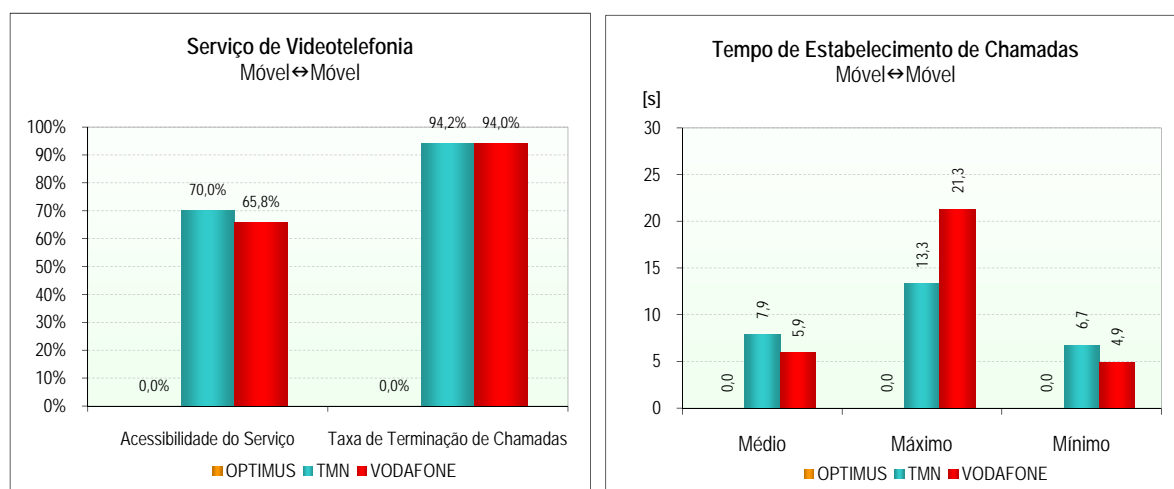


Figura 19 – Indicadores *Acessibilidade do Serviço*, *Taxa de Terminação de Chamadas* e *Tempo de Estabelecimento de Chamadas*, nos Eixos Rodoviários da R. A. dos Açores.

Tal como verificado nos aglomerados urbanos, o indicador *Tempo de Estabelecimento de Chamadas* apresenta bons resultados (Figura 19 e Figura 20).

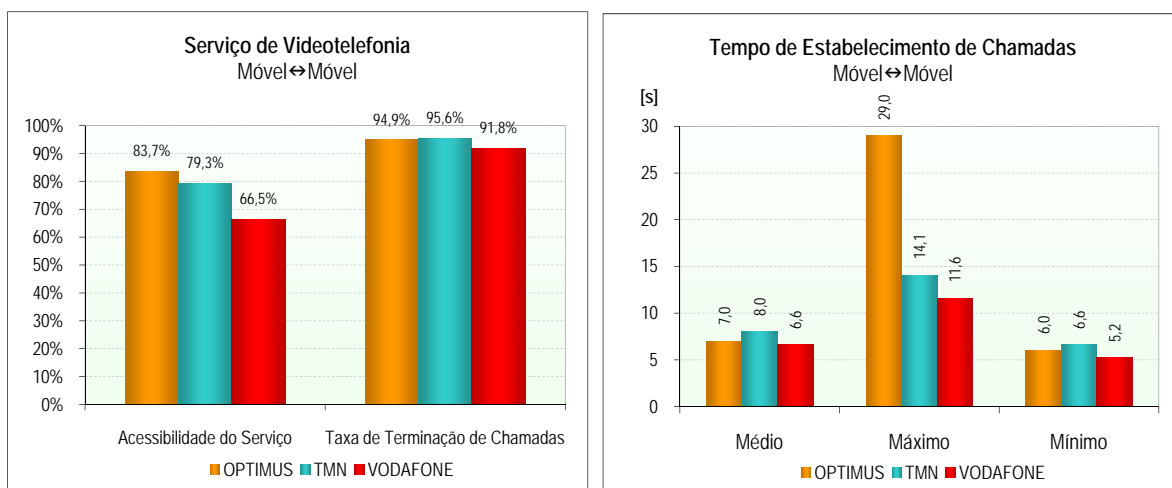


Figura 20 – Indicadores *Acessibilidade de Serviço*, *Taxa de Terminação de Chamadas* e *Tempo de Estabelecimento de Chamadas*, nos Eixos Rodoviários da R. A. da Madeira.

As chamadas de videotelefonia, terminadas de forma normal (120 segundos de duração), apresentam boa *Qualidade Áudio* e aceitável *Qualidade Vídeo* médias, não se registando diferenças significativas entre aglomerados urbanos e eixos rodoviários (Figura 21, Figura 22, Figura 23 e Figura 24). No arquipélago da Madeira, o desempenho da TMN é significativamente inferior ao dos restantes operadores, registando índices de aproximadamente 3,5 e 1,8, respectivamente para *Qualidade Áudio* e *Qualidade Vídeo* médias (Figura 22 e Figura 24).

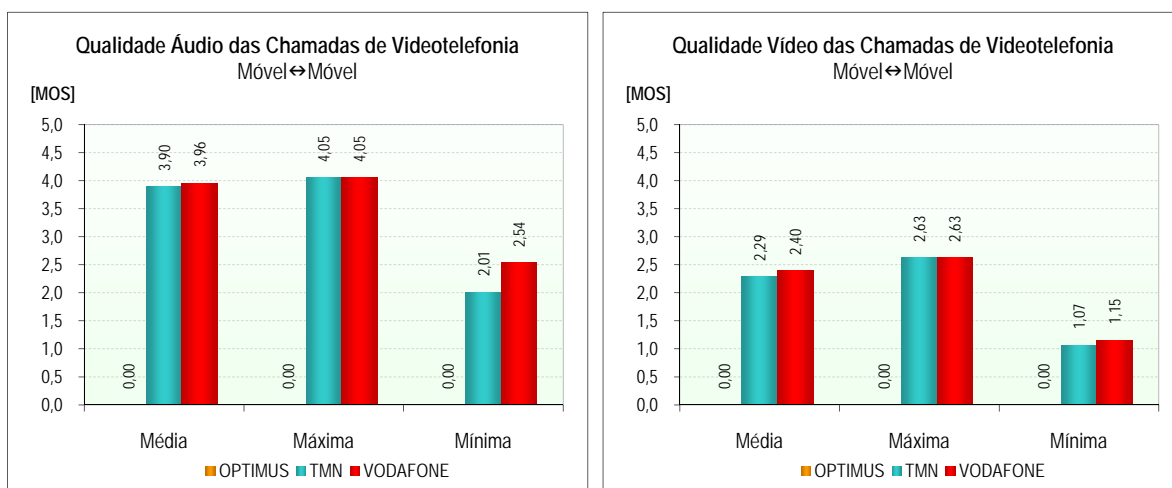


Figura 21 – Indicadores *Qualidade Áudio das Chamadas* e *Qualidade Vídeo das Chamadas*, nos Aglomerados Urbanos da R. A. dos Açores.

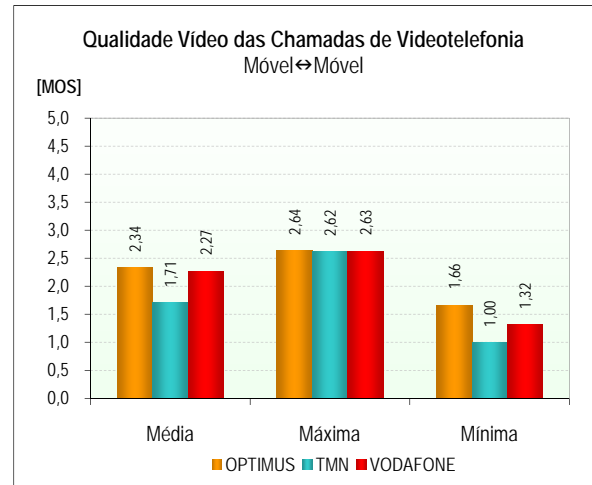
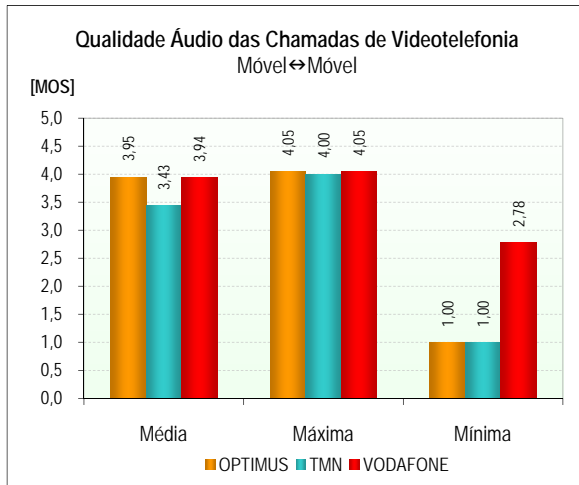


Figura 22 – Indicadores *Qualidade Áudio das Chamadas* e *Qualidade Vídeo das Chamadas*, nos Aglomerados Urbanos da R. A. da Madeira.

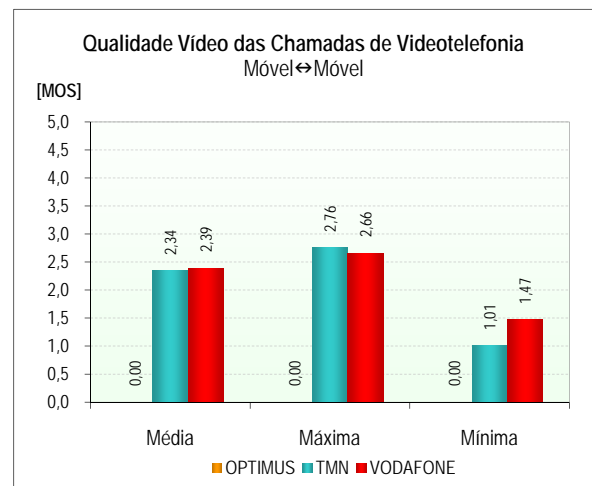
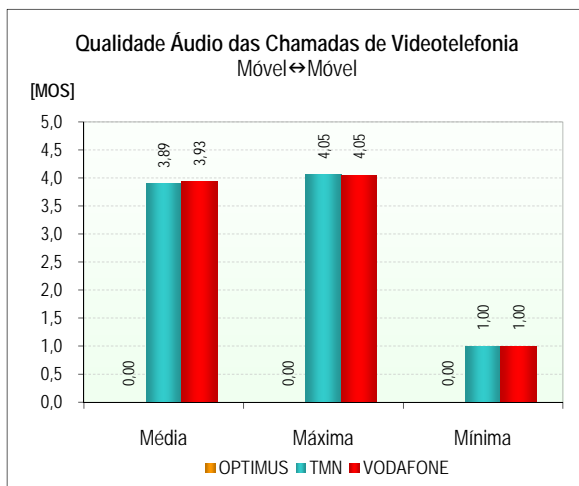


Figura 23 – Indicadores *Qualidade Áudio das Chamadas* e *Qualidade Vídeo das Chamadas*, nos Eixos Rodoviários da R. A. dos Açores.

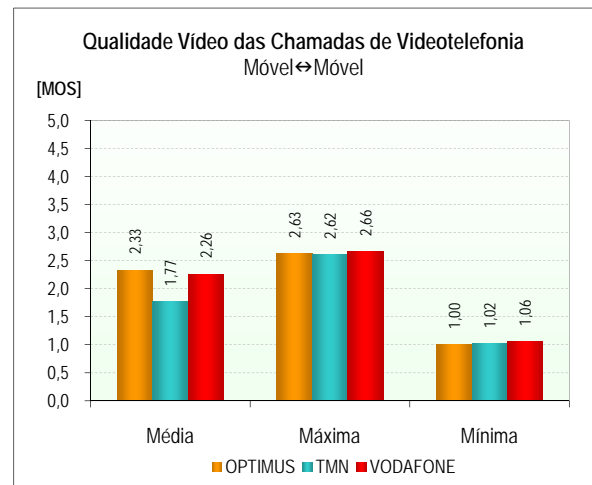
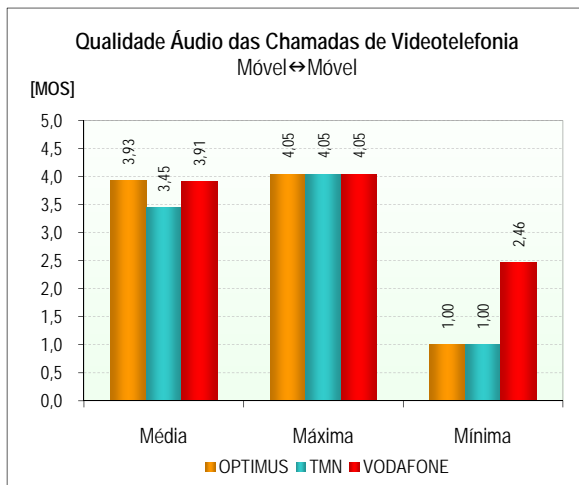


Figura 24 – Indicadores *Qualidade Áudio das Chamadas* e *Qualidade Vídeo das Chamadas*, nos Eixos Rodoviários da R. A. da Madeira.





## **1 AFERIÇÃO DA QUALIDADE DE SERVIÇO**

### **1.1 OBJECTIVO**

Com este estudo pretende-se analisar a qualidade dos serviços de telecomunicações, que se suportam nas redes móveis GSM/UMTS portuguesas, numa perspectiva de utilizador, através da realização de testes automáticos extremo-a-extremo nos principais aglomerados urbanos e eixos rodoviários das Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira.

### **1.2 SERVIÇOS ANALISADOS**

Numa avaliação da QoS, na perspectiva de utilizador, devem ser considerados os serviços que, em cada tecnologia, apresentem maior relevância para os utilizadores finais, numa lógica de mercado nacional e internacional, e que sejam normalmente disponibilizados por todos os operadores presentes no mercado.

Tendo presente este princípio orientador, e considerando a realidade actual, foram incluídos neste estudo os seguintes serviços:

#### **1.2.1 SERVIÇOS DE TELEFONIA:**

- a. Serviço de Voz (GSM);
- b. Serviço de Videotelefonia (UMTS);

#### **1.2.2 INDEPENDENTE DOS SERVIÇOS:**

- c. Cobertura Radioelétrica das Redes (GSM / WCDMA).

## 2 METODOLOGIA

A metodologia assenta na realização de testes automáticos extremo-a-extremo permitindo, dessa forma, identificar em campo a qualidade de serviço, dando uma perspectiva tão realista quanto possível do desempenho das redes, do ponto de vista do utilizador.

A recolha de medidas é feita através de *drive-tests* o que, além de possibilitar uma avaliação das redes na perspectiva do utilizador, permite que a realização dos testes seja independente do correcto funcionamento das próprias redes, isto é, por exemplo áreas com cobertura deficiente ou mesmo ausente são também consideradas na análise.

Por outro lado, a utilização de um único sistema de testes para avaliar os serviços, disponibilizados pelas três redes móveis, permite um alto grau de comparabilidade dos resultados, no tempo e no local.

### 2.1 ASPECTOS FUNDAMENTAIS

A metodologia seguida neste estudo assenta em três aspectos fundamentais:

- a) **Medidas extremo-a-extremo** – nos valores medidos encontram-se reflectidos todos os aspectos que influenciam a qualidade de um serviço.
- b) **Imparcialidade** – as medições são efectuadas em igualdade de condições para os três operadores (OPTIMUS, TMN e VODAFONE).
- c) **Objectividade** – os testes são realizados de uma forma totalmente automática, eliminando-se a subjectividade inerente à intervenção ou decisão humana.

### 2.2 PRINCIPAIS INDICADORES DE QoS

Numa perspectiva de utilizador, a utilização dos serviços móveis apresenta as seguintes fases (diferentes aspectos da Qualidade de Serviço):

- a. **Disponibilidade da Rede** – Indicação de que a rede móvel está presente;
- b. **Acesso à Rede** – Indicação de que é possível utilizar os serviços (normalmente corresponde à indicação do nome da rede no visor do equipamento terminal e da indicação de disponibilidade GPRS e/ou 3G);
- c. **Acesso ao Serviço** – Corresponde à disponibilização, por parte do operador móvel, do acesso a um serviço que o utilizador pretende aceder. (*v.g.* estabelecer uma chamada de voz);

- d. **Integridade do Serviço** – Corresponde à Qualidade do Serviço (QoS) durante a sua utilização (v.g. Qualidade Áudio durante uma chamada de voz; Qualidade Vídeo durante uma chamada de videotelefonia);
- e. **Retenção/Manutenção do Serviço** – Corresponde à forma como termina a utilização do serviço (de acordo ou contra a vontade do utilizador).

Para cada um destes aspectos da QoS, foram analisados os principais Indicadores de Qualidade de Serviço.

## 2.2.1 INDEPENDENTES DO SERVIÇO

### 2.2.1.1 DISPONIBILIDADE DA REDE RADIOELÉCTRICA (COBERTURA)

A disponibilidade da rede é a probabilidade dos serviços móveis estarem disponíveis para um utilizador (cobertura radioelétrica das redes).

$$\text{Disponibilidade da Rede Radioelétrica [\%]} = \frac{N.^{\circ} \text{ de Medições com os Serviços Móveis Disponíveis}}{N.^{\circ} \text{ Total de Medições}} \times 100\%$$

Considera-se que os serviços móveis estão disponíveis quando os níveis de sinal radioelétrico apresentam valores acima de limiares mínimos que permitam a sua utilização. Estes limiares podem ser ajustados pelos operadores móveis e normalmente apresentam valores diferenciados para GSM e para WCDMA<sup>1</sup>.

O sistema de teste e medida utilizado permite, através de um *Scanner* de RF, medir continuamente os níveis de sinal de cada rede móvel. Estas medidas são georeferenciadas permitindo a sua representação em mapas, facilitando a visualização dos níveis de cobertura das redes móveis nos trajectos objecto de estudo.

Tabela 1 – Níveis de Cobertura

| Cobertura   | GSM                               | WCDMA                                   |
|-------------|-----------------------------------|---|
| Boa         | RxLev $\geq$ -85 dBm              | CPICH RSCP $\geq$ -95 dBm               |
| Aceitável   | -95 dBm $\leq$ RxLev $<$ -85 dBm  | -105 dBm $\leq$ CPICH RSCP $<$ -95 dBm  |
| Má          | -110 dBm $\leq$ RxLev $<$ -95 dBm | -115 dBm $\leq$ CPICH RSCP $<$ -105 dBm |
| Inexistente | RxLev $<$ -110 dBm                | CPICH RSCP $<$ -115 dBm                 |

<sup>1</sup> *Wideband Code Division Multiple Access* – Tecnologia utilizada na rede radioelétrica dos sistemas de comunicações UMTS.

## 2.2.2 SERVIÇOS DE TELEFONIA

### 2.2.2.1 ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO (DE VOZ OU DE VIDEOTELEFONIA)

A acessibilidade do serviço é a probabilidade de um utilizador ter acesso ao serviço (voz ou videotelefonía), ou seja, probabilidade de sucesso no estabelecimento de chamadas (de voz ou de videotelefonía).

Uma chamada será considerada “Estabelecida com Sucesso” se atingir o terminal chamado (no terminal chamador ouve-se o “sinal de chamar”).

$$\text{Acessibilidade do Serviço} [\%] = \frac{N.^\circ \text{ de Chamadas Estabelecidas com Sucesso}}{N.^\circ \text{ Total de Tentativas de Estabelecimento de Chamadas}} \times 100\%$$

### 2.2.2.2 TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS (DE VOZ OU DE VIDEOTELEFONIA)

O tempo de estabelecimento de chamadas é o período de tempo que decorre entre o envio de um endereço de destino completo (número de telefone de destino) e o estabelecimento da chamada.

$$\text{Tempo de Estabelecimento de Chamadas} [s] = t_{\text{sinal\_chamar}} - t_{\text{envio\_endereço}}$$

$t_{\text{envio\_endereço}}$  – momento em que o utilizador pressiona o botão de envio.

$t_{\text{sinal\_chamar}}$  – momento em que a chamada é estabelecida com sucesso (no terminal chamador ouve-se o “sinal de chamar”).

### 2.2.2.3 TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS (DE VOZ OU DE VIDEOTELEFONIA)

A taxa de terminação de chamadas é a probabilidade de uma chamada, depois de estabelecida com sucesso, se manter activa durante um determinado período de tempo, terminando de forma normal, ou seja, de acordo com a vontade do utilizador.

$$\text{Taxa de Terminação de Chamadas} [\%] = \frac{N.^\circ \text{ de Chamadas com Terminação Normal}}{N.^\circ \text{ de Chamadas Estabelecidas com Sucesso}} \times 100\%$$

### 2.2.2.4 QUALIDADE ÁUDIO DE CHAMADA (DE VOZ OU DE VIDEOTELEFONIA)

Este indicador quantifica a perceptibilidade da conversação durante uma chamada (de voz ou de videotelefonía). São avaliados os dois sentidos da comunicação e apenas são consideradas as chamadas com terminação normal.

A avaliação deste indicador de QoS consiste na comparação da amostra original de áudio enviada,  $X(t)$ , com a correspondente amostra degradada recebida,  $Y(t)$ , no outro extremo da chamada, através da aplicação do algoritmo *PESQ*<sup>2</sup>.

O índice objectivo de qualidade áudio obtido através da aplicação deste algoritmo é próximo do que se obteria se a amostra  $Y(t)$  fosse submetida à apreciação subjectiva de um painel de utilizadores do serviço.

$$\begin{array}{l} \text{Qualidade \u00c1udio de Chamada}_{\text{lado A}} [MOS\_LQO] = f \{ X_B(t); Y_A(t) \} \\ \text{Qualidade \u00c1udio de Chamada}_{\text{lado B}} [MOS\_LQO] = f \{ X_A(t); Y_B(t) \} \end{array}$$

*lado A; lado B* – designa\u00e7\u00e3o dos dois extremos de uma chamada de voz.

*MOS\_LQO* – escala de quantifica\u00e7\u00e3o da qualidade \u00e1udio percebida (*Mean Opinion Score – Listening-only Quality Objective*).

*f* – fun\u00e7\u00e3o correspondente \u00e0 aplica\u00e7\u00e3o de um algoritmo de c\u00e1lculo e fun\u00e7\u00e3o de convers\u00e3o dos resultados em valores *MOS\_LQO*.

$X_A(t); X_B(t)$  – amostra original de \u00e1udio enviada a partir do lado A (B).

$Y_A(t); Y_B(t)$  – amostra degradada de \u00e1udio recebida no lado A (B), resultante da transmiss\u00e3o da amostra original  $X_B(t)$  ( $X_A(t)$ ).

Os resultados da aplica\u00e7\u00e3o do algoritmo s\u00e3o apresentados numa escala do tipo MOS (*Mean Opinion Score*) de 1 a 5 designada por *MOS\_LQO* (*Mean Opinion Score – Listening-only Quality Objective*), tal como indicado na Tabela 2. A escala MOS quantifica o esfor\u00e7o necess\u00e1rio para se perceber uma comunica\u00e7\u00e3o. Apresenta como limites os valores 0 (zero), quando n\u00e3o h\u00e1 comunica\u00e7\u00e3o, e 5 (cinco), quando a comunica\u00e7\u00e3o \u00e9 perfeita. O valor “zero” nunca aparece nos resultados porque apenas s\u00e3o consideradas situa\u00e7\u00f5es em que a liga\u00e7\u00e3o foi estabelecida e mantida durante um per\u00edodo predefinido. O “cinco” tamb\u00e9m n\u00e3o ocorre nos resultados porque os *CoDec*<sup>3</sup>, utilizados pelas redes m\u00f3veis, n\u00e3o possibilitam t\u00e3o elevado valor de qualidade de voz (a qualidade de voz obtida com os *CoDec* normalmente utilizados apresenta valores de MOS inferiores a 4,5).

Tabela 2 - Escala MOS\_LQO / MOS\_VQO

| MOS | Qualidade      |
|-----|----------------|
| 5   | Excelente      |
| 4   | Boa            |
| 3   | Aceit\u00e1vel |
| 2   | Pobre          |
| 1   | M\u00e1        |

<sup>2</sup> PESQ – *Perceptual Evaluation of Speech Quality*. Recomendado pelo ITU-International Telecommunications Union (ITU-T Recommendation P.862 (02/2001); ITU-T Recommendation P.862.1 (11/2003)).

<sup>3</sup> CoDec – Codificador/Descodificador.

Nas situações em que em cada sentido da mesma chamada sejam enviadas e recebidas várias amostras de áudio  $\{X_1(t), \dots, X_n(t); Y_1(t), \dots, Y_n(t)\}$ , o indicador *Qualidade Áudio de Chamada* é calculado através da média aritmética dos valores obtidos pela aplicação da expressão acima apresentada a cada par de amostras de áudio, ou seja:

$$\begin{array}{l} \text{Qualidade Áudio de Chamada}_{\text{lado A}} [MOS\_LQO] = \frac{f\{X_{1B}(t); Y_{1A}(t)\} + \dots + f\{X_{nB}(t); Y_{nA}(t)\}}{n} \\ \text{Qualidade Áudio de Chamada}_{\text{lado B}} [MOS\_LQO] = \frac{f\{X_{1A}(t); Y_{1B}(t)\} + \dots + f\{X_{nA}(t); Y_{nB}(t)\}}{n} \end{array}$$

#### 2.2.2.5 QUALIDADE VÍDEO DE CHAMADA DE VIDEOTELEFONIA

Este indicador quantifica a qualidade visual da comunicação, durante uma chamada de videotelefonía. São avaliados, em simultâneo, os dois sentidos da comunicação e apenas são consideradas as chamadas com terminação normal.

O processo de avaliação deste indicador é idêntico ao utilizado para a *Qualidade Áudio de Chamada*, diferindo no facto de ocorrer em **full-duplex**, ou seja, em simultâneo nos dois sentidos da comunicação e enquanto decorrer a chamada de teste. Esta funcionalidade reproduz a situação real da utilização do serviço de videotelefonía.

$$\begin{array}{l} \text{Qualidade Vídeo de Chamada}_{\text{lado A}} [MOS\_VQO] = f\{W_B(t); Z_A(t)\} \\ \text{Qualidade Vídeo de Chamada}_{\text{lado B}} [MOS\_VQO] = f\{W_A(t); Z_B(t)\} \end{array}$$

*lado A; lado B* – designação dos dois extremos de uma chamada de videotelefonía.

*MOS\_VQO* – escala de quantificação da qualidade visual percebida (*Mean Opinion Score – Visual Quality Objective*).

*f* – função correspondente à aplicação de um algoritmo de cálculo e função de conversão dos resultados em valores *MOS\_VQO*.

*W<sub>A</sub>(t); W<sub>B</sub>(t)* – amostra original de vídeo enviada a partir do lado A (B).

*Z<sub>A</sub>(t); Z<sub>B</sub>(t)* – amostra degradada de vídeo recebida no lado A (B), resultante da transmissão da amostra original *W<sub>B</sub>(t)* (*W<sub>A</sub>(t)*).

Actualmente não existe nenhum algoritmo recomendado por organismos de normalização internacionais para avaliação da qualidade vídeo. Contudo, alguns fabricantes de sistemas de medida desenvolveram os seus próprios algoritmos, tendo em conta as linhas orientadoras traçadas pelo ETSI (ETSI TR 102 493 v1.1.1 (2005-08)) e pelo *VQEG – Video Quality Experts Group* ("*Multimedia Group Test Plan*", Draft Version 1.16, February 7, 2007). É o caso da *SwissQual, AG*, fornecedora do sistema de teste e medida utilizado neste estudo, que utiliza nos seus produtos um algoritmo proprietário designado *VQuad - Objective Model for Video Quality Assessment*.

Na Figura 25 apresenta-se o diagrama funcional do algoritmo VQuad. Este algoritmo baseia-se num modelo do tipo referência total (*full-reference*), ou seja, na comparação perceptual da amostra degradada de vídeo com a sua referência. Uma sequência (amostra) de vídeo de referência é transmitida através da rede móvel em teste. No destino, procede-se à captura da sequência de vídeo e à sua validação objectiva através da comparação perceptual com a sequência de vídeo de referência. O resultado é um índice global de qualidade visual (MOS\_VQO) e outros parâmetros de qualidade específicos (*block distortion, blurring, jerkiness, level, PSNR, frame jitter, frame loss, lip-sync, etc.*).

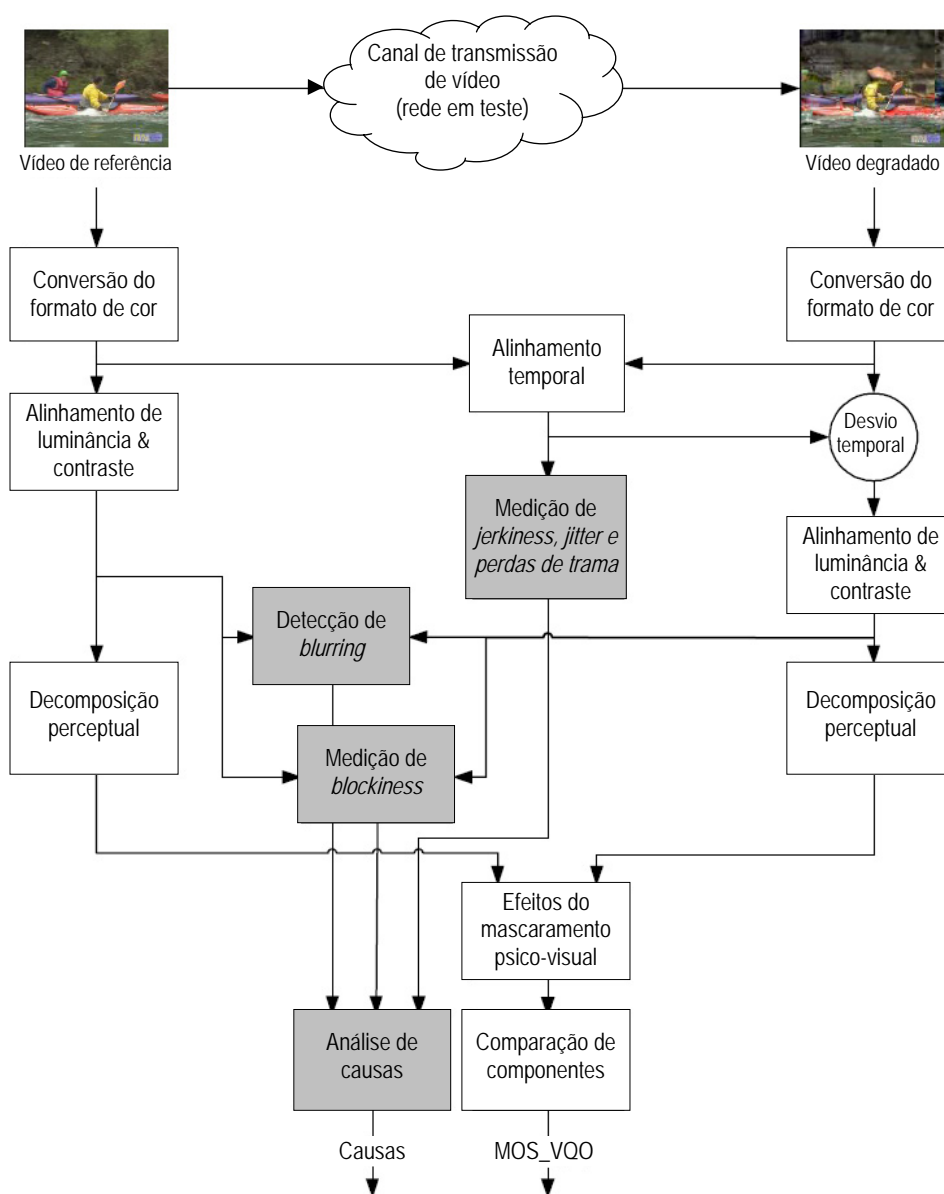


Figura 25 – Diagrama funcional do algoritmo VQuad (*SwissQual, AG*)

O índice global de qualidade visual, resultante da aplicação do algoritmo VQuad, é apresentado numa escala do tipo MOS (*Mean Opinion Score*) de 1 a 5 designada por MOS\_VQO (*Mean Opinion Score – Visual Quality Objective*), tal como indicado na Tabela 2.

Nas situações em que em cada sentido da mesma chamada sejam enviadas e recebidas várias amostras de vídeo  $\{W_1(t), \dots, W_n(t); Z_1(t), \dots, Z_n(t)\}$ , o indicador *Qualidade Vídeo de Chamada* é obtido através da média aritmética dos valores obtidos pela aplicação da equação anteriormente apresentada a cada par de amostras de vídeo, ou seja:

$$\begin{aligned} \text{Qualidade Vídeo de Chamada}_{\text{lado A}} [MOS\_VQO] &= \frac{f\{W_{1B}(t); Z_{1A}(t)\} + \dots + f\{W_{nB}(t); Z_{nA}(t)\}}{n} \\ \text{Qualidade Vídeo de Chamada}_{\text{lado B}} [MOS\_VQO] &= \frac{f\{W_{1A}(t); Z_{1B}(t)\} + \dots + f\{W_{nA}(t); Z_{nB}(t)\}}{n} \end{aligned}$$

## 2.3 PERFIS DE MEDIDA<sup>4</sup>

Os perfis de medida definem um conjunto de condições, que devem ser acauteladas, para a correcta aferição da qualidade dos serviços e garantia da fiabilidade dos testes. Contemplam ainda a normalização de processos e a definição de parâmetros de teste e medida, de forma a permitirem a exequibilidade das análises e a comparabilidade dos resultados obtidos.

### 2.3.1 ASPECTOS GERAIS

Os testes são realizados de forma totalmente automática com recurso ao sistema *Diversity* (durante a execução de um teste não há qualquer intervenção ou decisão humana).

Os testes de voz são realizados com selecção manual da infra-estrutura 2G (GSM), enquanto os testes de videotelefonia são realizados com selecção automática das infra-estruturas 2G ou 3G (GSM/UMTS).

As medidas são realizadas em movimento, utilizando viaturas automóveis com antenas exteriores (sem ganho). Todos os parâmetros recolhidos são georeferenciados, permitindo a sua posterior representação em cartografia digital.

<sup>4</sup> Os perfis de medida, aqui apresentados, têm por base as especificações técnicas ETSI TS 102 250, nomeadamente a parte 5 (ETSI TS 102 250-5 V1.3.1 (2005-11)), e ETSI EG 202 057, nomeadamente as partes 3 e 4 (ETSI EG 202 057-3 V1.1.1 (2005-04) e ETSI EG 202 057-4 V1.1.1 (2005-10)).



### 2.3.2 COBERTURA

A avaliação da cobertura radioelétrica das redes efectua-se por medição dos níveis de sinal em *downlink*, RxLev (*Received signal Level*) para GSM e CPICH RSCP (*Common Pilot Channel Received Signal Code Power*) para WCDMA, ao longo de cada trajecto em estudo.

As medidas são efectuadas com um equipamento adequado e dedicado exclusivamente a esta tarefa – um *Scanner* de RF– para que os valores medidos correspondam aos níveis efectivos de sinal. O equipamento de medida dispõe de capacidade para, em cada ponto, recolher amostras de sinal de todos os canais radioelétricos GSM e WCDMA, utilizados pelos operadores em análise, com uma periodicidade de aproximadamente um segundo. Posteriormente, as amostras recolhidas são analisadas e apenas são consideradas aquelas que apresentarem os melhores valores de nível de sinal, em cada ponto e para cada tecnologia e operador.

Cada ponto de medida é georeferenciado para a posterior representação dos níveis de sinal em cartografia digital, facilitando assim a visualização dos níveis de cobertura das redes móveis nos trajectos objecto de estudo e a identificação de locais com cobertura deficiente ou inexistente.

### 2.3.3 SERVIÇOS DE TELEFONIA

Estes serviços são avaliados extremo-a-extremo, utilizando-se a “chamada” como unidade base de teste.

As chamadas de teste são estabelecidas entre dois equipamentos terminais, em que pelo menos um é do tipo móvel (*MS – Mobile Station* ou *UE – User Equipment*). Este MS ou UE desloca-se no trajecto/local em estudo, designando-se MOC (*Mobile Originated Call*) as chamadas originadas neste equipamento terminal.

Para minimizar a incerteza, que acompanha sempre os processos de medida, o segundo extremo das chamadas de teste deve apresentar bons níveis e grande estabilidade de desempenho. Pretende-se que o impacto deste extremo nos indicadores de desempenho dos serviços em análise seja mínimo. As soluções passam pela utilização de terminais de rede fixa (RDIS), para avaliação do desempenho do serviço de voz, e de terminais móveis (UE), para avaliação do desempenho do serviço de videotelefonia. Os UE são mantidos estáticos em locais com adequada (boa) cobertura radioelétrica, interferência mínima e com 100% (virtualmente) de probabilidade de acesso ao serviço de

videotelefonia. As chamadas originadas neste extremo, no terminal RDIS ou no UE, e terminadas no terminal móvel que se encontra no local em teste, designam-se MTC (*Mobile Terminated Call*).

Tendo em vista a comparação do desempenho dos vários operadores (*benchmark*), nas sessões de teste é utilizada uma janela temporal fixa para realização de cada chamada. Quando ocorre uma falha de chamada, tanto na fase de estabelecimento como na fase de conversação, a chamada seguinte só tem início quando atingir a janela temporal seguinte.

#### 2.3.3.1 SERVIÇO DE VOZ

A análise do serviço de voz, num determinado local, inclui as capacidades de estabelecimento e terminação de chamadas.

Como se pretende estudar a utilização normal do serviço de voz a duração das chamadas de teste apresenta um valor próximo da duração média das chamadas cursadas nas redes. A janela temporal contempla, além da própria duração de chamada, períodos que permitem o estabelecimento e desligamento da chamada e também uma pausa de 30 segundos entre chamadas consecutivas, para prevenir eventuais problemas de rede relacionados com sinalização ou gestão da mobilidade.

Após o início de uma chamada de teste, analisa-se a integridade da comunicação – qualidade áudio – alternadamente em cada sentido, independentemente do extremo em que se iniciou a chamada.

Os parâmetros de teste utilizados para análise do serviço de voz apresentam os seguintes valores:

- ▶ Relação entre MOC/MTC: 1/1;
- ▶ Duração das chamadas de teste: 120 segundos;
- ▶ Janela temporal para realização de uma chamada de teste: 180 segundos;
- ▶ Tempo máximo para estabelecimento de uma chamada: 20 segundos.

#### 2.3.3.2 SERVIÇO DE VIDEOTELEFONIA

São analisadas as capacidades de estabelecimento e terminação de chamadas, bem como a integridade da comunicação – qualidade áudio e vídeo. A qualidade áudio é analisada alternadamente em cada sentido da comunicação, independentemente do lado que iniciou a chamada de teste, enquanto a qualidade vídeo é analisada simultaneamente nos dois sentidos da comunicação.

Os parâmetros de teste para análise do serviço de videotelefonia são semelhantes aos utilizados para o serviço de voz. A diferença ocorre na janela temporal que é maior, dado que os tempos necessários para estabelecimento de chamadas e negociação da comunicação áudio/vídeo entre terminais são mais longos.

Os parâmetros de teste utilizados para análise do serviço de videotelefonia apresentam os seguintes valores:

- ▶ Relação entre MOC/MTC: 1/1;
- ▶ Duração das chamadas de teste: 120 segundos;
- ▶ Janela temporal para realização de uma chamada de teste: 210 segundos;
- ▶ Tempo máximo para estabelecimento de uma chamada: 20 segundos;
- ▶ Tempo máximo para estabelecimento da comunicação áudio e vídeo: 30 segundos.

## 2.4 SISTEMA DE TESTE/MEDIDA E PÓS-PROCESSAMENTO

Nas medidas no terreno e no seu pós-processamento foi utilizado o sistema *Diversity/NetQual*, concebido e desenvolvido pela *SwissQual, A.G.* Trata-se de um conjunto de ferramentas desenhadas especificamente para análise e *benchmarking* de sistemas de comunicações móveis.

O sistema é composto pelos seguintes módulos:

- a. ***Diversity*** – Unidade Móvel, com *scanner* de RF e equipamentos terminais móveis comerciais (no estudo realizado foram utilizados terminais NOKIA N95);
- b. ***Land Unit*** – Unidade Fixa, com cartas de interface RDIS, utilizada para testes de voz;
- c. ***Video Call Server*** – Unidade Estática, com equipamentos terminais móveis comerciais (NOKIA 6680), utilizada para testes de videotelefonia;
- d. ***Media Server*** – Unidade Fixa, servidor utilizado para testes de dados e de *videostreaming*;
- e. ***NQDI*** – Sistema de pós-processamento, para análise e reporte das medidas realizadas.

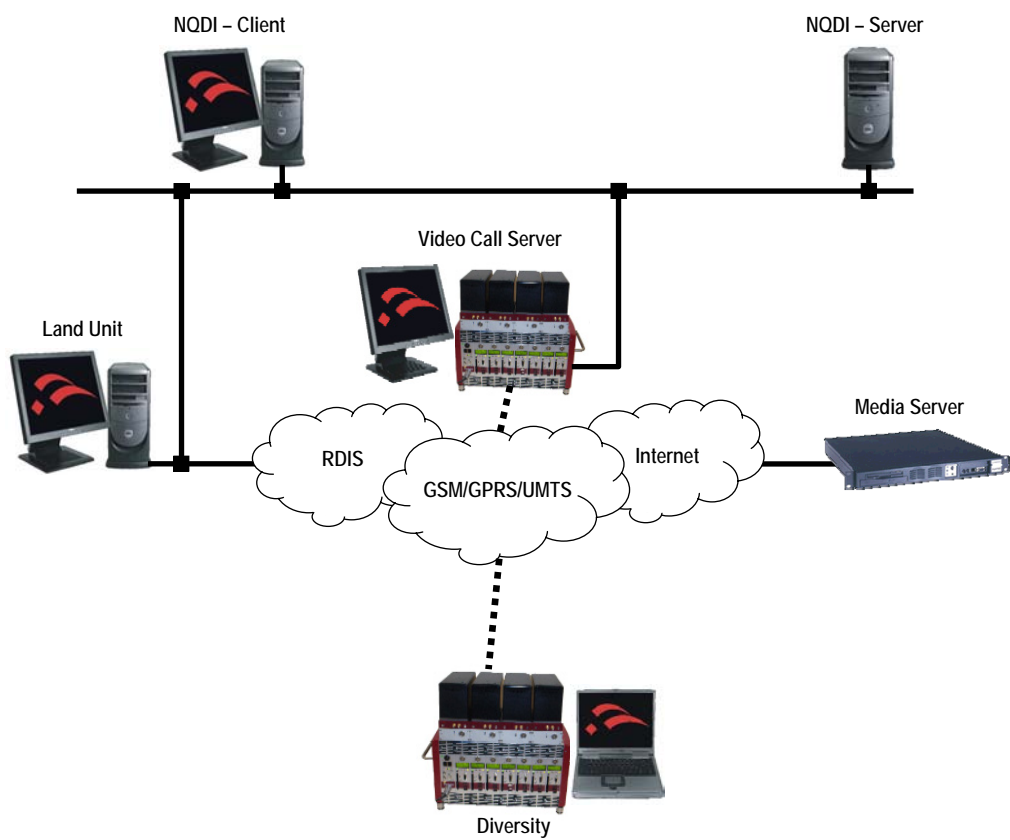


Figura 26 – Arquitectura do sistema *Diversity/NetQual*

### 3 AMOSTRA DO ESTUDO

Para uma adequada avaliação da qualidade dos serviços de Voz (GSM), Videotelefonia (UMTS) e Cobertura das Redes (GSM e WCDMA), foi escolhida uma amostra representativa da utilização destes serviços nas regiões autónomas dos Açores e da Madeira.

#### 3.1 LOCAIS ANALISADOS

Foram realizados testes nos principais aglomerados urbanos destes arquipélagos – Ponta Delgada, Angra do Heroísmo e Funchal – bem como nos principais eixos rodoviários de todas as ilhas.

#### 3.2 DIMENSÃO DA AMOSTRA

Tabela 3 – Amostra, para os três operadores estudados

|         |                           | Horas em Medidas           | Quilómetros em Medidas | Chamadas de Voz | Chamadas de Videotelefonia | Medidas Cobertura |                |
|---------|---------------------------|----------------------------|------------------------|-----------------|----------------------------|-------------------|----------------|
|         |                           |                            |                        |                 |                            | GSM               | WCDMA          |
| Açores  | Angra do Heroísmo         | 6 h 10                     | 127                    | 375             | 319                        | 68.914            | 69.074         |
|         | Ponta Delgada             | 6 h 20                     | 163                    | 381             | 325                        | 70.121            | 70.253         |
|         | Ilha do Corvo             | 1 h 06                     | 20                     | 66              | 57                         | 12.055            | 12.090         |
|         | Ilha do Faial             | 6 h 10                     | 231                    | 370             | 313                        | 67.563            | 67.682         |
|         | Ilha das Flores           | 3 h 06                     | 139                    | 183             | 153                        | 34.050            | 34.088         |
|         | Ilha Graciosa             | 3 h 08                     | 134                    | 189             | 160                        | 34.394            | 34.401         |
|         | Ilha do Pico              | 6 h 10                     | 333                    | 368             | 313                        | 67.461            | 67.681         |
|         | Ilha de S. Jorge          | 6 h 20                     | 241                    | 380             | 322                        | 69.951            | 70.095         |
|         | Ilha de S. Miguel         | 12 h 18                    | 617                    | 737             | 633                        | 135.820           | 136.195        |
|         | Ilha de Sta. Maria        | 3 h 18                     | 126                    | 197             | 166                        | 36.356            | 36.453         |
|         | Ilha Terceira             | 6 h 15                     | 273                    | 379             | 325                        | 69.859            | 70.083         |
|         | <b>Total R. A. Açores</b> | <b>60 h 21</b>             | <b>2.404</b>           | <b>3.625</b>    | <b>3.086</b>               | <b>666.544</b>    | <b>668.095</b> |
| Madeira | Funchal                   | 6 h 15                     | 152                    | 366             | 315                        | 67.840            | 68.275         |
|         | Ilha da Madeira           | 12 h 13                    | 609                    | 726             | 614                        | 133.058           | 133.628        |
|         | Ilha de Porto Santo       | 3 h 05                     | 109                    | 183             | 156                        | 33.401            | 33.469         |
|         |                           | <b>Total R. A. Madeira</b> | <b>21 h 33</b>         | <b>870</b>      | <b>1.275</b>               | <b>1.085</b>      | <b>234.299</b> |
|         | <b>Total Global</b>       | <b>81 h 54</b>             | <b>3.274</b>           | <b>4.900</b>    | <b>4.171</b>               | <b>900.843</b>    | <b>903.467</b> |

#### 3.3 CONDIÇÕES DE RECOLHA DE DADOS

As medidas de campo foram realizadas nos períodos normais de trabalho dos dias úteis, de 15 Junho a 24 de Julho de 2009.

## 4 RESULTADOS AGREGADOS

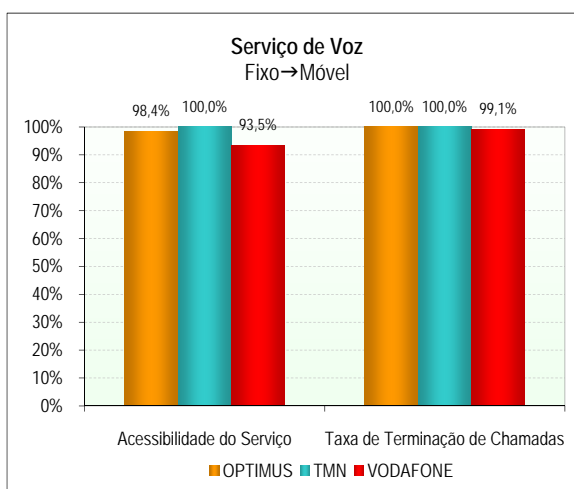
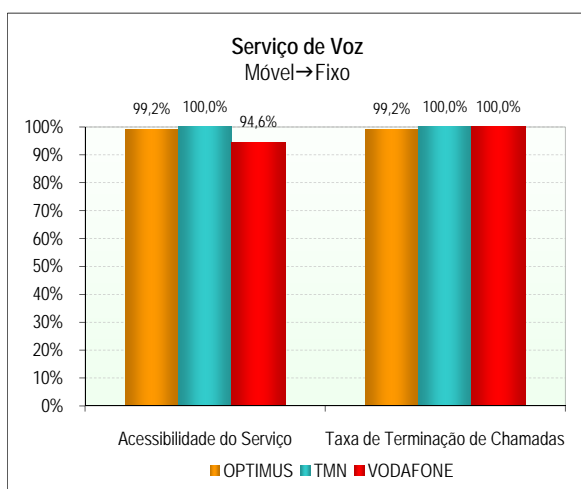
### 4.1 REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES

#### 4.1.1 AGLOMERADOS URBANOS

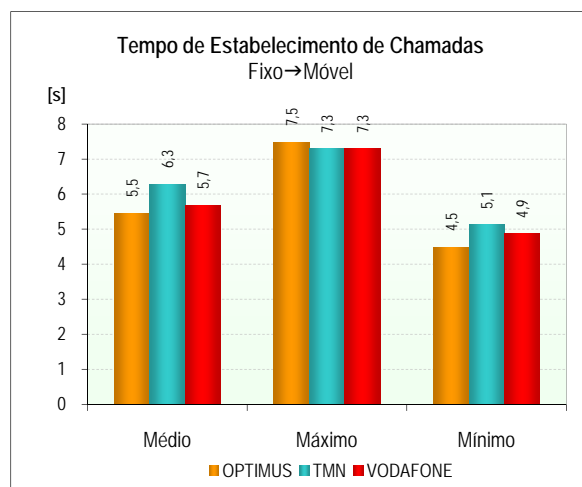
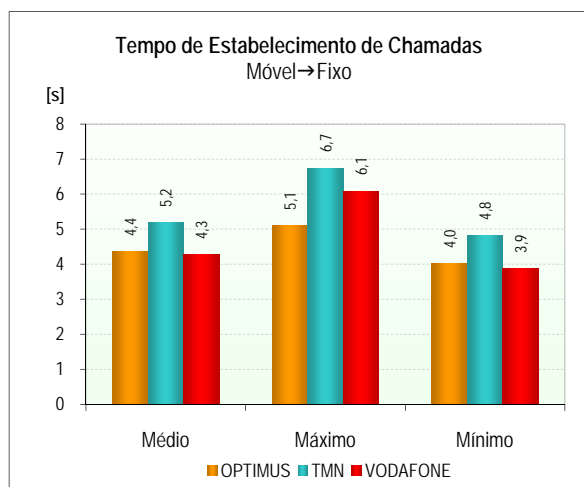
##### 4.1.1.1 SERVIÇO DE VOZ (GSM)

|                              |                                | OPTIMUS    |            | TMN        |            | VODAFONE   |            |
|------------------------------|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                              |                                | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel |
| Chamadas Realizadas          | Número de Chamadas             | 129        | 123        | 129        | 123        | 129        | 123        |
|                              | Falhadas no Estabelecimento    | 1          | 2          | 0          | 0          | 7          | 8          |
|                              | Falhadas Durante a Chamada     | 1          | 0          | 0          | 0          | 0          | 1          |
|                              | Com Terminação Normal          | 127        | 121        | 129        | 123        | 122        | 114        |
|                              | Acessibilidade do Serviço      | 99,2%      | 98,4%      | 100,0%     | 100,0%     | 94,6%      | 93,5%      |
|                              | Taxa de Terminação de Chamadas | 99,2%      | 100,0%     | 100,0%     | 100,0%     | 100,0%     | 99,1%      |
| Estabelecimento das Chamadas | Número de Amostras (Chamadas)  | 128        | 121        | 129        | 123        | 122        | 115        |
|                              | Tempo Médio [s]                | 4,4        | 5,5        | 5,2        | 6,3        | 4,3        | 5,7        |
|                              | Tempo Máximo [s]               | 5,1        | 7,5        | 6,7        | 7,3        | 6,1        | 7,3        |
|                              | Tempo Mínimo [s]               | 4,0        | 4,5        | 4,8        | 5,1        | 3,9        | 4,9        |
|                              | Desvio Padrão [s]              | 0,2        | 0,4        | 0,2        | 0,5        | 0,3        | 0,3        |
| Qualidade Audio              | Número de Amostras (Chamadas)  | 248        | 248        | 252        | 252        | 236        | 236        |
|                              | Média [MOS]                    | 3,91       | 3,93       | 3,92       | 3,83       | 3,80       | 3,78       |
|                              | Máxima [MOS]                   | 4,11       | 4,15       | 4,10       | 4,17       | 3,94       | 3,99       |
|                              | Mínima [MOS]                   | 3,00       | 2,66       | 3,27       | 2,66       | 1,52       | 3,18       |
|                              | Desvio Padrão [MOS]            | 0,14       | 0,17       | 0,20       | 0,32       | 0,21       | 0,17       |

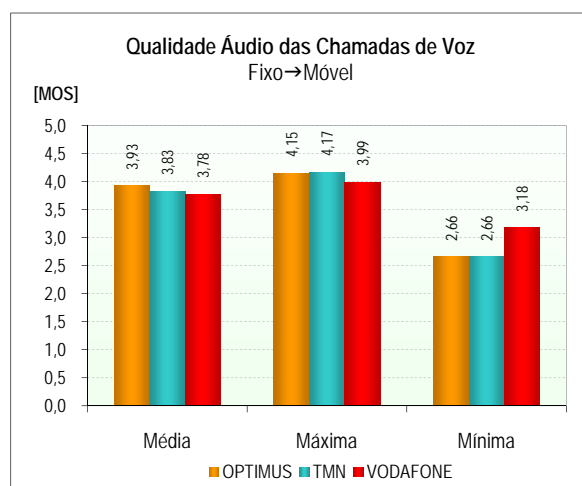
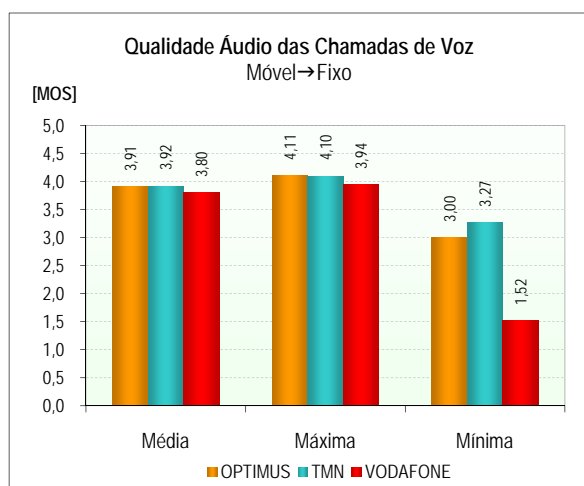
##### 4.1.1.1.1 INDICADORES ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS



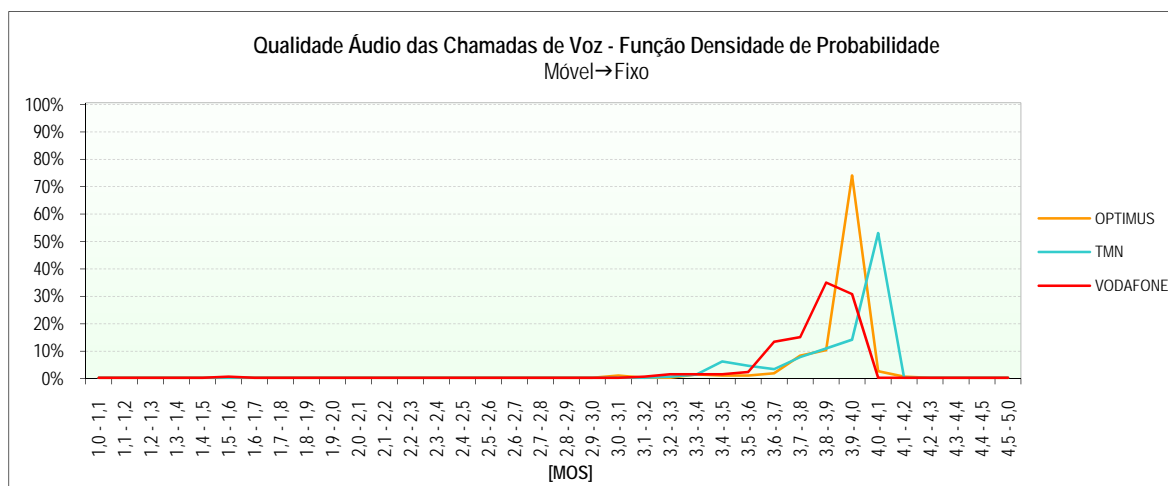
## 4.1.1.1.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*

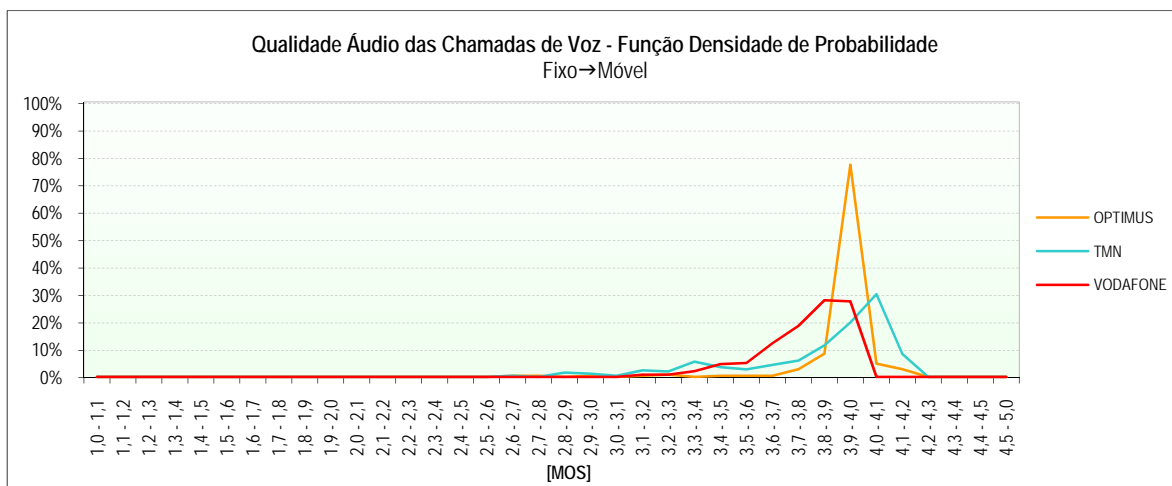


## 4.1.1.1.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*



## 4.1.1.1.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*



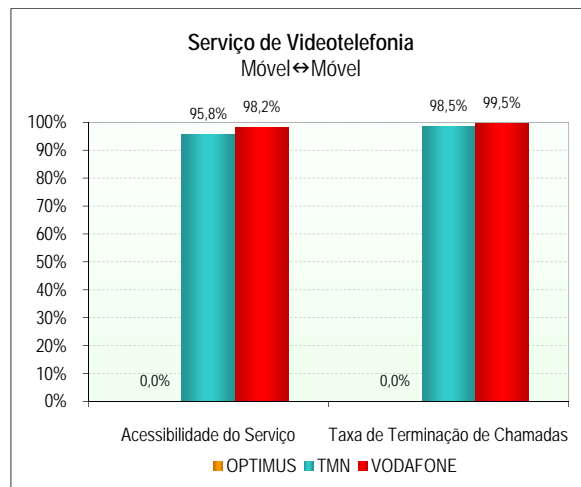


#### 4.1.1.2 SERVIÇO DE VIDEOTELEFONIA (UMTS)

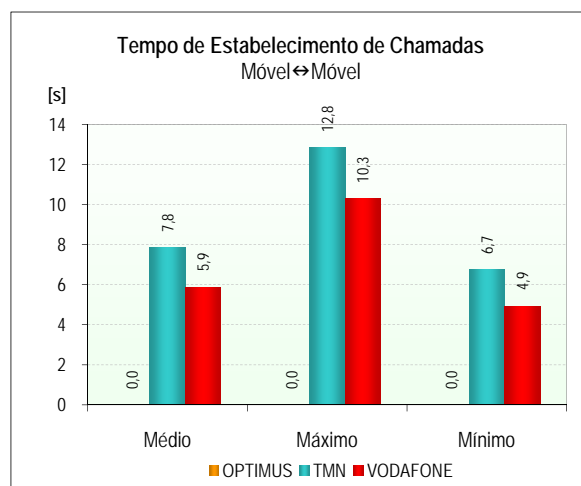
|                              |                                | OPTIMUS     | TMN         | VODAFONE    |
|------------------------------|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                              |                                | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel |
| Chamadas Realizadas          | Número de Chamadas             | 212         | 215         | 217         |
|                              | Falhadas no Estabelecimento    | 212         | 9           | 4           |
|                              | Falhadas Durante a Chamada     | 0           | 3           | 1           |
|                              | Com Terminação Normal          | 0           | 203         | 212         |
|                              | Acessibilidade do Serviço      | 0,0%        | 95,8%       | 98,2%       |
|                              | Taxa de Terminação de Chamadas | 0,0%        | 98,5%       | 99,5%       |
| Estabelecimento das Chamadas | Número de Amostras (Chamadas)  | 0           | 206         | 213         |
|                              | Tempo Médio [s]                | 0,0         | 7,8         | 5,9         |
|                              | Tempo Máximo [s]               | 0,0         | 12,8        | 10,3        |
|                              | Tempo Mínimo [s]               | 0,0         | 6,7         | 4,9         |
|                              | Desvio Padrão [s]              | 0,0         | 0,9         | 0,8         |
| Qualidade Áudio              | Número de Amostras (Chamadas)  | 0           | 406         | 424         |
|                              | Média [MOS]                    | 0,00        | 3,90        | 3,96        |
|                              | Máxima [MOS]                   | 0,00        | 4,05        | 4,05        |
|                              | Mínima [MOS]                   | 0,00        | 2,01        | 2,54        |
|                              | Desvio Padrão [MOS]            | 0,00        | 0,26        | 0,15        |
| Qualidade Vídeo              | Número de Amostras (Chamadas)  | 0           | 406         | 424         |
|                              | Média [MOS]                    | 0,00        | 2,29        | 2,40        |
|                              | Máxima [MOS]                   | 0,00        | 2,63        | 2,63        |
|                              | Mínima [MOS]                   | 0,00        | 1,07        | 1,15        |
|                              | Desvio Padrão [MOS]            | 0,00        | 0,30        | 0,23        |



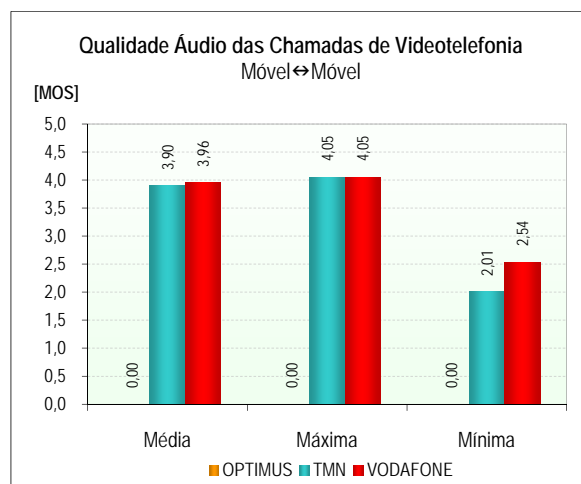
4.1.1.2.1 INDICADORES *ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO* E *TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS*



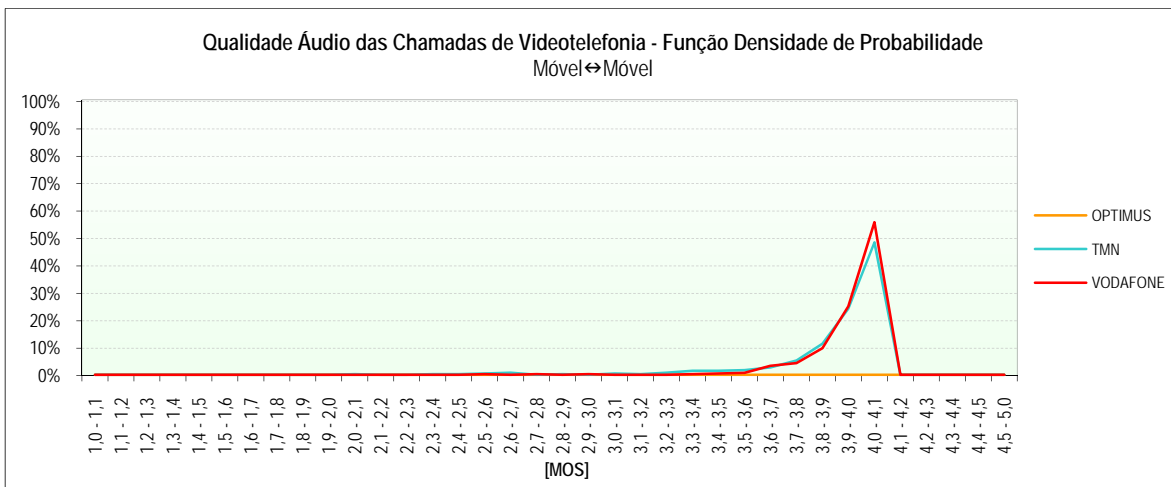
4.1.1.2.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*



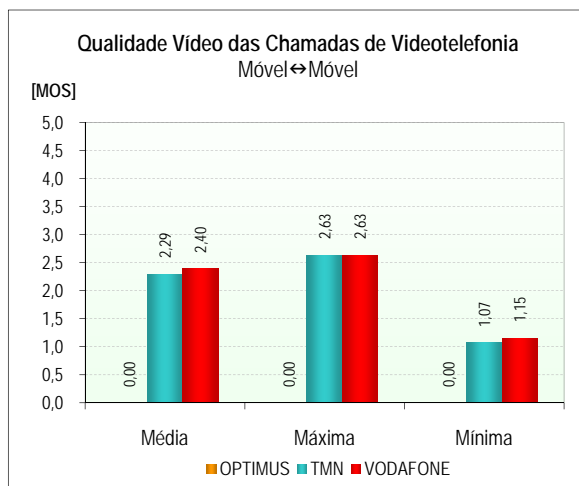
4.1.1.2.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



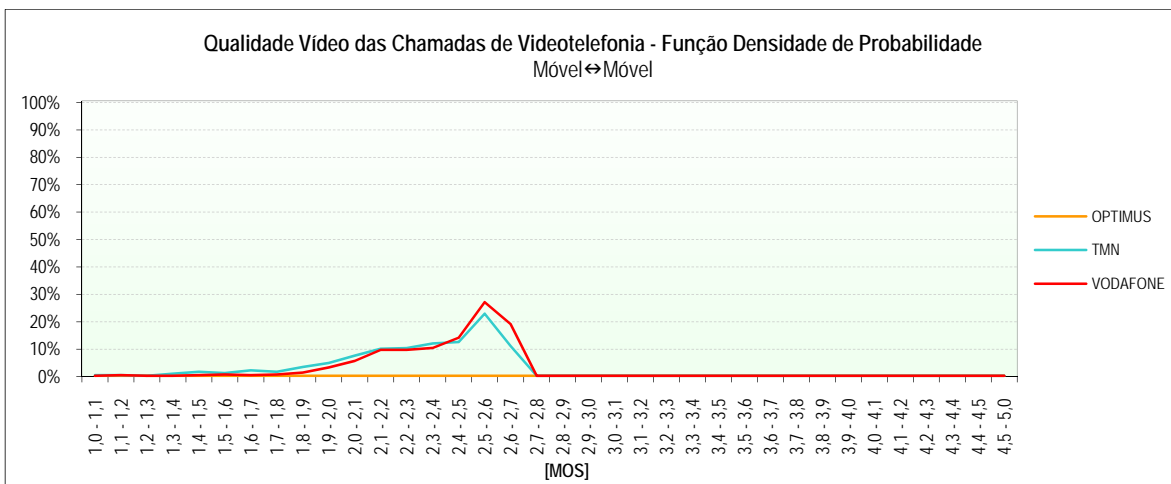
4.1.1.2.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



4.1.1.2.5 INDICADOR *QUALIDADE VIDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



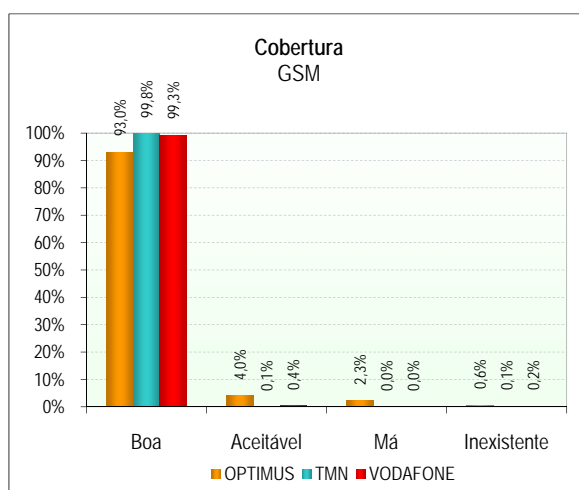
4.1.1.2.6 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE VIDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



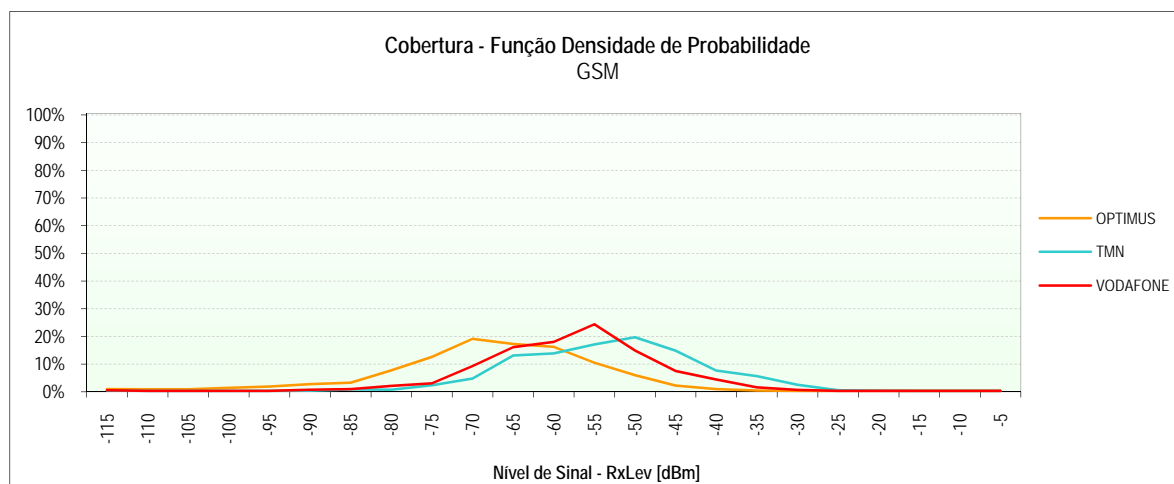
## 4.1.1.3 COBERTURA DAS REDES

|                               | GSM     |        |          | WCDMA   |        |          |
|-------------------------------|---------|--------|----------|---------|--------|----------|
|                               | OPTIMUS | TMN    | VODAFONE | OPTIMUS | TMN    | VODAFONE |
| <b>Cobertura</b>              |         |        |          |         |        |          |
| Número de Amostras (Medições) | 46.328  | 46.328 | 46.379   | 46.450  | 46.450 | 46.427   |
| Nível Médio de Sinal [dBm]    | -66     | -51    | -56      | -125    | -74    | -76      |
| Nível Máximo de Sinal [dBm]   | -32     | -20    | -28      | -125    | -35    | -37      |
| Nível Mínimo de Sinal [dBm]   | -120    | -115   | -115     | -125    | -134   | -126     |
| Desvio Padrão [dBm]           | 13      | 11     | 10       | 0       | 15     | 13       |
| Boa                           | 93,0%   | 99,8%  | 99,3%    | 0,0%    | 92,2%  | 93,8%    |
| Aceitável                     | 4,0%    | 0,1%   | 0,4%     | 0,0%    | 5,6%   | 4,8%     |
| Má                            | 2,3%    | 0,0%   | 0,0%     | 0,0%    | 1,6%   | 1,1%     |
| Inexistente                   | 0,6%    | 0,1%   | 0,2%     | 100,0%  | 0,6%   | 0,3%     |

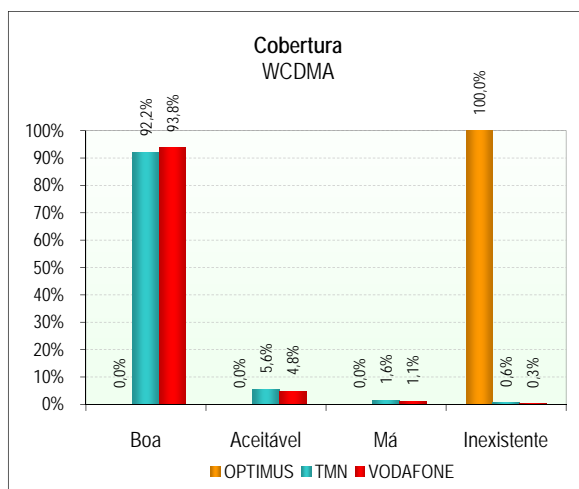
### 4.1.1.3.1 GSM



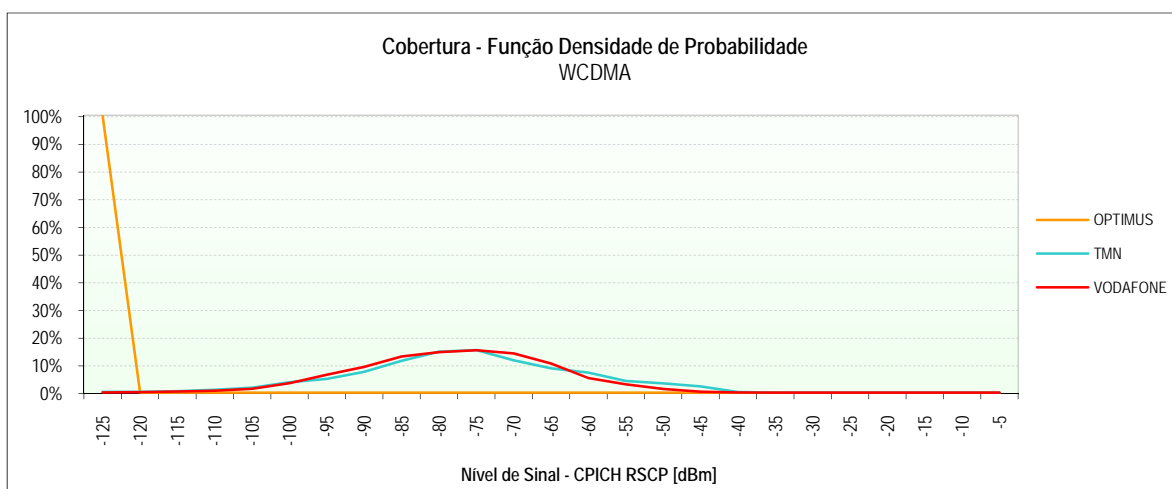
### 4.1.1.3.2 GSM - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



## 4.1.1.3.3 WCDMA



## 4.1.1.3.4 WCDMA - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE

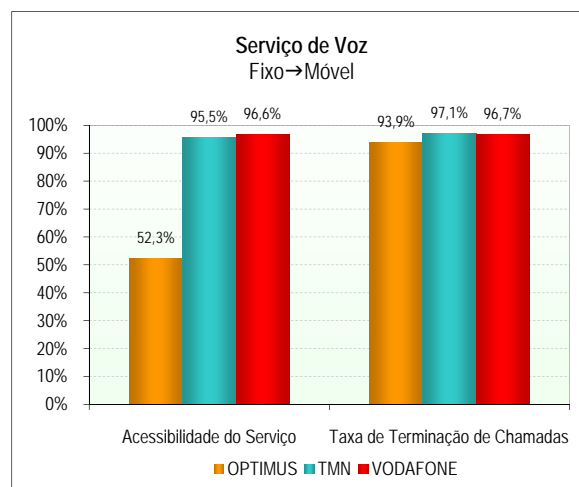
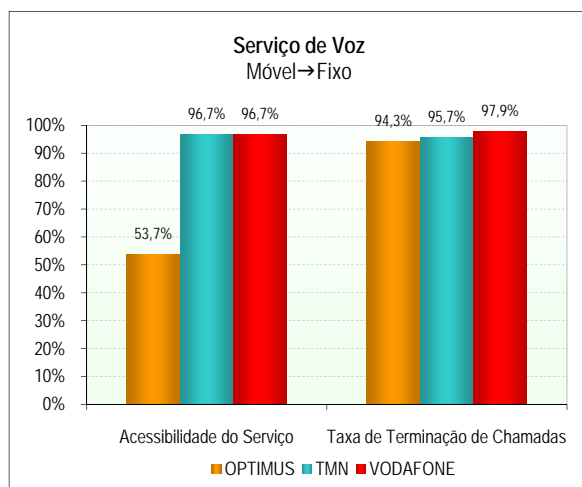


## 4.1.2 EIXOS RODOVIÁRIOS

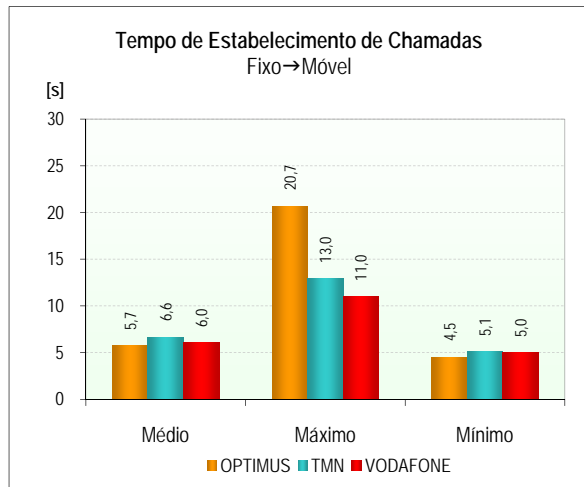
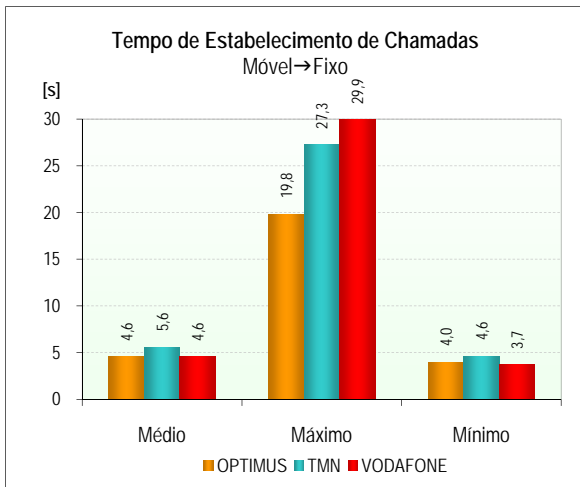
### 4.1.2.1 SERVIÇO DE VOZ (GSM)

|                              |                                | OPTIMUS    |            | TMN        |            | VODAFONE   |            |
|------------------------------|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                              |                                | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel |
| Chamadas Realizadas          | Número de Chamadas             | 488        | 470        | 485        | 470        | 485        | 471        |
|                              | Falhadas no Estabelecimento    | 226        | 224        | 16         | 21         | 16         | 16         |
|                              | Falhadas Durante a Chamada     | 15         | 15         | 20         | 13         | 10         | 15         |
|                              | Com Terminação Normal          | 247        | 231        | 449        | 436        | 459        | 440        |
|                              | Acessibilidade do Serviço      | 53,7%      | 52,3%      | 96,7%      | 95,5%      | 96,7%      | 96,6%      |
|                              | Taxa de Terminação de Chamadas | 94,3%      | 93,9%      | 95,7%      | 97,1%      | 97,9%      | 96,7%      |
| Estabelecimento das Chamadas | Número de Amostras (Chamadas)  | 262        | 246        | 469        | 449        | 469        | 455        |
|                              | Tempo Médio [s]                | 4,6        | 5,7        | 5,6        | 6,6        | 4,6        | 6,0        |
|                              | Tempo Máximo [s]               | 19,8       | 20,7       | 27,3       | 13,0       | 29,9       | 11,0       |
|                              | Tempo Mínimo [s]               | 4,0        | 4,5        | 4,6        | 5,1        | 3,7        | 5,0        |
|                              | Desvio Padrão [s]              | 1,5        | 1,7        | 1,6        | 1,2        | 1,5        | 1,0        |
| Qualidade Áudio              | Número de Amostras (Chamadas)  | 478        | 478        | 885        | 885        | 899        | 899        |
|                              | Média [MOS]                    | 3,87       | 3,92       | 3,88       | 3,87       | 3,78       | 3,70       |
|                              | Máxima [MOS]                   | 4,12       | 4,15       | 4,11       | 4,18       | 3,95       | 3,99       |
|                              | Minima [MOS]                   | 2,58       | 2,84       | 2,17       | 1,47       | 2,76       | 2,40       |
|                              | Desvio Padrão [MOS]            | 0,17       | 0,15       | 0,25       | 0,35       | 0,18       | 0,26       |

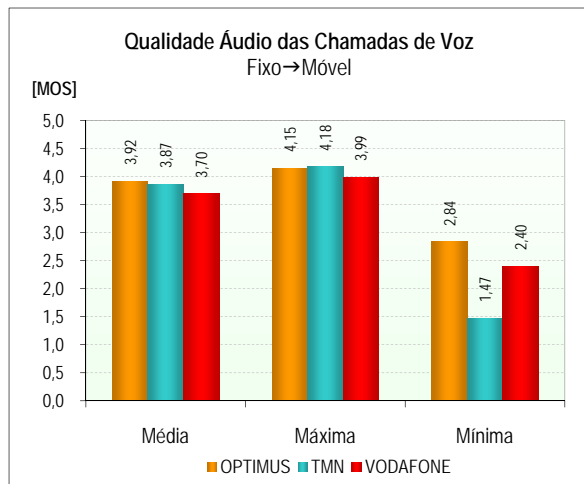
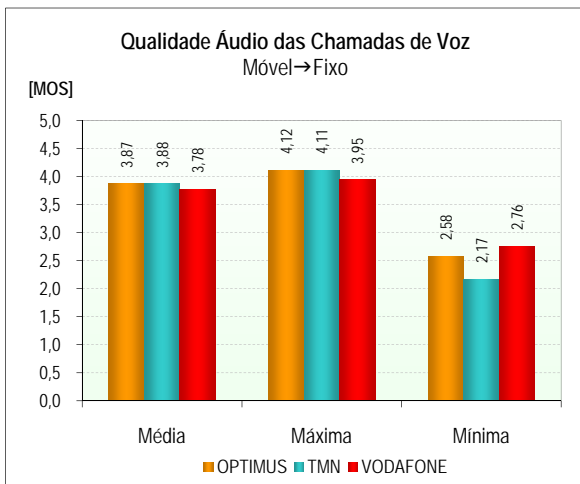
#### 4.1.2.1.1 INDICADORES ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS



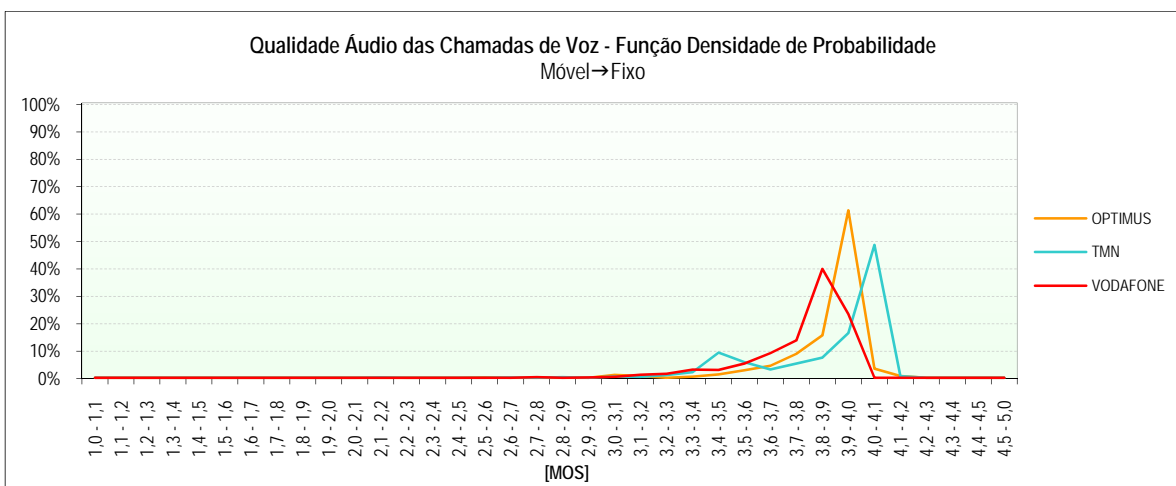
## 4.1.2.1.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*

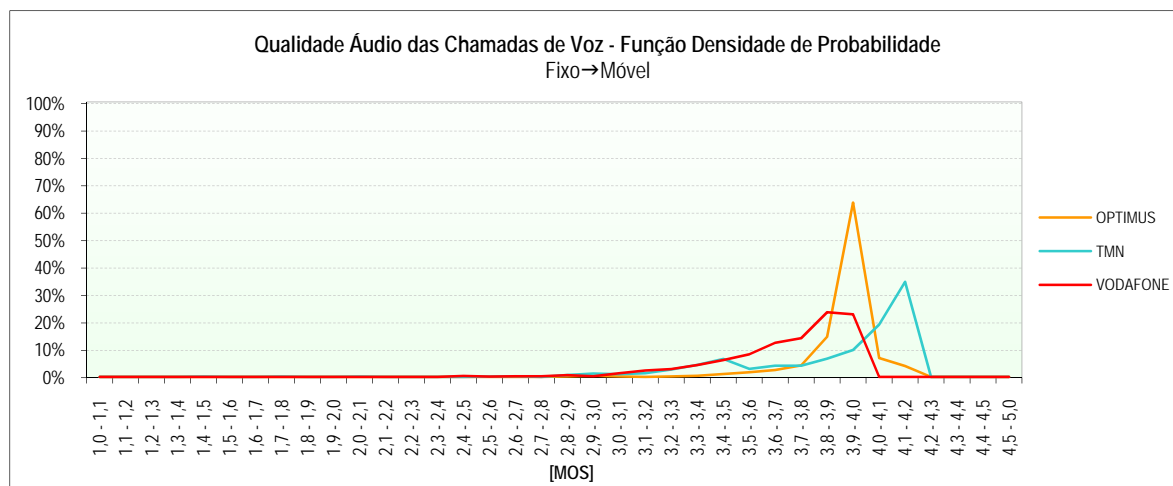


## 4.1.2.1.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*



## 4.1.2.1.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*

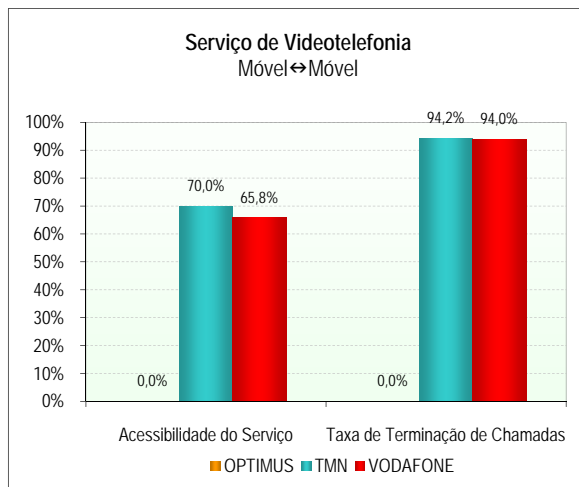




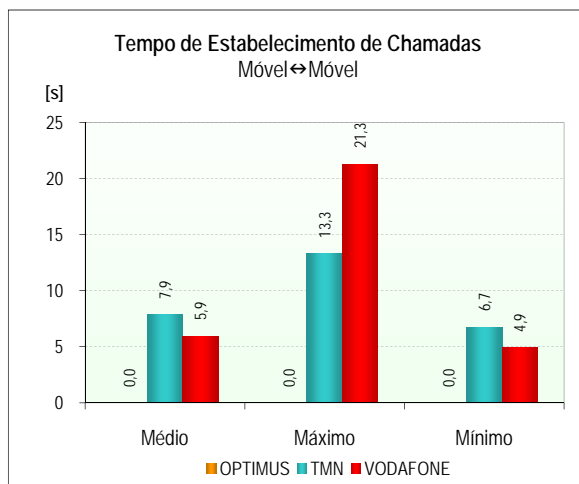
#### 4.1.2.2 SERVIÇO DE VIDEOTELEFONIA (UMTS)

|                              |                                | OPTIMUS     | TMN         | VODAFONE    |
|------------------------------|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                              |                                | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel |
| Chamadas Realizadas          | Número de Chamadas             | 816         | 811         | 815         |
|                              | Falhadas no Estabelecimento    | 816         | 243         | 279         |
|                              | Falhadas Durante a Chamada     | 0           | 33          | 32          |
|                              | Com Terminação Normal          | 0           | 535         | 504         |
|                              | Acessibilidade do Serviço      | 0,0%        | 70,0%       | 65,8%       |
|                              | Taxa de Terminação de Chamadas | 0,0%        | 94,2%       | 94,0%       |
| Estabelecimento das Chamadas | Número de Amostras (Chamadas)  | 0           | 568         | 536         |
|                              | Tempo Médio [s]                | 0,0         | 7,9         | 5,9         |
|                              | Tempo Máximo [s]               | 0,0         | 13,3        | 21,3        |
|                              | Tempo Mínimo [s]               | 0,0         | 6,7         | 4,9         |
|                              | Desvio Padrão [s]              | 0,0         | 0,9         | 1,2         |
| Qualidade Áudio              | Número de Amostras (Chamadas)  | 0           | 1.070       | 1.008       |
|                              | Média [MOS]                    | 0,00        | 3,89        | 3,93        |
|                              | Máxima [MOS]                   | 0,00        | 4,05        | 4,05        |
|                              | Mínima [MOS]                   | 0,00        | 1,00        | 1,00        |
|                              | Desvio Padrão [MOS]            | 0,00        | 0,36        | 0,26        |
| Qualidade Vídeo              | Número de Amostras (Chamadas)  | 0           | 1.069       | 1.008       |
|                              | Média [MOS]                    | 0,00        | 2,34        | 2,39        |
|                              | Máxima [MOS]                   | 0,00        | 2,76        | 2,66        |
|                              | Mínima [MOS]                   | 0,00        | 1,01        | 1,47        |
|                              | Desvio Padrão [MOS]            | 0,00        | 0,28        | 0,23        |

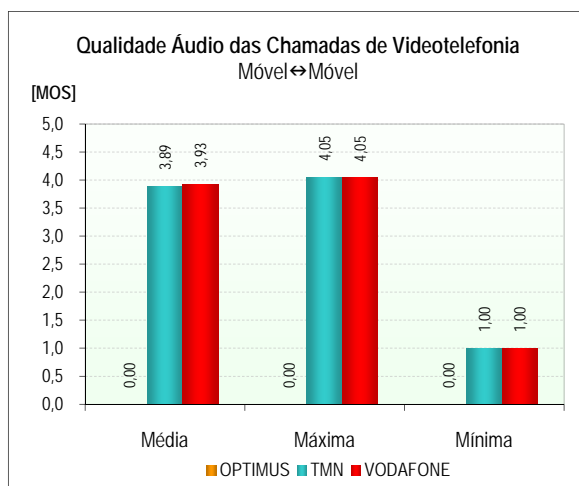
4.1.2.2.1 INDICADORES *ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS*



4.1.2.2.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*

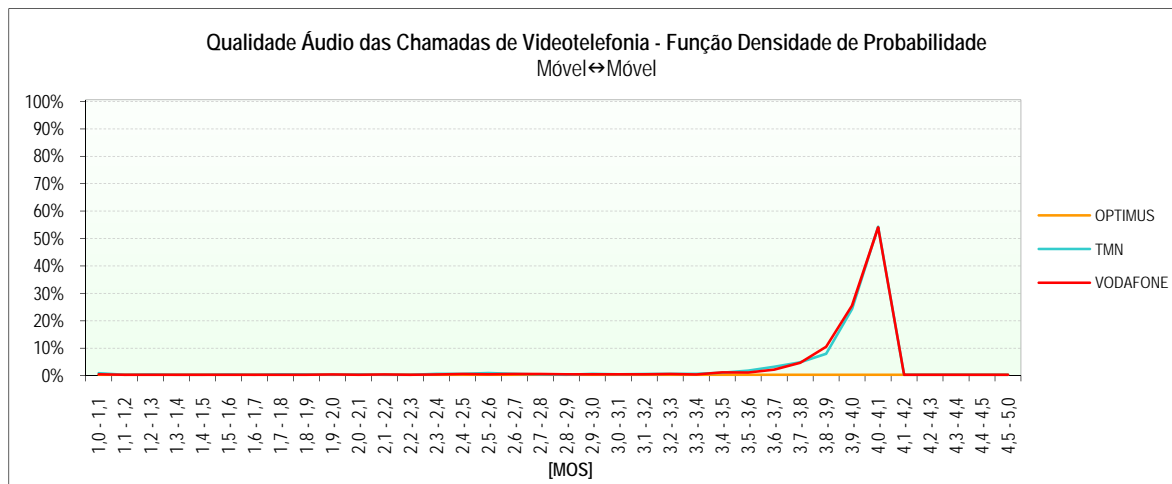


4.1.2.2.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*

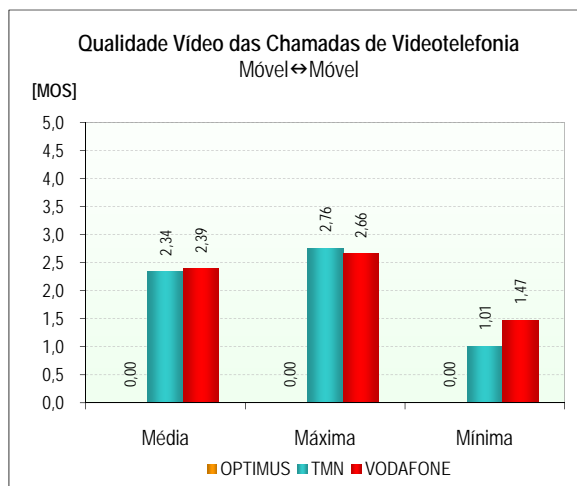




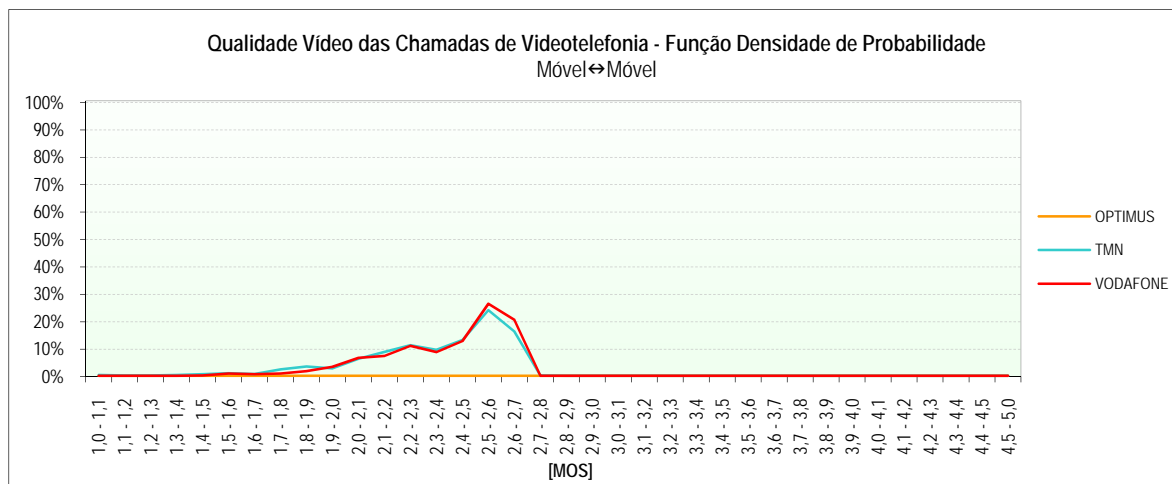
4.1.2.2.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



4.1.2.2.5 INDICADOR *QUALIDADE VIDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



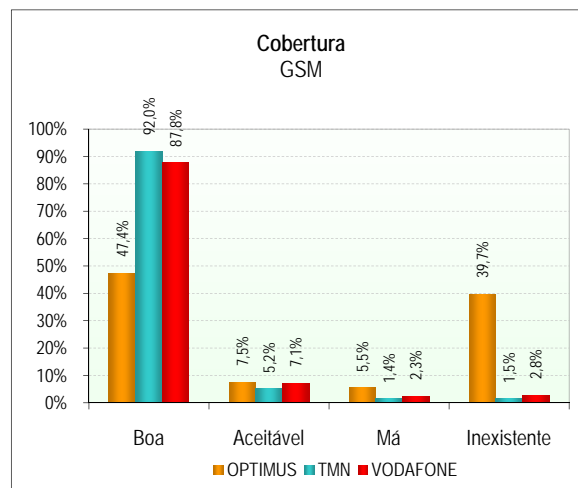
4.1.2.2.6 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE VIDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



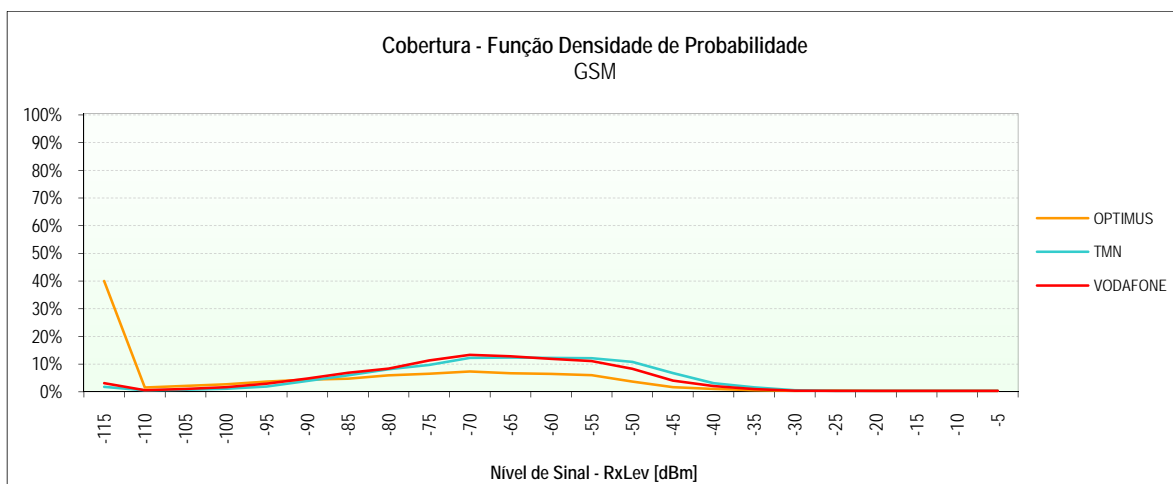
## 4.1.2.3 COBERTURA DAS REDES

|           |                               | GSM     |         |          | WCDMA   |         |          |
|-----------|-------------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|
|           |                               | OPTIMUS | TMN     | VODAFONE | OPTIMUS | TMN     | VODAFONE |
| Cobertura | Número de Amostras (Medições) | 175.864 | 175.864 | 175.781  | 176.263 | 176.274 | 176.231  |
|           | Nível Médio de Sinal [dBm]    | -88     | -63     | -67      | -125    | -93     | -96      |
|           | Nível Máximo de Sinal [dBm]   | -23     | -20     | -25      | -125    | -35     | -40      |
|           | Nível Mínimo de Sinal [dBm]   | -120    | -120    | -120     | -125    | -140    | -140     |
|           | Desvio Padrão [dBm]           | 25      | 16      | 16       | 0       | 22      | 22       |
|           | Boa                           | 47,4%   | 92,0%   | 87,8%    | 0,0%    | 55,9%   | 52,0%    |
|           | Aceitável                     | 7,5%    | 5,2%    | 7,1%     | 0,0%    | 13,0%   | 13,0%    |
|           | Má                            | 5,5%    | 1,4%    | 2,3%     | 0,0%    | 7,6%    | 8,5%     |
|           | Inexistente                   | 39,7%   | 1,5%    | 2,8%     | 100,0%  | 23,4%   | 26,5%    |

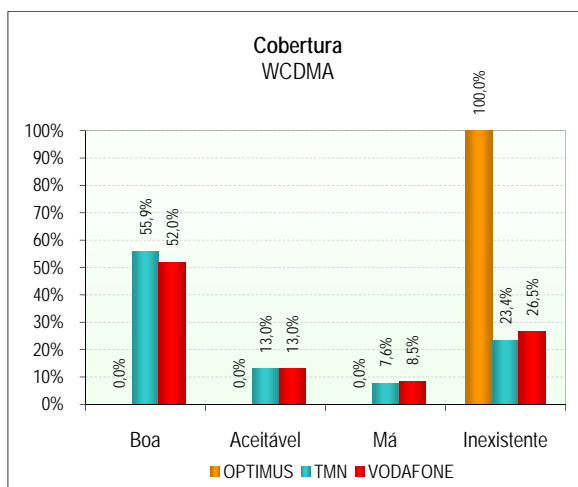
### 4.1.2.3.1 GSM



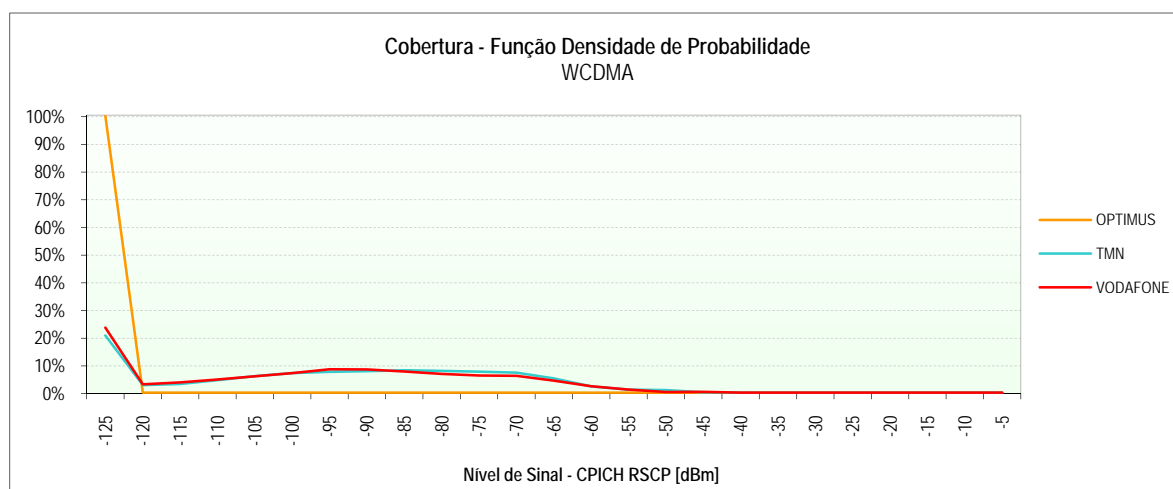
### 4.1.2.3.2 GSM - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



4.1.2.3.3 WCDMA



4.1.2.3.4 WCDMA - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



## 4.1.3 GLOBAL

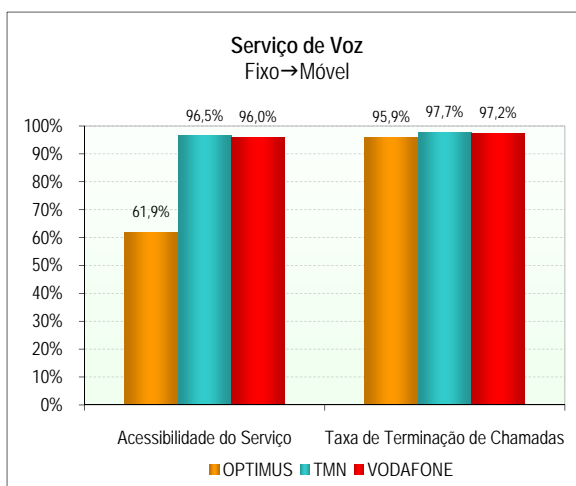
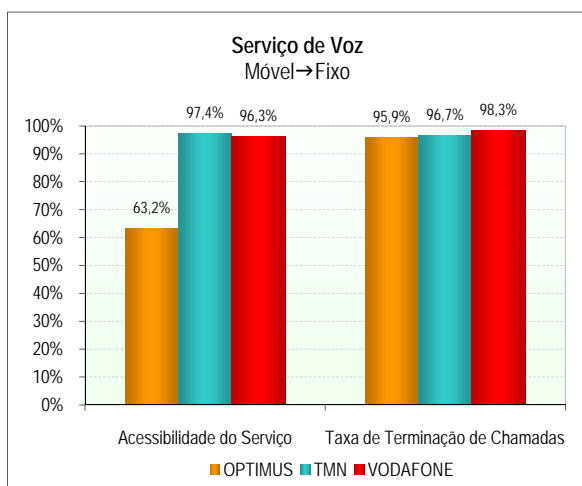
### 4.1.3.1 SERVIÇO DE VOZ (GSM)

|                              |                                | OPTIMUS    |            | TMN        |            | VODAFONE   |            |
|------------------------------|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                              |                                | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel |
| Chamadas Realizadas          | Número de Chamadas             | 617        | 593        | 614        | 593        | 614        | 594        |
|                              | Falhadas no Estabelecimento    | 227        | 226        | 16         | 21         | 23         | 24         |
|                              | Falhadas Durante a Chamada     | 16         | 15         | 20         | 13         | 10         | 16         |
|                              | Com Terminação Normal          | 374        | 352        | 578        | 559        | 581        | 554        |
|                              | Acessibilidade do Serviço      | 63,2%      | 61,9%      | 97,4%      | 96,5%      | 96,3%      | 96,0%      |
|                              | Taxa de Terminação de Chamadas | 95,9%      | 95,9%      | 96,7%      | 97,7%      | 98,3%      | 97,2%      |
| Estabelecimento das Chamadas | Número de Amostras (Chamadas)  | 390        | 367        | 598        | 572        | 591        | 570        |
|                              | Tempo Médio [s]                | 4,5        | 5,6        | 5,5        | 6,6        | 4,5        | 6,0        |
|                              | Tempo Máximo [s]               | 19,8       | 20,7       | 27,3       | 13,0       | 29,9       | 11,0       |
|                              | Tempo Mínimo [s]               | 4,0        | 4,5        | 4,6        | 5,1        | 3,7        | 4,9        |
|                              | Desvio Padrão [s]              | 1,2        | 1,4        | 1,5        | 1,1        | 1,3        | 0,9        |
| Qualidade Áudio              | Número de Amostras (Chamadas)  | 726        | 726        | 1.137      | 1.137      | 1.135      | 1.135      |
|                              | Média [MOS]                    | 3,89       | 3,92       | 3,88       | 3,86       | 3,78       | 3,71       |
|                              | Máxima [MOS]                   | 4,12       | 4,15       | 4,11       | 4,18       | 3,95       | 3,99       |
|                              | Mínima [MOS]                   | 2,58       | 2,66       | 2,17       | 1,47       | 1,52       | 2,40       |
|                              | Desvio Padrão [MOS]            | 0,16       | 0,16       | 0,24       | 0,34       | 0,19       | 0,24       |

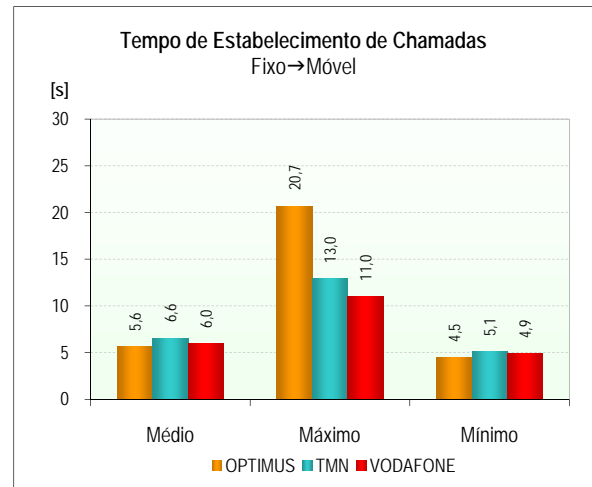
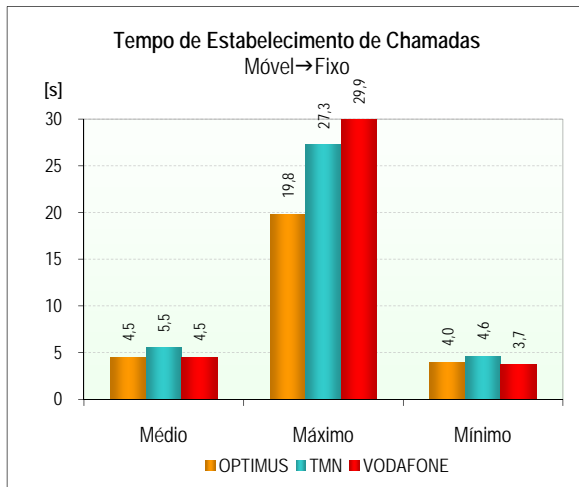
|                  |  | OPTIMUS    |            | TMN        |            | VODAFONE   |            |
|------------------|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                  |  | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel |
| Erro de Precisão | Acessibilidade do Serviço                | 3,9%       | 4,0%       | 1,6%       | 1,8%       | 1,8%       | 1,9%       |
|                  | Taxa de Terminação de Chamadas           | 2,5%       | 2,6%       | 1,8%       | 1,6%       | 1,4%       | 1,7%       |
|                  | Tempo de Estabelecimento de Chamadas [s] | 0,121      | 0,144      | 0,118      | 0,092      | 0,107      | 0,073      |
|                  | Qualidade Áudio [MOS]                    | 0,012      | 0,011      | 0,014      | 0,020      | 0,011      | 0,014      |

Nível de Confiança = 95 %

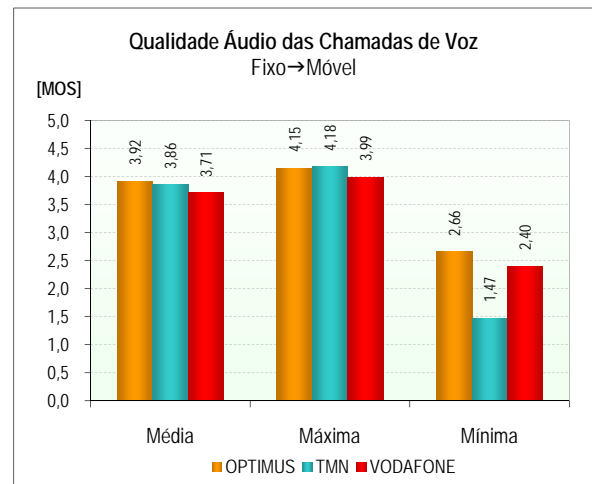
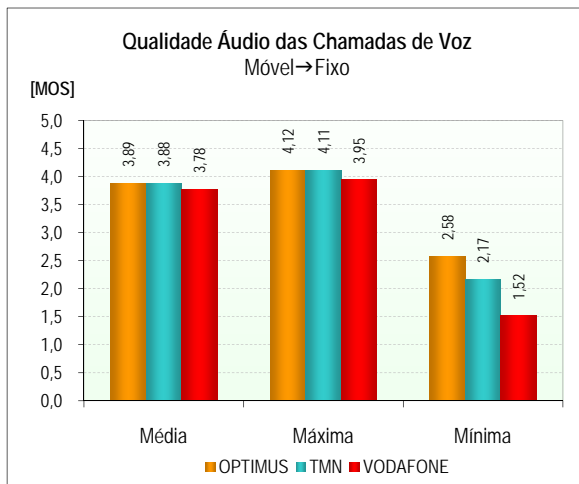
#### 4.1.3.1.1 INDICADORES ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS



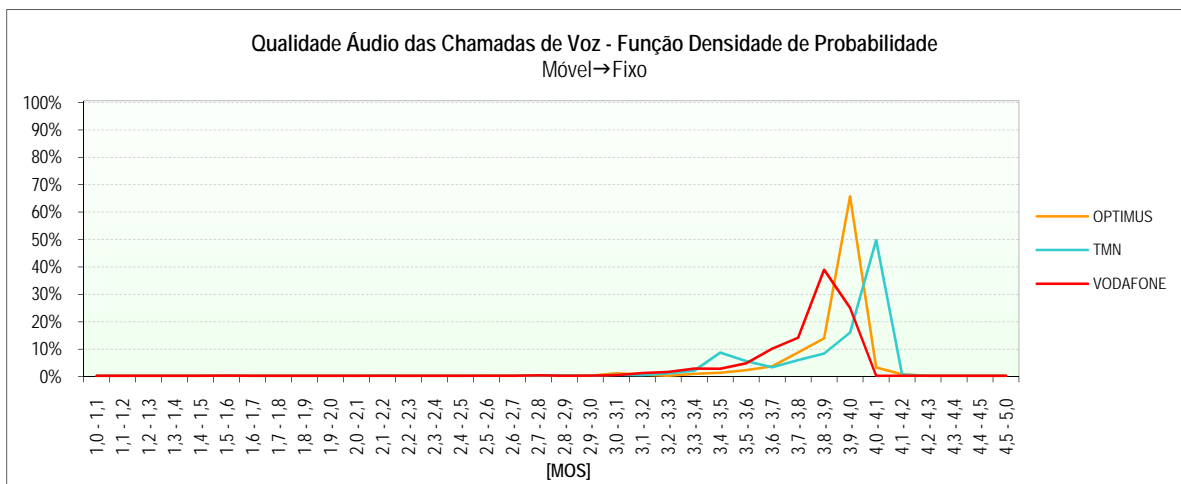
## 4.1.3.1.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*

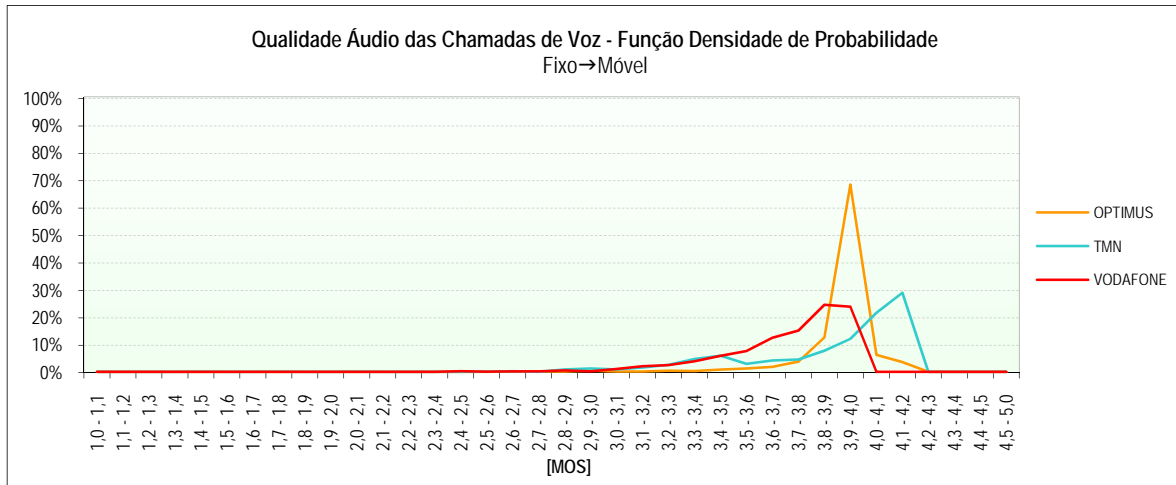


## 4.1.3.1.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*



## 4.1.3.1.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*





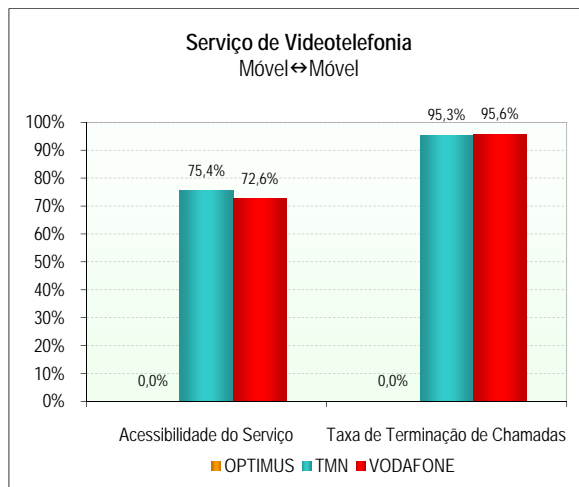
#### 4.1.3.2 SERVIÇO DE VIDEOTELEFONIA (UMTS)

|                              |                                | OPTIMUS     | TMN         | VODAFONE    |
|------------------------------|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                              |                                | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel |
| Chamadas Realizadas          | Número de Chamadas             | 1.028       | 1.026       | 1.032       |
|                              | Falhadas no Estabelecimento    | 1.028       | 252         | 283         |
|                              | Falhadas Durante a Chamada     | 0           | 36          | 33          |
|                              | Com Terminação Normal          | 0           | 738         | 716         |
|                              | Acessibilidade do Serviço      | 0,0%        | 75,4%       | 72,6%       |
|                              | Taxa de Terminação de Chamadas | 0,0%        | 95,3%       | 95,6%       |
| Estabelecimento das Chamadas | Número de Amostras (Chamadas)  | 0           | 774         | 749         |
|                              | Tempo Médio [s]                | 0,0         | 7,9         | 5,9         |
|                              | Tempo Máximo [s]               | 0,0         | 13,3        | 21,3        |
|                              | Tempo Mínimo [s]               | 0,0         | 6,7         | 4,9         |
|                              | Desvio Padrão [s]              | 0,0         | 0,9         | 1,1         |
| Qualidade Áudio              | Número de Amostras (Chamadas)  | 0           | 1.476       | 1.432       |
|                              | Média [MOS]                    | 0,00        | 3,90        | 3,94        |
|                              | Máxima [MOS]                   | 0,00        | 4,05        | 4,05        |
|                              | Mínima [MOS]                   | 0,00        | 1,00        | 1,00        |
|                              | Desvio Padrão [MOS]            | 0,00        | 0,34        | 0,23        |
| Qualidade Vídeo              | Número de Amostras (Chamadas)  | 0           | 1.475       | 1.432       |
|                              | Média [MOS]                    | 0,00        | 2,33        | 2,39        |
|                              | Máxima [MOS]                   | 0,00        | 2,76        | 2,66        |
|                              | Mínima [MOS]                   | 0,00        | 1,01        | 1,15        |
|                              | Desvio Padrão [MOS]            | 0,00        | 0,29        | 0,23        |

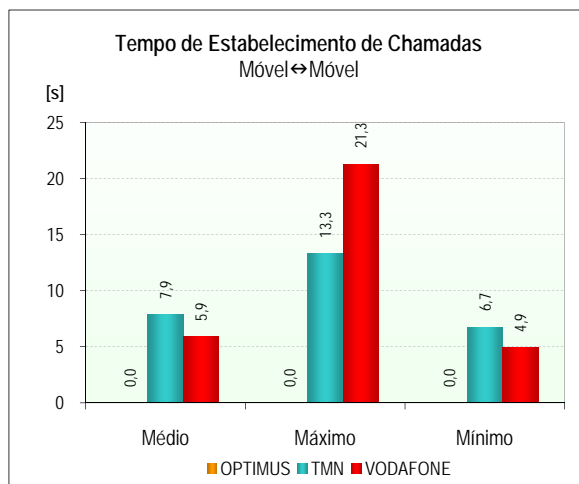
|                  |  | OPTIMUS     | TMN         | VODAFONE    |
|------------------|--|-------------|-------------|-------------|
|                  |  | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel |
| Erro de Precisão | Acessibilidade do Serviço                | 0,0%        | 2,8%        | 2,8%        |
|                  | Taxa de Terminação de Chamadas           | 0,0%        | 1,7%        | 1,7%        |
|                  | Tempo de Estabelecimento de Chamadas [s] | 0,000       | 0,062       | 0,079       |
|                  | Qualidade Áudio [MOS]                    | 0,000       | 0,017       | 0,012       |
|                  | Qualidade Vídeo [MOS]                    | 0,000       | 0,015       | 0,012       |

Nível de Confiança = 95 %

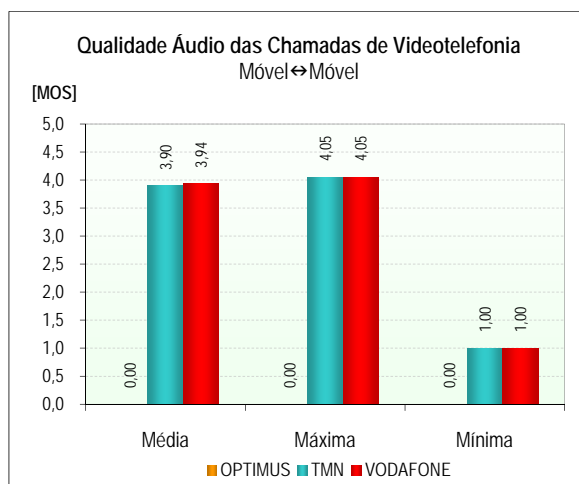
4.1.3.2.1 INDICADORES *ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO* E *TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS*



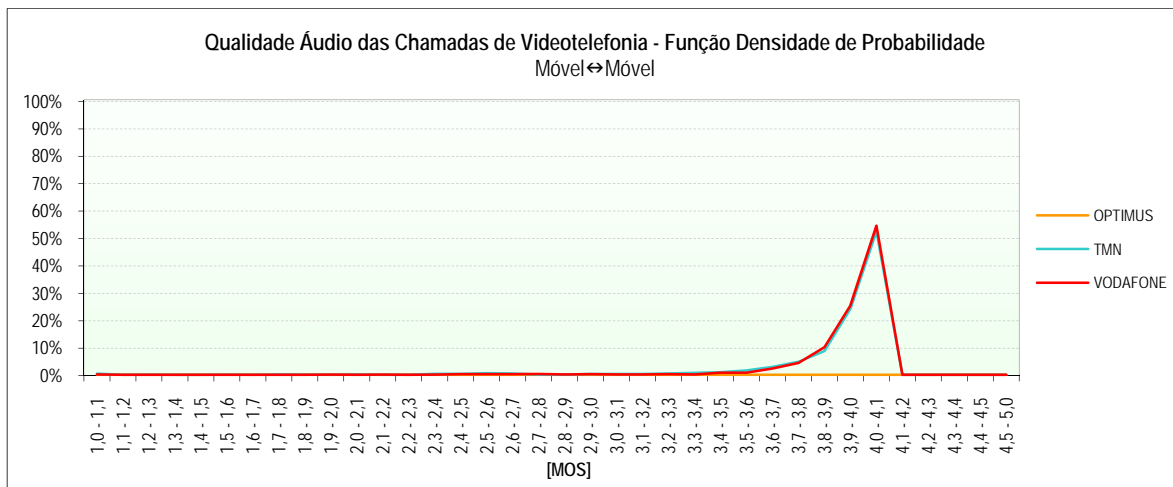
4.1.3.2.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*



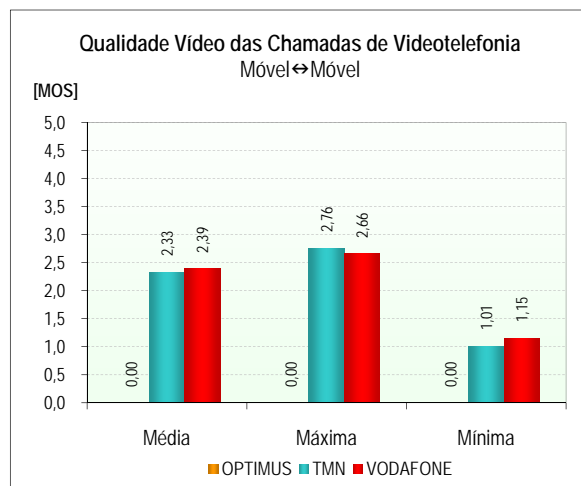
4.1.3.2.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



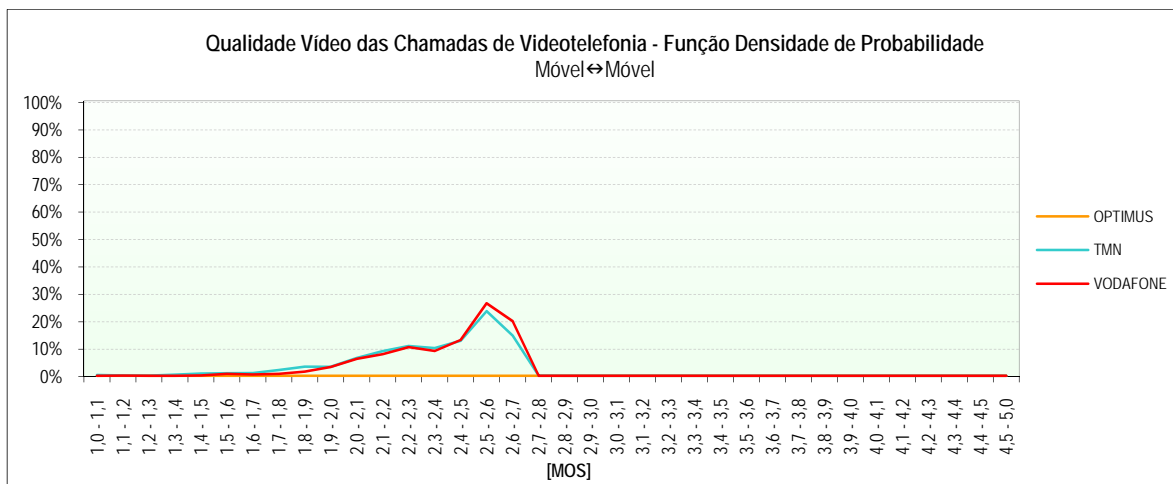
4.1.3.2.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



4.1.3.2.5 INDICADOR *QUALIDADE VIDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



4.1.3.2.6 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE VIDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*

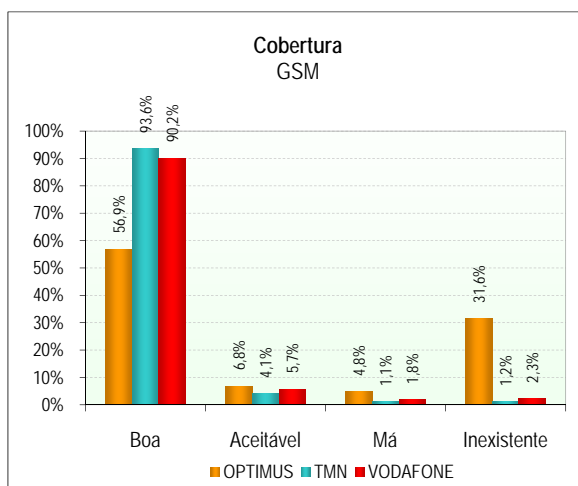




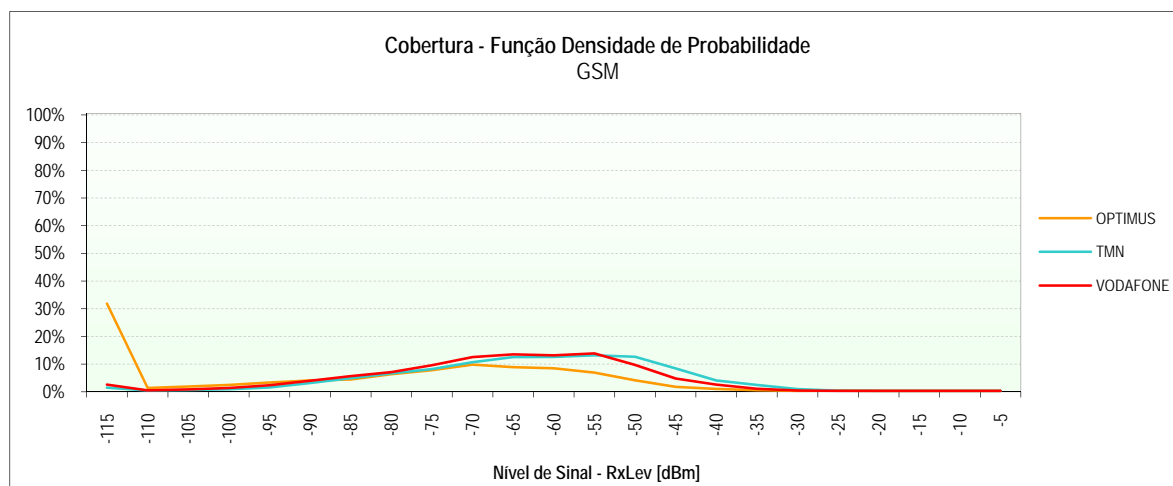
## 4.1.3.3 COBERTURA DAS REDES

|                               | GSM     |         |          | WCDMA   |         |          |
|-------------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|
|                               | OPTIMUS | TMN     | VODAFONE | OPTIMUS | TMN     | VODAFONE |
| <b>Cobertura</b>              |         |         |          |         |         |          |
| Número de Amostras (Medições) | 222.192 | 222.192 | 222.160  | 222.713 | 222.724 | 222.658  |
| Nível Médio de Sinal [dBm]    | -84     | -61     | -65      | -125    | -89     | -92      |
| Nível Máximo de Sinal [dBm]   | -23     | -20     | -25      | -125    | -35     | -37      |
| Nível Mínimo de Sinal [dBm]   | -120    | -120    | -120     | -125    | -140    | -140     |
| Desvio Padrão [dBm]           | 25      | 16      | 16       | 0       | 22      | 22       |
| Boa                           | 56,9%   | 93,6%   | 90,2%    | 0,0%    | 63,5%   | 60,7%    |
| Aceitável                     | 6,8%    | 4,1%    | 5,7%     | 0,0%    | 11,5%   | 11,3%    |
| Má                            | 4,8%    | 1,1%    | 1,8%     | 0,0%    | 6,4%    | 6,9%     |
| Inexistente                   | 31,6%   | 1,2%    | 2,3%     | 100,0%  | 18,7%   | 21,0%    |

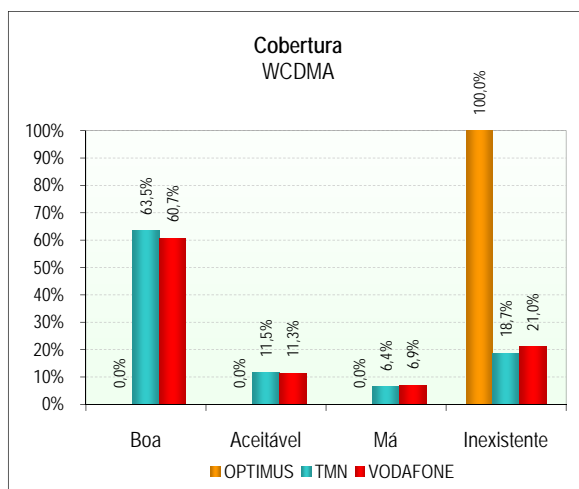
### 4.1.3.3.1 GSM



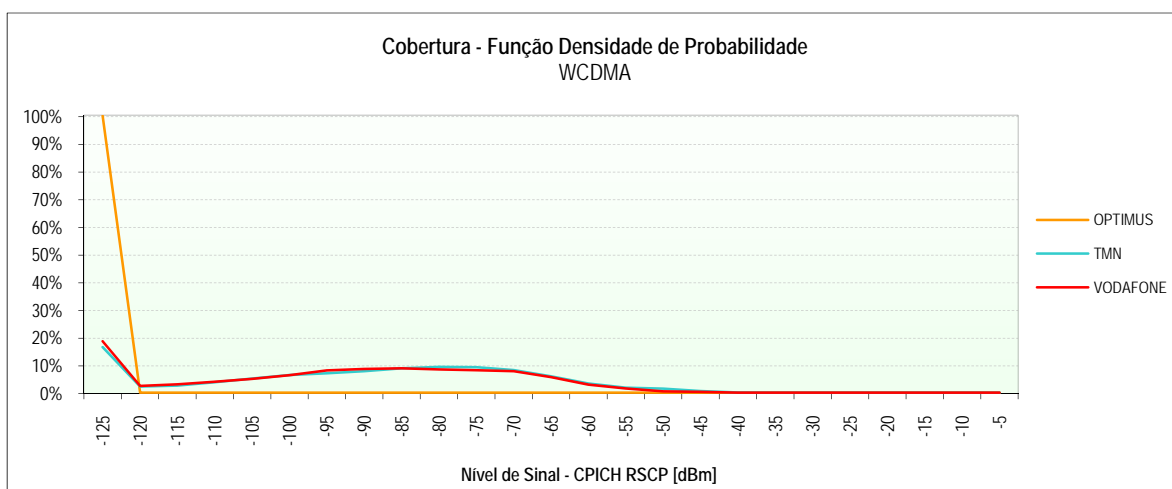
### 4.1.3.3.2 GSM - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



## 4.1.3.3.3 WCDMA



## 4.1.3.3.4 WCDMA - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE

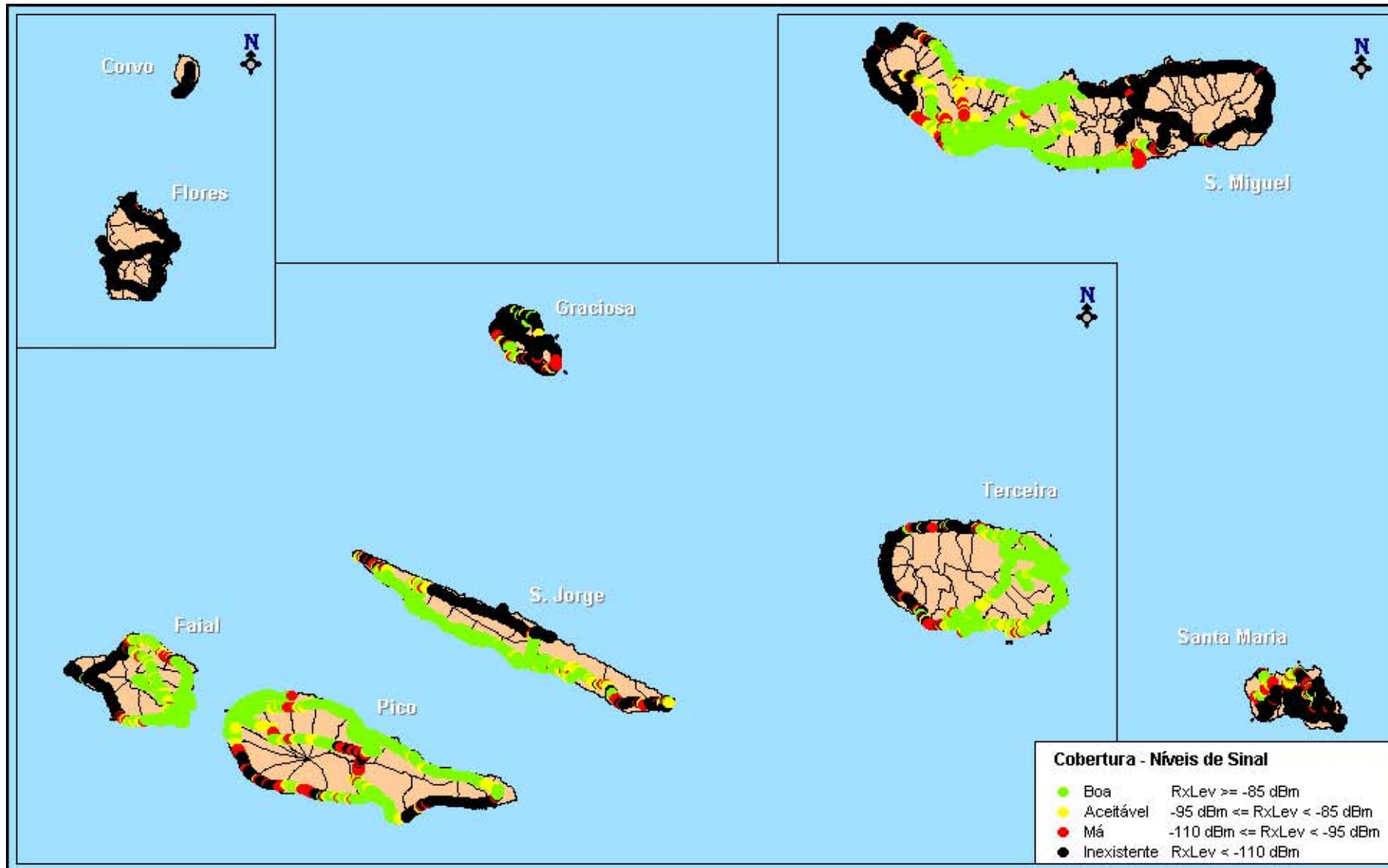


## 4.1.3.3.5 MAPAS DE COBERTURA

(Páginas seguintes)

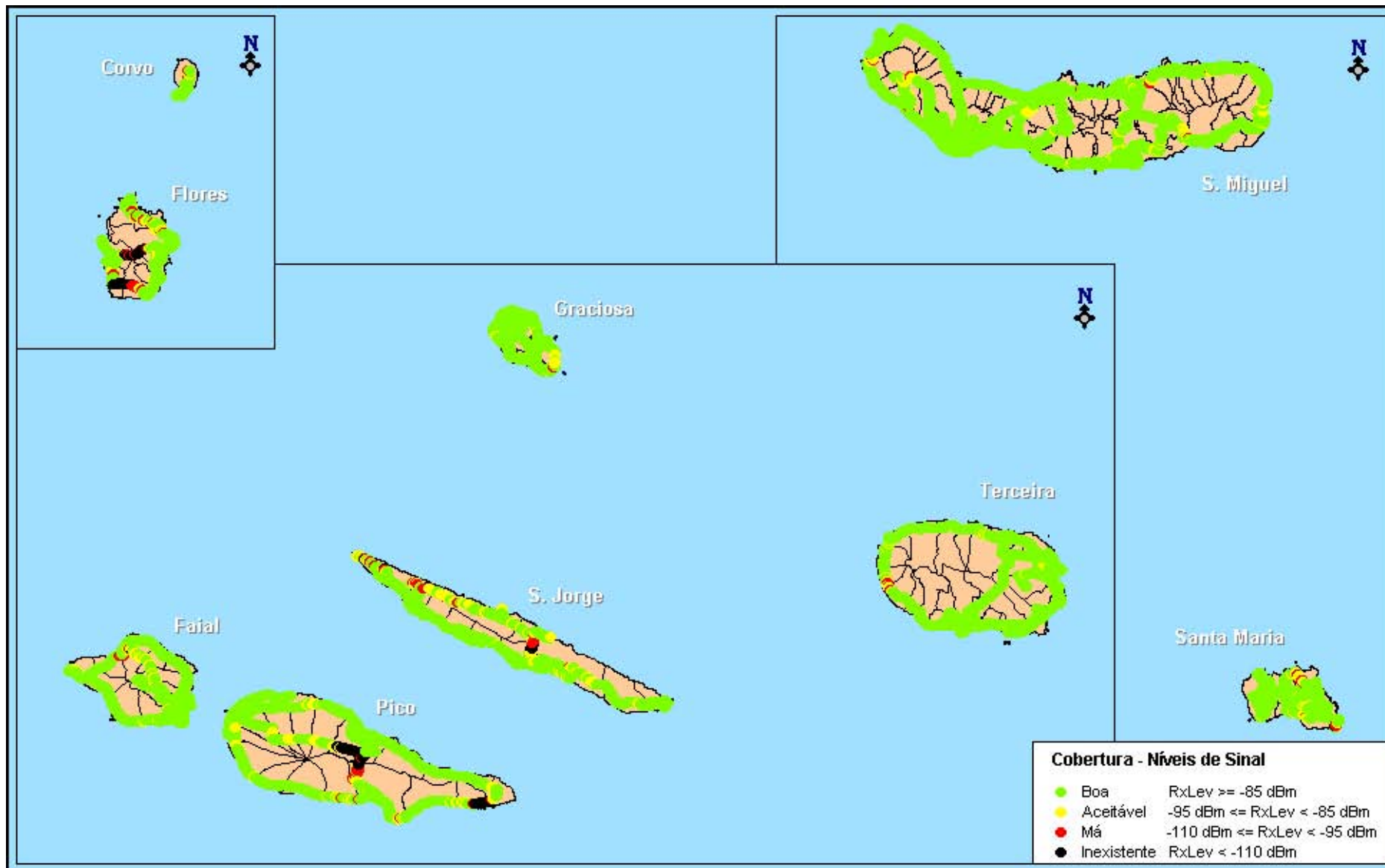
## REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES

OPTIMUS – Cobertura GSM



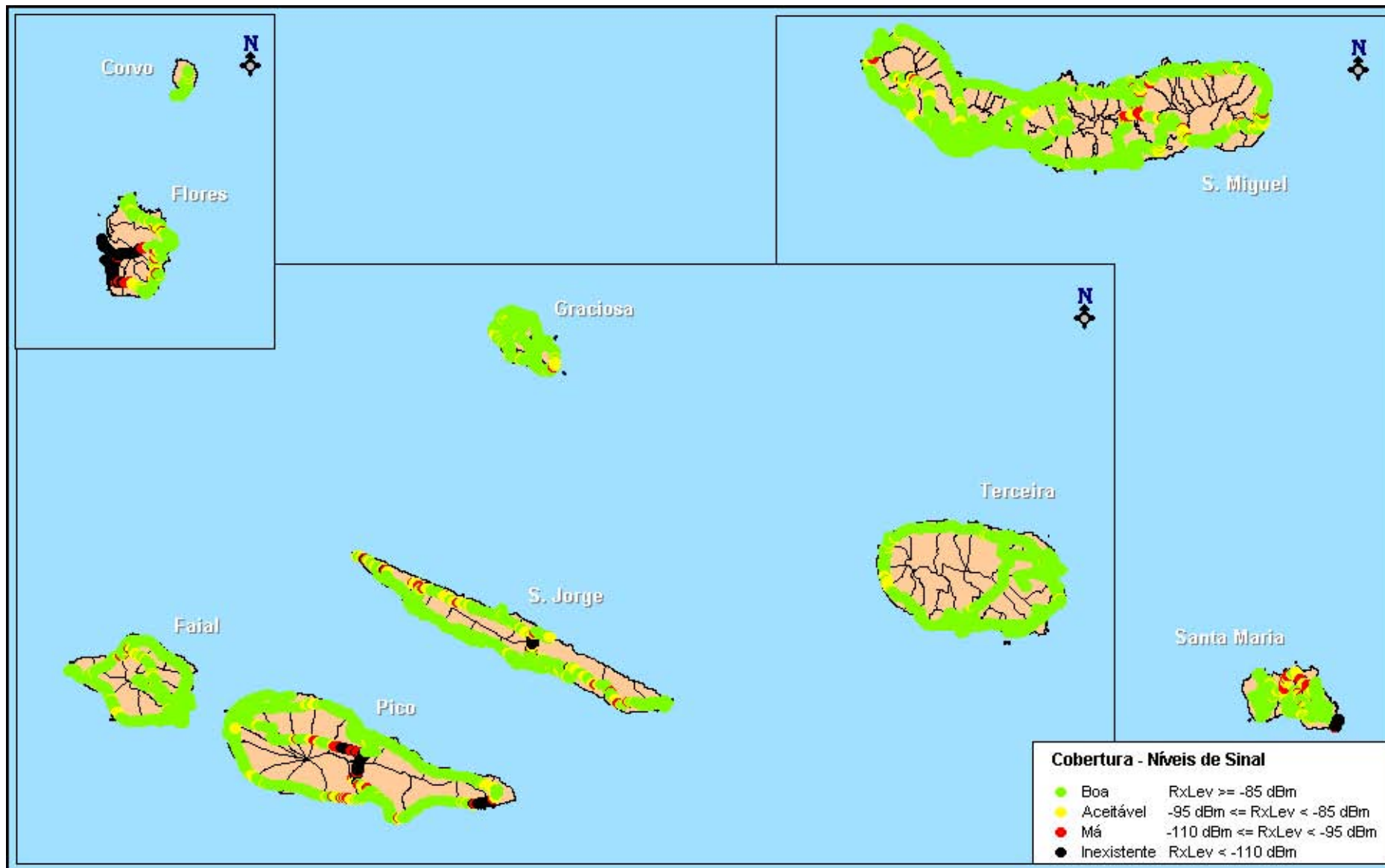
## REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES

TMN – Cobertura GSM



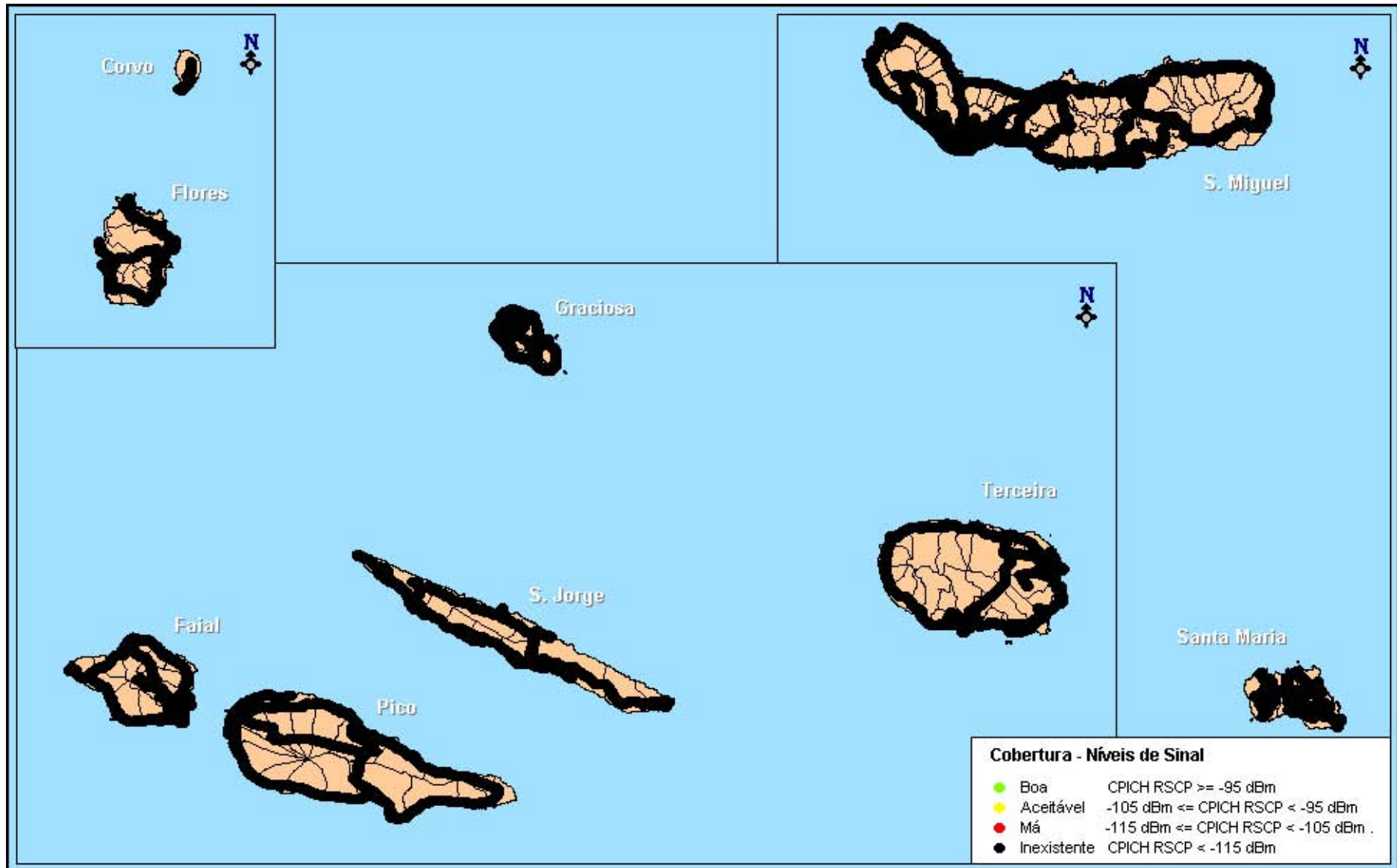
## REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES

VODAFONE – Cobertura GSM



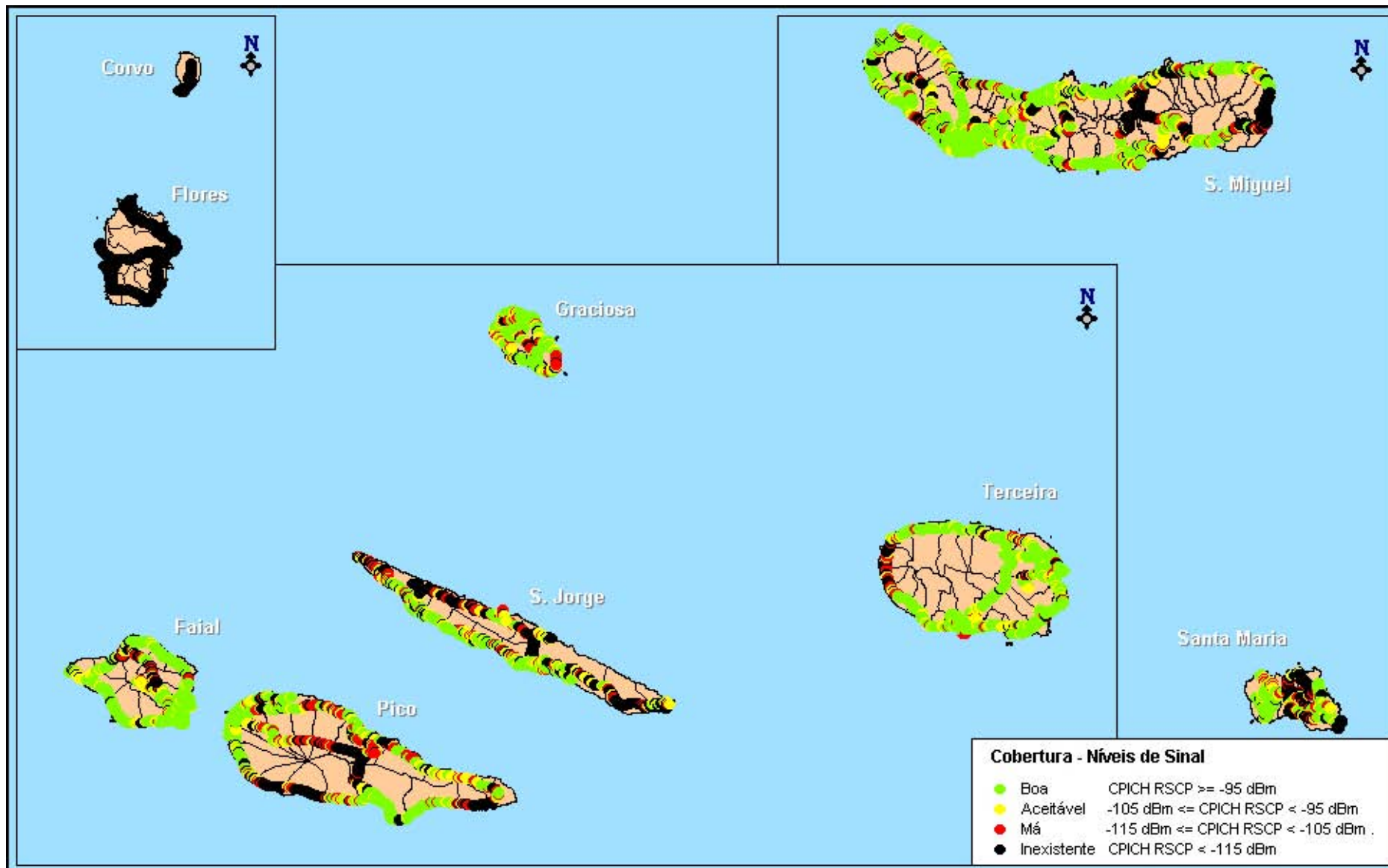
## REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES

OPTIMUS – Cobertura WCDMA



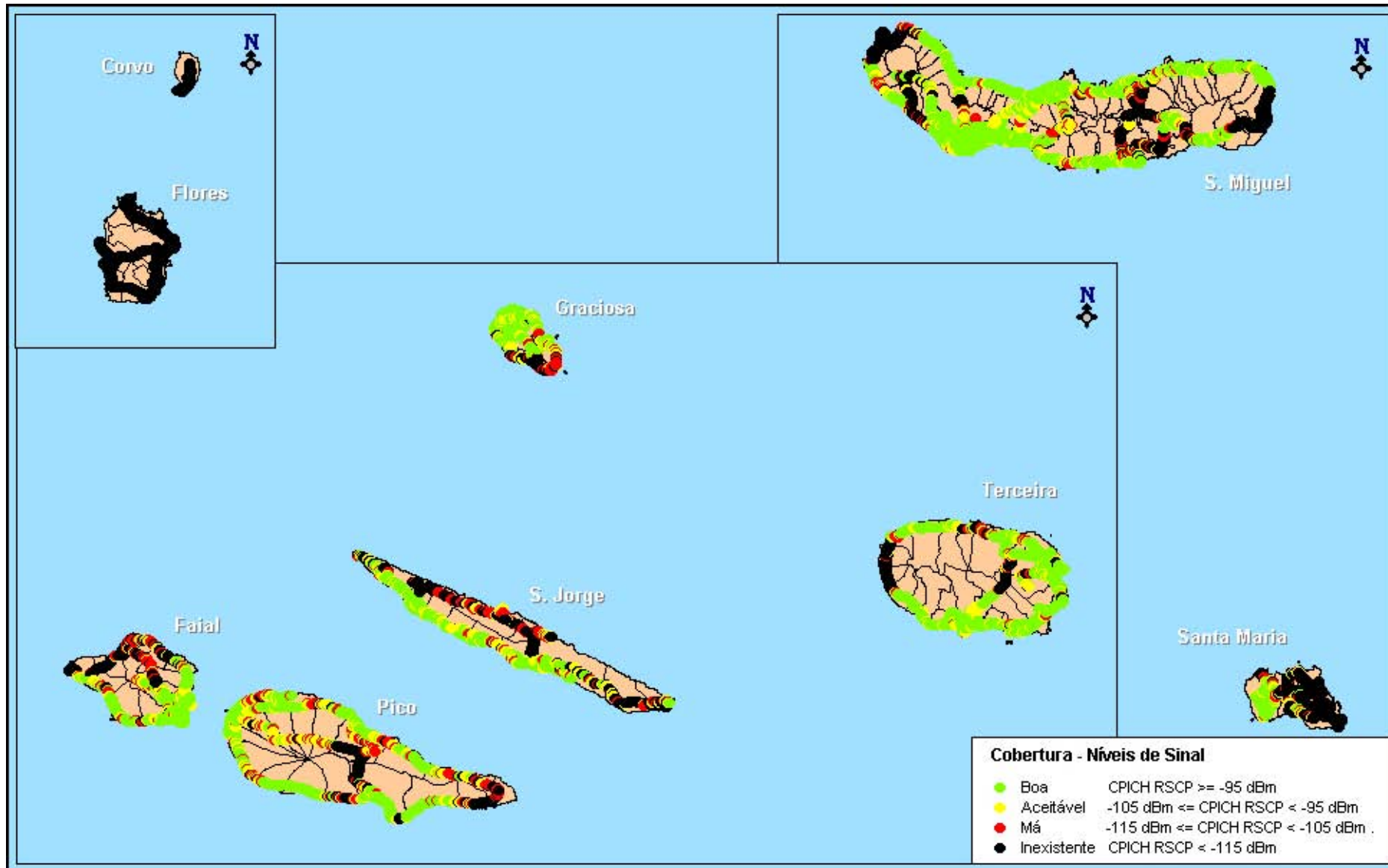
## REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES

TMN – Cobertura WCDMA



## REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES

VODAFONE – Cobertura WCDMA





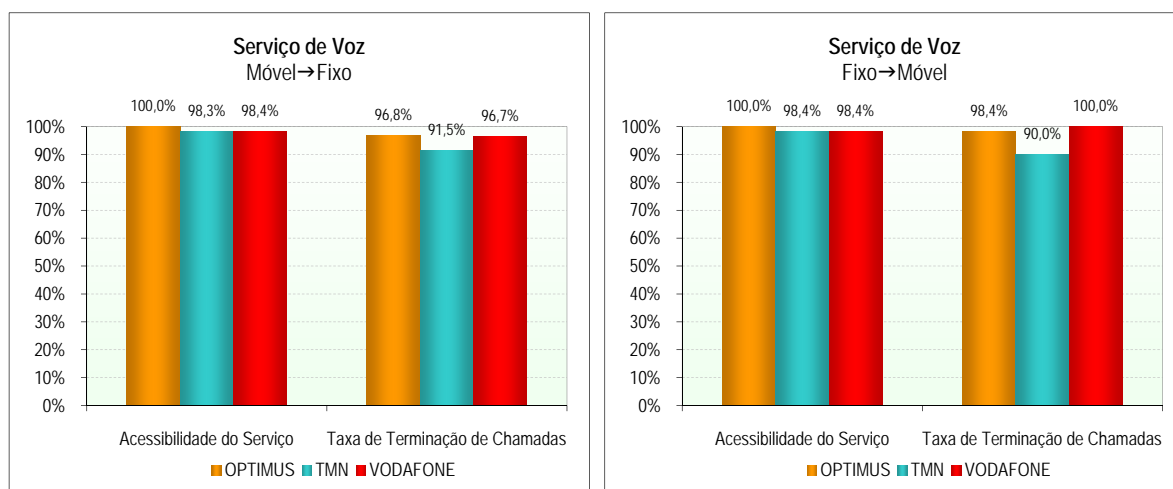
## 4.2 REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA

### 4.2.1 AGLOMERADOS URBANOS

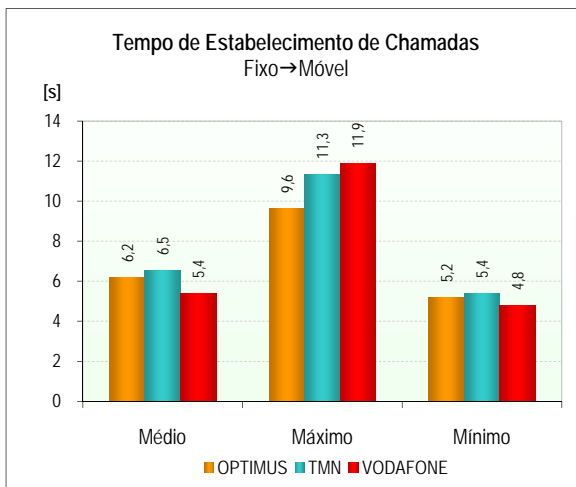
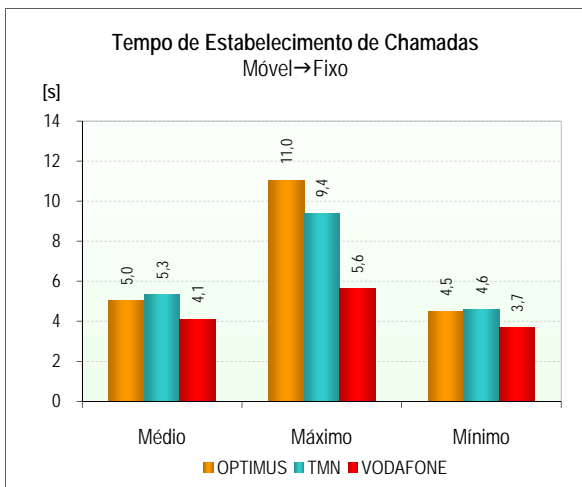
#### 4.2.1.1 SERVIÇO DE VOZ (GSM)

|                              |                                | OPTIMUS    |            | TMN        |            | VODAFONE   |            |
|------------------------------|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                              |                                | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel |
| Chamadas Realizadas          | Número de Chamadas             | 62         | 61         | 60         | 61         | 61         | 61         |
|                              | Falhadas no Estabelecimento    | 0          | 0          | 1          | 1          | 1          | 1          |
|                              | Falhadas Durante a Chamada     | 2          | 1          | 5          | 6          | 2          | 0          |
|                              | Com Terminação Normal          | 60         | 60         | 54         | 54         | 58         | 60         |
|                              | Acessibilidade do Serviço      | 100,0%     | 100,0%     | 98,3%      | 98,4%      | 98,4%      | 98,4%      |
|                              | Taxa de Terminação de Chamadas | 96,8%      | 98,4%      | 91,5%      | 90,0%      | 96,7%      | 100,0%     |
| Estabelecimento das Chamadas | Número de Amostras (Chamadas)  | 62         | 61         | 59         | 60         | 60         | 60         |
|                              | Tempo Médio [s]                | 5,0        | 6,2        | 5,3        | 6,5        | 4,1        | 5,4        |
|                              | Tempo Máximo [s]               | 11,0       | 9,6        | 9,4        | 11,3       | 5,6        | 11,9       |
|                              | Tempo Mínimo [s]               | 4,5        | 5,2        | 4,6        | 5,4        | 3,7        | 4,8        |
|                              | Desvio Padrão [s]              | 0,8        | 0,7        | 0,8        | 1,0        | 0,4        | 1,0        |
| Qualidade Áudio              | Número de Amostras (Chamadas)  | 120        | 120        | 108        | 108        | 118        | 118        |
|                              | Média [MOS]                    | 3,88       | 3,97       | 3,80       | 3,60       | 3,68       | 3,73       |
|                              | Máxima [MOS]                   | 4,10       | 4,13       | 4,10       | 4,15       | 3,94       | 3,97       |
|                              | Mínima [MOS]                   | 3,06       | 3,32       | 2,85       | 2,58       | 1,94       | 2,97       |
|                              | Desvio Padrão [MOS]            | 0,20       | 0,15       | 0,26       | 0,44       | 0,27       | 0,21       |

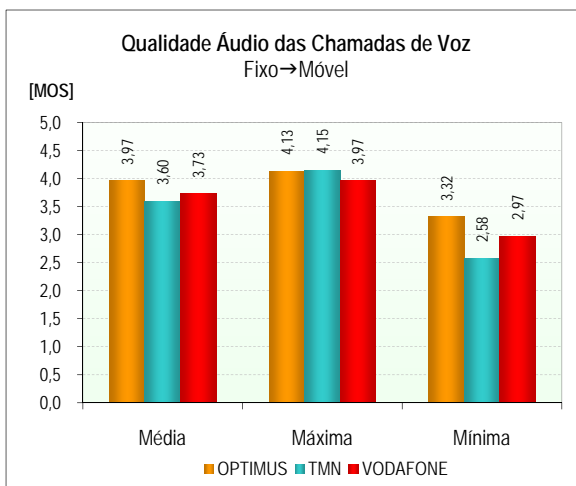
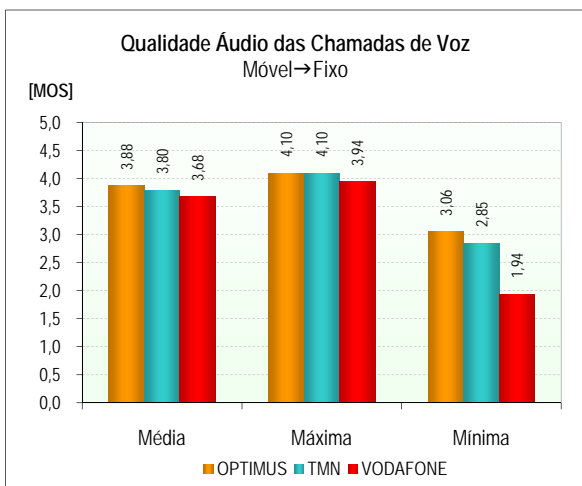
#### 4.2.1.1.1 INDICADORES ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS



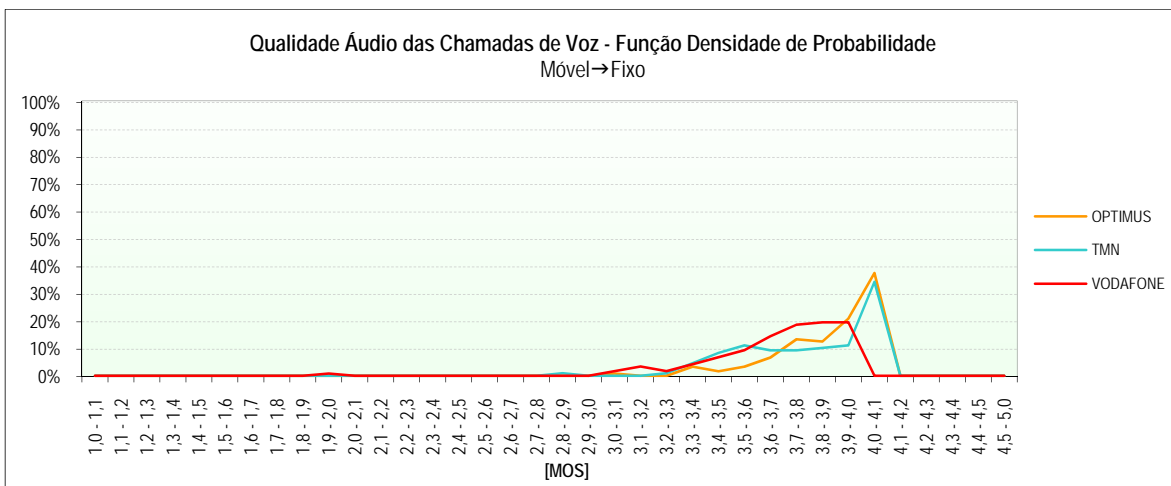
4.2.1.1.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*

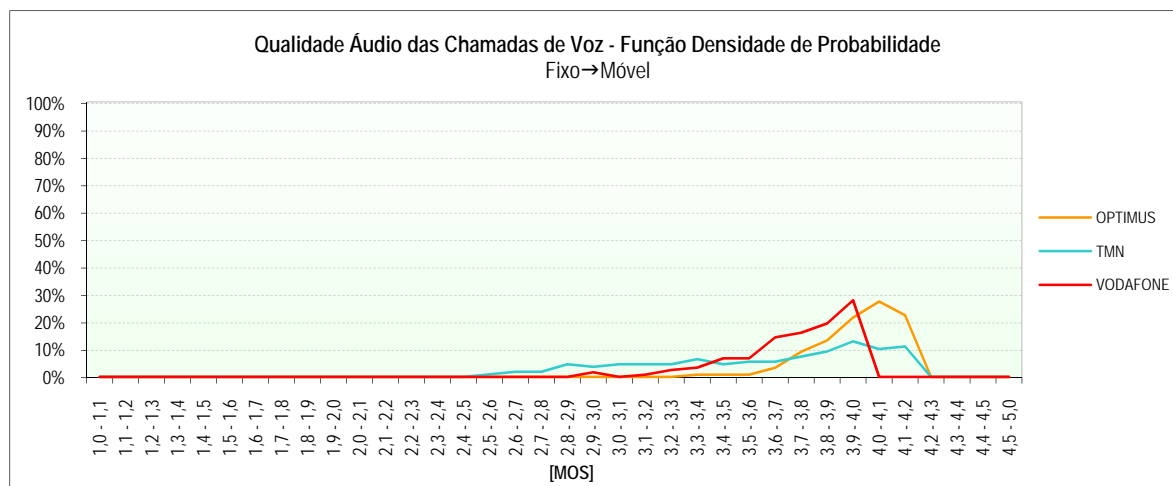


4.2.1.1.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*



4.2.1.1.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*

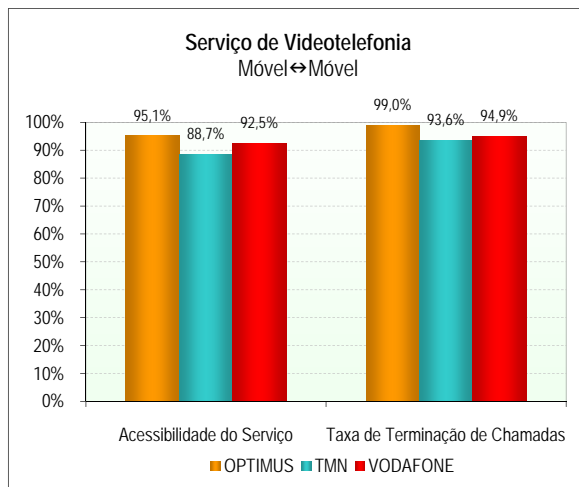




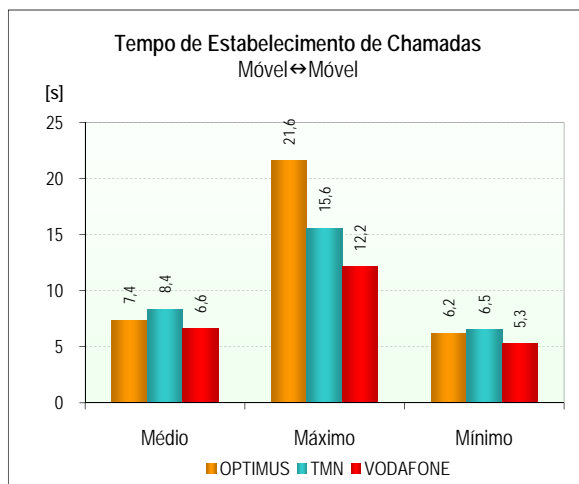
#### 4.2.1.2 SERVIÇO DE VIDEOTELEFONIA (UMTS)

|                              |                                | OPTIMUS     | TMN         | VODAFONE    |
|------------------------------|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                              |                                | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel |
| Chamadas Realizadas          | Número de Chamadas             | 103         | 106         | 106         |
|                              | Falhadas no Estabelecimento    | 5           | 12          | 8           |
|                              | Falhadas Durante a Chamada     | 1           | 6           | 5           |
|                              | Com Terminação Normal          | 97          | 88          | 93          |
|                              | Acessibilidade do Serviço      | 95,1%       | 88,7%       | 92,5%       |
|                              | Taxa de Terminação de Chamadas | 99,0%       | 93,6%       | 94,9%       |
| Estabelecimento das Chamadas | Número de Amostras (Chamadas)  | 98          | 94          | 98          |
|                              | Tempo Médio [s]                | 7,4         | 8,4         | 6,6         |
|                              | Tempo Máximo [s]               | 21,6        | 15,6        | 12,2        |
|                              | Tempo Mínimo [s]               | 6,2         | 6,5         | 5,3         |
|                              | Desvio Padrão [s]              | 2,1         | 1,6         | 1,2         |
| Qualidade Áudio              | Número de Amostras (Chamadas)  | 194         | 175         | 186         |
|                              | Média [MOS]                    | 3,95        | 3,43        | 3,94        |
|                              | Máxima [MOS]                   | 4,05        | 4,00        | 4,05        |
|                              | Mínima [MOS]                   | 1,00        | 1,00        | 2,78        |
|                              | Desvio Padrão [MOS]            | 0,23        | 0,36        | 0,14        |
| Qualidade Vídeo              | Número de Amostras (Chamadas)  | 194         | 176         | 186         |
|                              | Média [MOS]                    | 2,34        | 1,71        | 2,27        |
|                              | Máxima [MOS]                   | 2,64        | 2,62        | 2,63        |
|                              | Mínima [MOS]                   | 1,66        | 1,00        | 1,32        |
|                              | Desvio Padrão [MOS]            | 0,23        | 0,32        | 0,25        |

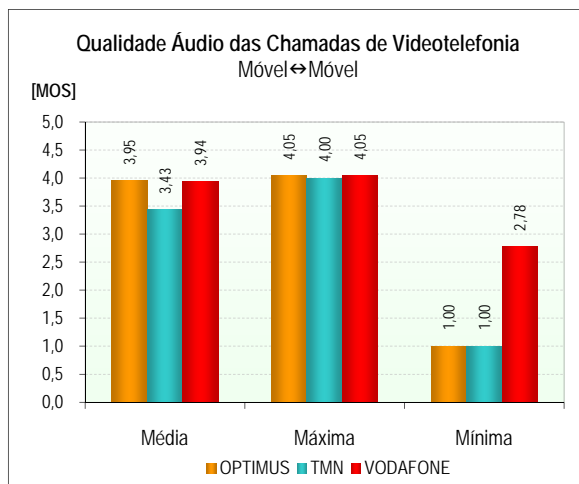
4.2.1.2.1 INDICADORES *ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS*



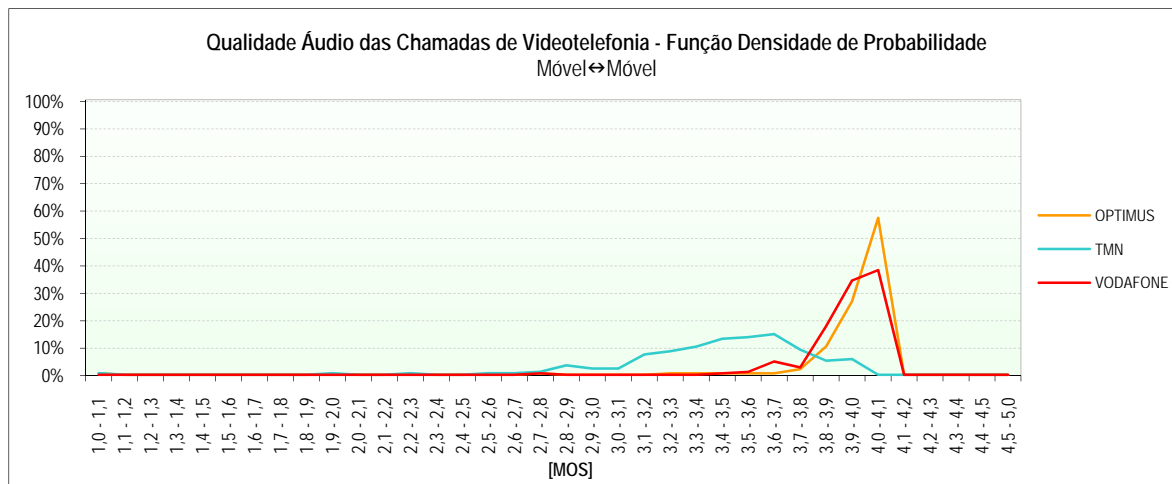
4.2.1.2.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*



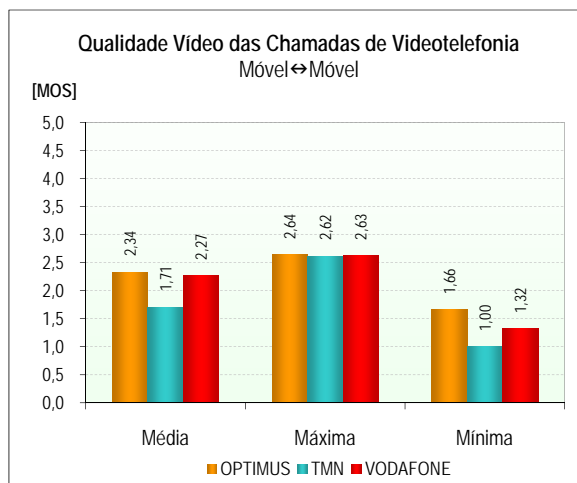
4.2.1.2.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



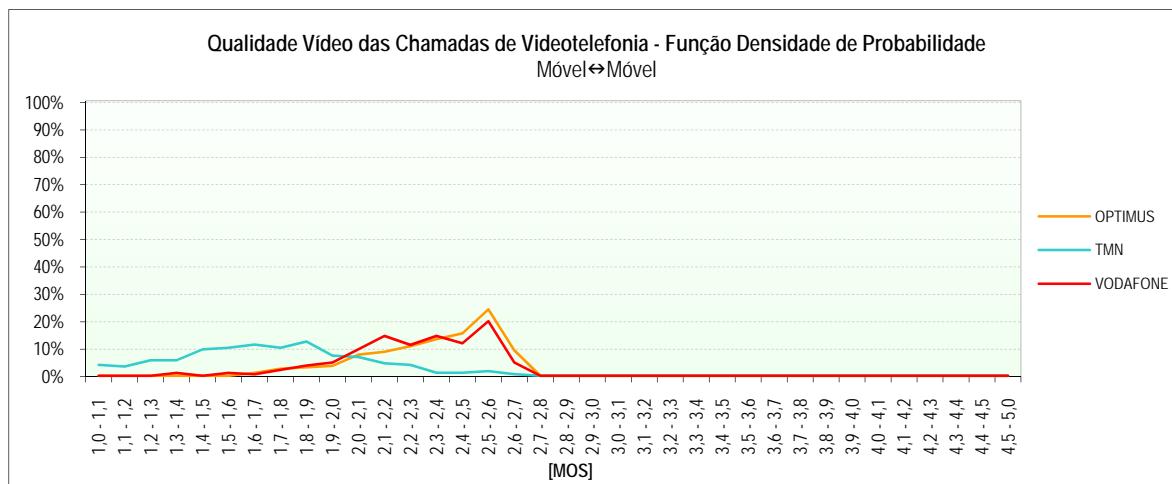
4.2.1.2.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



4.2.1.2.5 INDICADOR *QUALIDADE VIDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



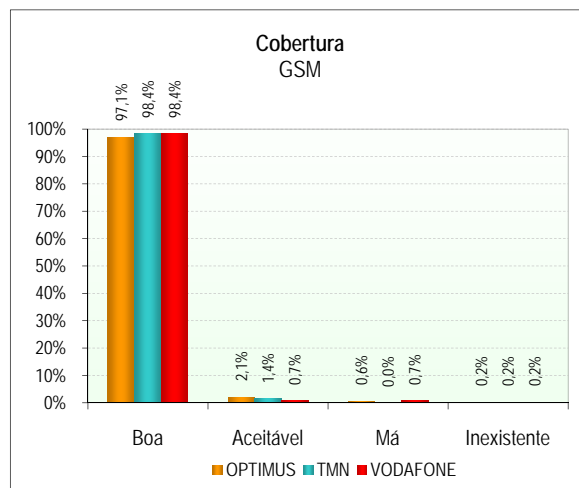
4.2.1.2.6 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE VIDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



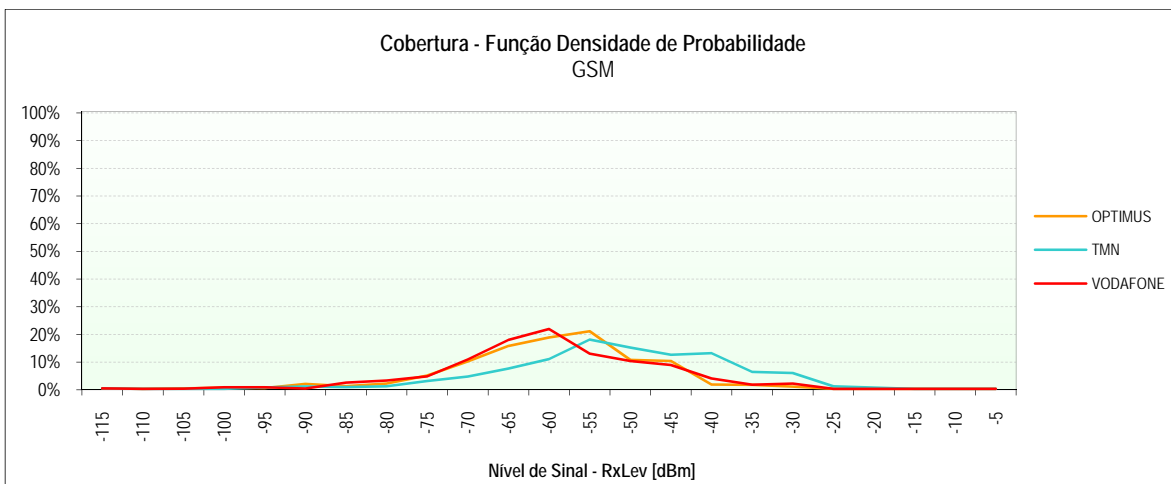
## 4.2.1.3 COBERTURA DAS REDES

|           |                               | GSM     |        |          | WCDMA   |        |          |
|-----------|-------------------------------|---------|--------|----------|---------|--------|----------|
|           |                               | OPTIMUS | TMN    | VODAFONE | OPTIMUS | TMN    | VODAFONE |
| Cobertura | Número de Amostras (Medições) | 22.620  | 22.620 | 22.600   | 22.761  | 22.764 | 22.750   |
|           | Nível Médio de Sinal [dBm]    | -57     | -49    | -58      | -85     | -74    | -81      |
|           | Nível Máximo de Sinal [dBm]   | -28     | -18    | -28      | -40     | -31    | -24      |
|           | Nível Mínimo de Sinal [dBm]   | -115    | -115   | -115     | -128    | -125   | -133     |
|           | Desvio Padrão [dBm]           | 12      | 13     | 12       | 16      | 15     | 16       |
|           | Boa                           | 97,1%   | 98,4%  | 98,4%    | 74,9%   | 92,2%  | 84,1%    |
|           | Aceitável                     | 2,1%    | 1,4%   | 0,7%     | 17,9%   | 5,2%   | 9,9%     |
|           | Má                            | 0,6%    | 0,0%   | 0,7%     | 4,4%    | 2,0%   | 3,6%     |
|           | Inexistente                   | 0,2%    | 0,2%   | 0,2%     | 2,9%    | 0,6%   | 2,5%     |

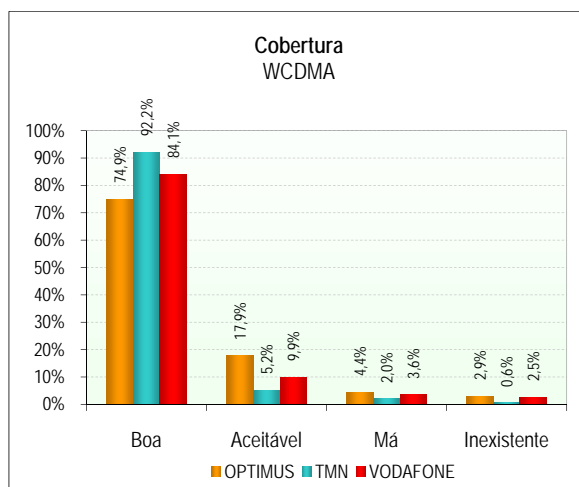
### 4.2.1.3.1 GSM



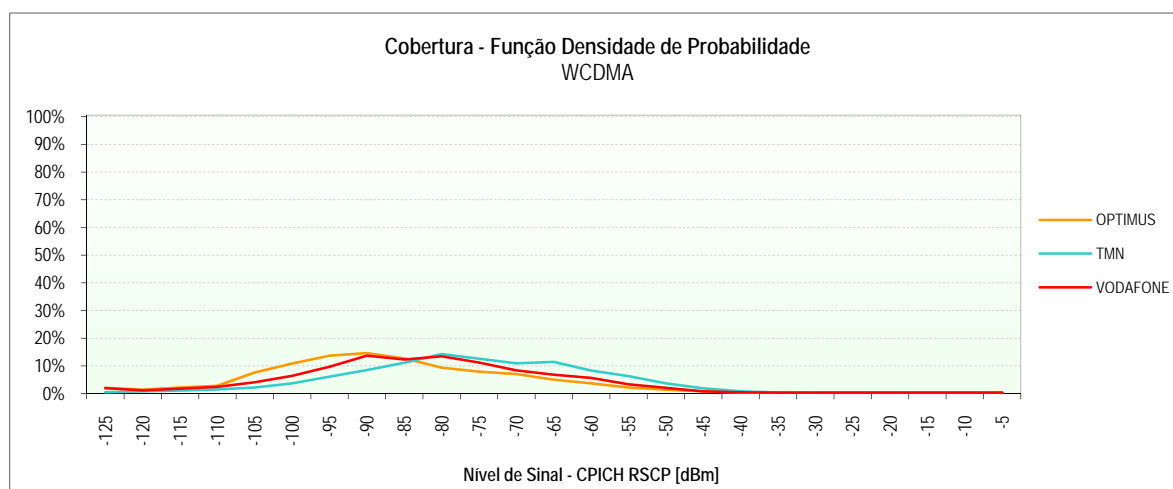
### 4.2.1.3.2 GSM - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



4.2.1.3.3 WCDMA



4.2.1.3.4 WCDMA - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE

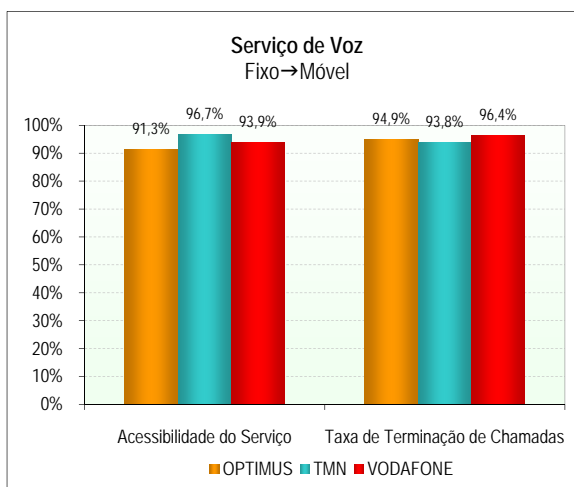
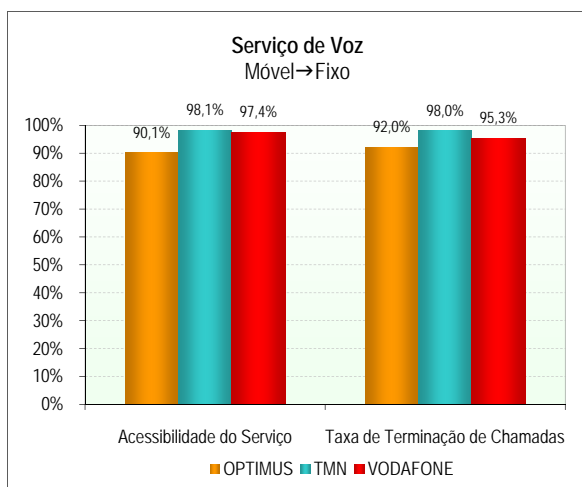


## 4.2.2 EIXOS RODOVIÁRIOS

### 4.2.2.1 SERVIÇO DE VOZ (GSM)

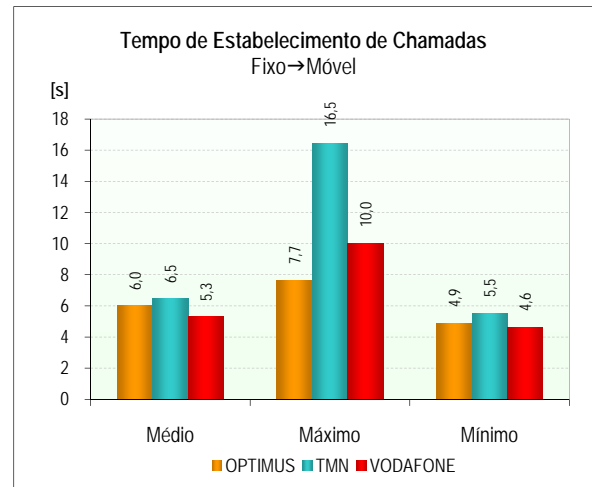
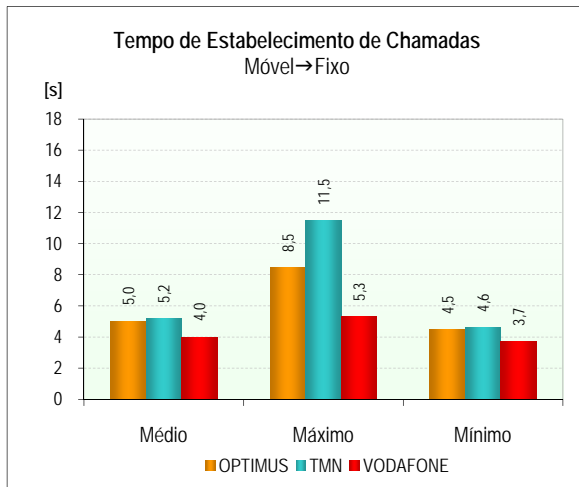
|                              |                                | OPTIMUS    |            | TMN        |            | VODAFONE   |            |
|------------------------------|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                              |                                | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel |
| Chamadas Realizadas          | Número de Chamadas             | 152        | 150        | 154        | 151        | 154        | 148        |
|                              | Falhadas no Estabelecimento    | 15         | 13         | 3          | 5          | 4          | 9          |
|                              | Falhadas Durante a Chamada     | 11         | 7          | 3          | 9          | 7          | 5          |
|                              | Com Terminação Normal          | 126        | 130        | 148        | 137        | 143        | 134        |
|                              | Acessibilidade do Serviço      | 90,1%      | 91,3%      | 98,1%      | 96,7%      | 97,4%      | 93,9%      |
|                              | Taxa de Terminação de Chamadas | 92,0%      | 94,9%      | 98,0%      | 93,8%      | 95,3%      | 96,4%      |
| Estabelecimento das Chamadas | Número de Amostras (Chamadas)  | 137        | 137        | 151        | 146        | 150        | 139        |
|                              | Tempo Médio [s]                | 5,0        | 6,0        | 5,2        | 6,5        | 4,0        | 5,3        |
|                              | Tempo Máximo [s]               | 8,5        | 7,7        | 11,5       | 16,5       | 5,3        | 10,0       |
|                              | Tempo Mínimo [s]               | 4,5        | 4,9        | 4,6        | 5,5        | 3,7        | 4,6        |
|                              | Desvio Padrão [s]              | 0,5        | 0,5        | 0,6        | 1,2        | 0,2        | 0,5        |
| Qualidade Audio              | Número de Amostras (Chamadas)  | 256        | 256        | 285        | 285        | 277        | 277        |
|                              | Média [MOS]                    | 3,94       | 4,02       | 3,89       | 3,89       | 3,71       | 3,80       |
|                              | Máxima [MOS]                   | 4,11       | 4,17       | 4,11       | 4,18       | 3,94       | 3,98       |
|                              | Mínima [MOS]                   | 2,74       | 2,88       | 2,58       | 1,67       | 2,06       | 2,79       |
|                              | Desvio Padrão [MOS]            | 0,19       | 0,17       | 0,25       | 0,37       | 0,26       | 0,21       |

#### 4.2.2.1.1 INDICADORES ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS

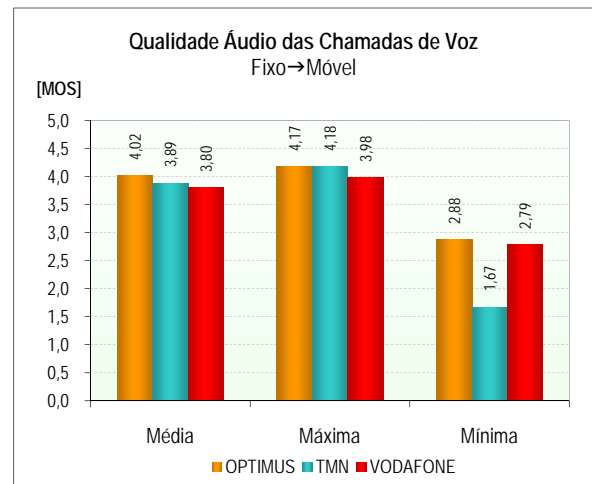
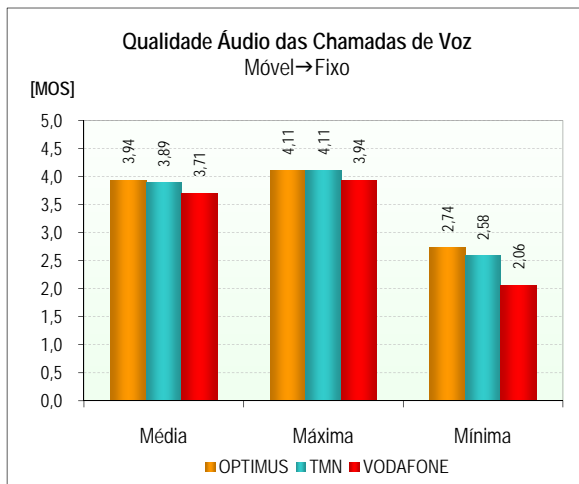




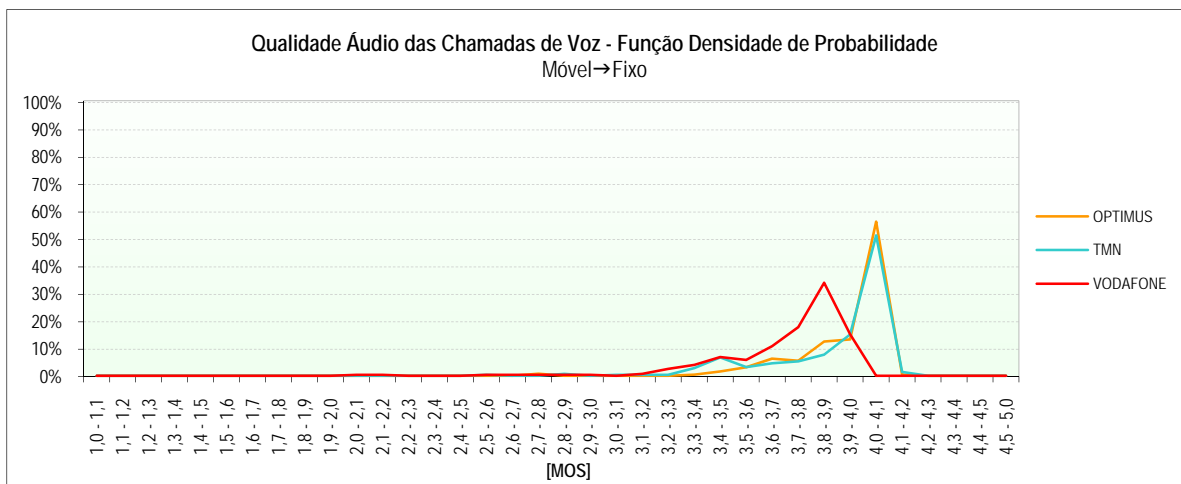
## 4.2.2.1.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*

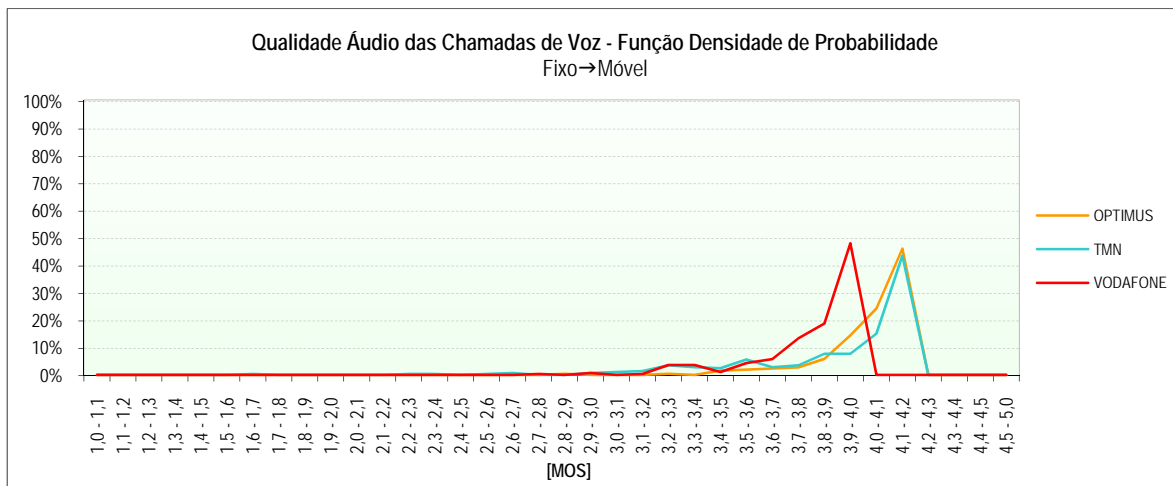


## 4.2.2.1.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*



## 4.2.2.1.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*

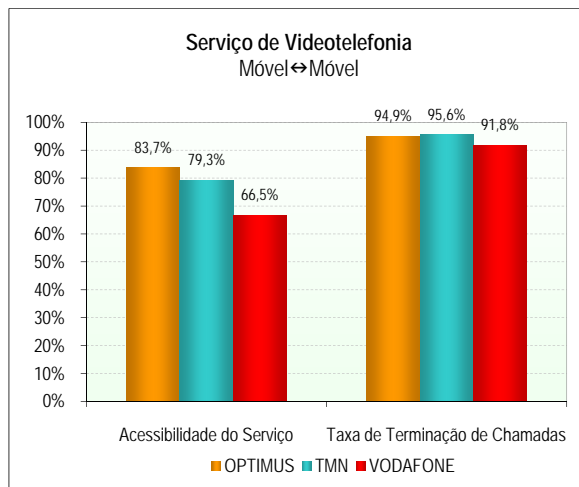




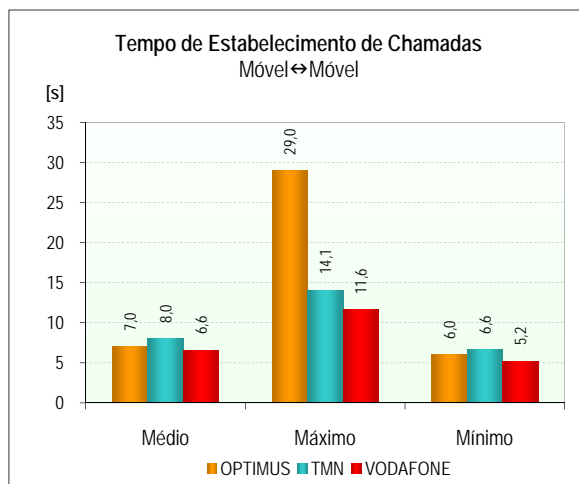
#### 4.2.2.2 SERVIÇO DE VIDEOTELEFONIA (UMTS)

|                              |                                | OPTIMUS     | TMN         | VODAFONE    |
|------------------------------|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                              |                                | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel |
| Chamadas Realizadas          | Número de Chamadas             | 257         | 256         | 257         |
|                              | Falhadas no Estabelecimento    | 42          | 53          | 86          |
|                              | Falhadas Durante a Chamada     | 11          | 9           | 14          |
|                              | Com Terminação Normal          | 204         | 194         | 157         |
|                              | Acessibilidade do Serviço      | 83,7%       | 79,3%       | 66,5%       |
|                              | Taxa de Terminação de Chamadas | 94,9%       | 95,6%       | 91,8%       |
| Estabelecimento das Chamadas | Número de Amostras (Chamadas)  | 215         | 203         | 171         |
|                              | Tempo Médio [s]                | 7,0         | 8,0         | 6,6         |
|                              | Tempo Máximo [s]               | 29,0        | 14,1        | 11,6        |
|                              | Tempo Mínimo [s]               | 6,0         | 6,6         | 5,2         |
|                              | Desvio Padrão [s]              | 1,8         | 1,0         | 1,3         |
| Qualidade Áudio              | Número de Amostras (Chamadas)  | 408         | 388         | 314         |
|                              | Média [MOS]                    | 3,93        | 3,45        | 3,91        |
|                              | Máxima [MOS]                   | 4,05        | 4,05        | 4,05        |
|                              | Mínima [MOS]                   | 1,00        | 1,00        | 2,46        |
|                              | Desvio Padrão [MOS]            | 0,27        | 0,38        | 0,26        |
| Qualidade Vídeo              | Número de Amostras (Chamadas)  | 408         | 388         | 314         |
|                              | Média [MOS]                    | 2,33        | 1,77        | 2,26        |
|                              | Máxima [MOS]                   | 2,63        | 2,62        | 2,66        |
|                              | Mínima [MOS]                   | 1,00        | 1,02        | 1,06        |
|                              | Desvio Padrão [MOS]            | 0,25        | 0,35        | 0,28        |

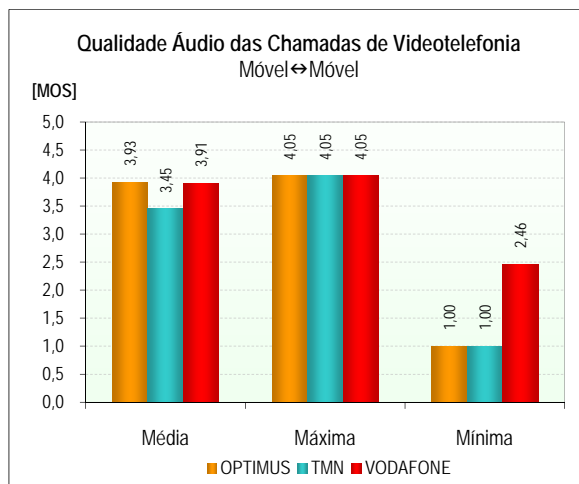
4.2.2.2.1 INDICADORES *ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO* E *TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS*



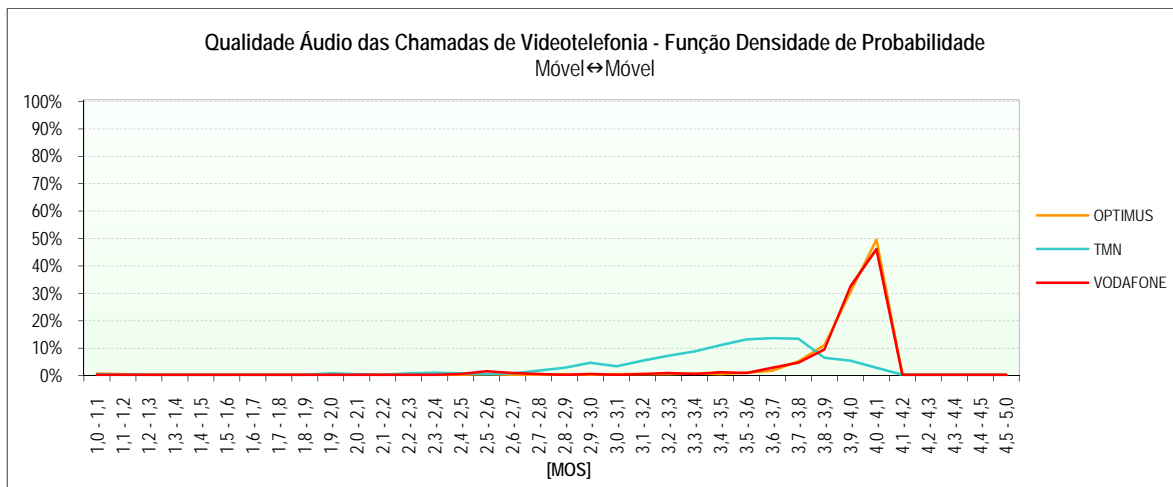
4.2.2.2.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*



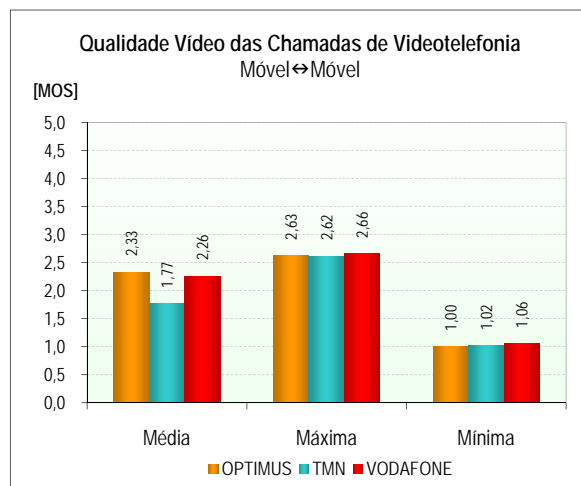
4.2.2.2.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



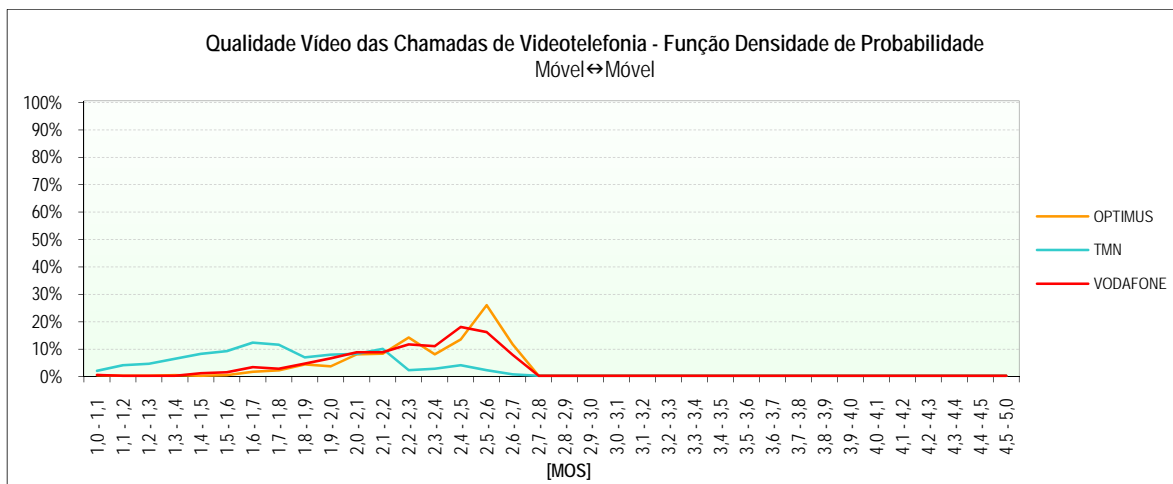
4.2.2.2.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



4.2.2.2.5 INDICADOR *QUALIDADE VIDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



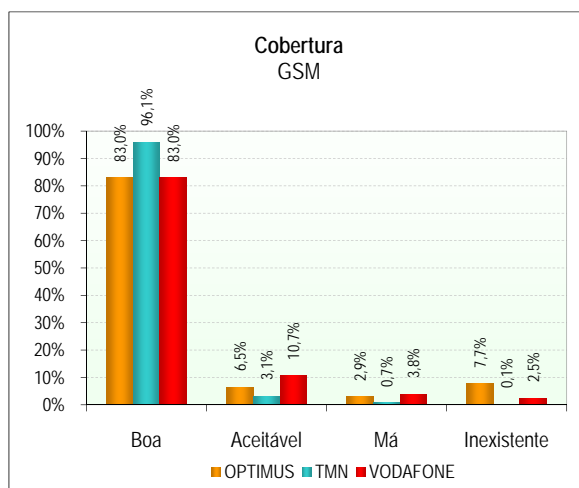
4.2.2.2.6 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE VIDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



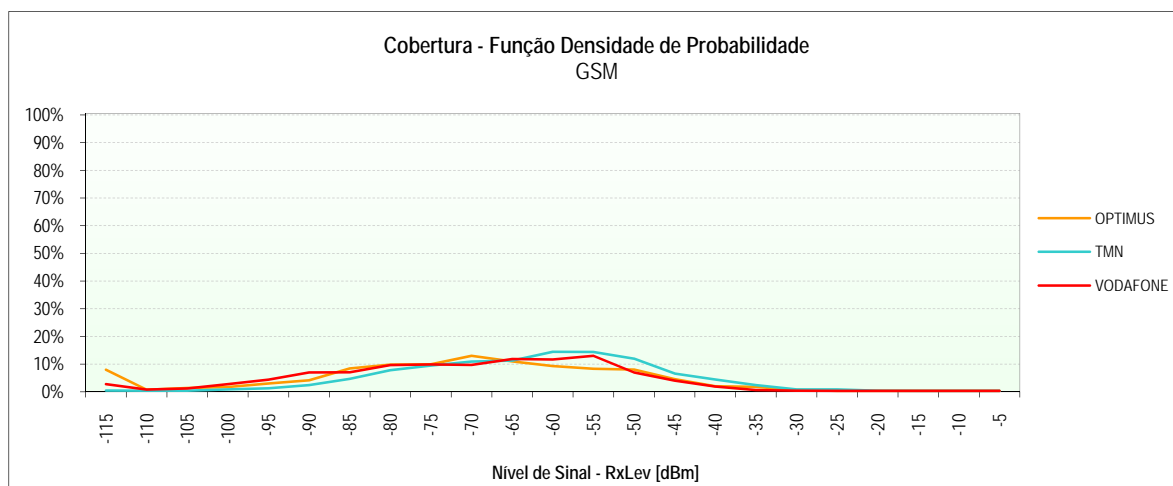
## 4.2.2.3 COBERTURA DAS REDES

|                               | GSM     |        |          | WCDMA   |        |          |
|-------------------------------|---------|--------|----------|---------|--------|----------|
|                               | OPTIMUS | TMN    | VODAFONE | OPTIMUS | TMN    | VODAFONE |
| <b>Cobertura</b>              |         |        |          |         |        |          |
| Número de Amostras (Medições) | 55.499  | 55.499 | 55.461   | 55.702  | 55.706 | 55.689   |
| Nível Médio de Sinal [dBm]    | -70     | -60    | -68      | -91     | -87    | -96      |
| Nível Máximo de Sinal [dBm]   | -20     | -9     | -15      | -35     | -34    | -26      |
| Nível Mínimo de Sinal [dBm]   | -119    | -115   | -120     | -135    | -128   | -139     |
| Desvio Padrão [dBm]           | 20      | 14     | 17       | 21      | 20     | 23       |
| Boa                           | 83,0%   | 96,1%  | 83,0%    | 59,1%   | 65,1%  | 51,2%    |
| Aceitável                     | 6,5%    | 3,1%   | 10,7%    | 14,3%   | 13,7%  | 13,0%    |
| Má                            | 2,9%    | 0,7%   | 3,8%     | 12,1%   | 10,7%  | 9,9%     |
| Inexistente                   | 7,7%    | 0,1%   | 2,5%     | 14,4%   | 10,5%  | 25,9%    |

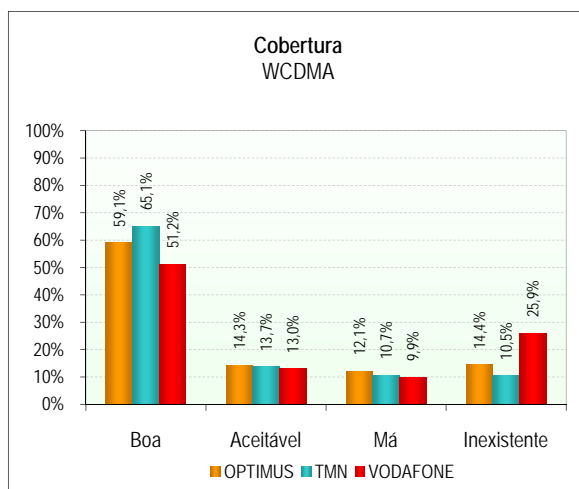
### 4.2.2.3.1 GSM



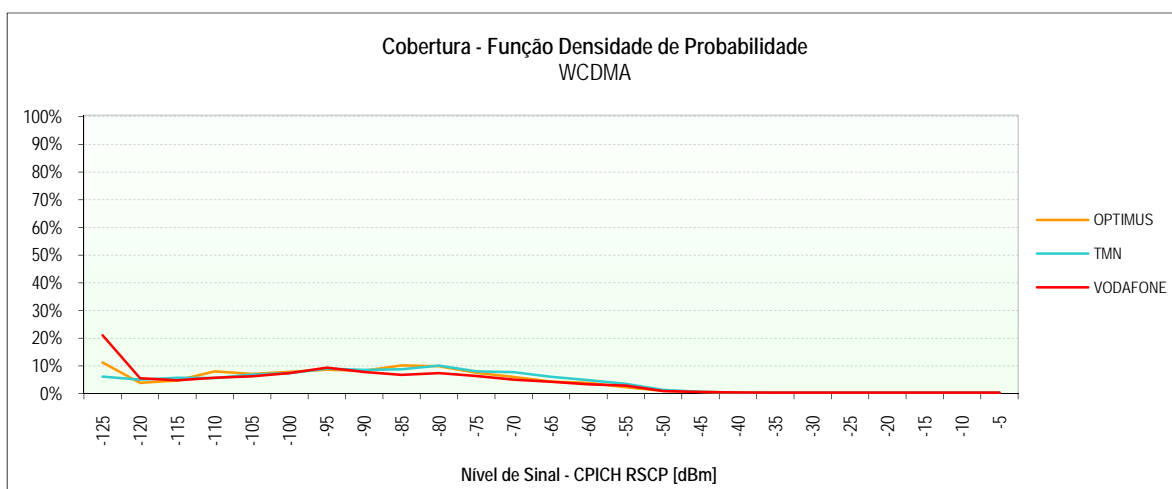
### 4.2.2.3.2 GSM - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



## 4.2.2.3.3 WCDMA



## 4.2.2.3.4 WCDMA - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



## 4.2.3 GLOBAL

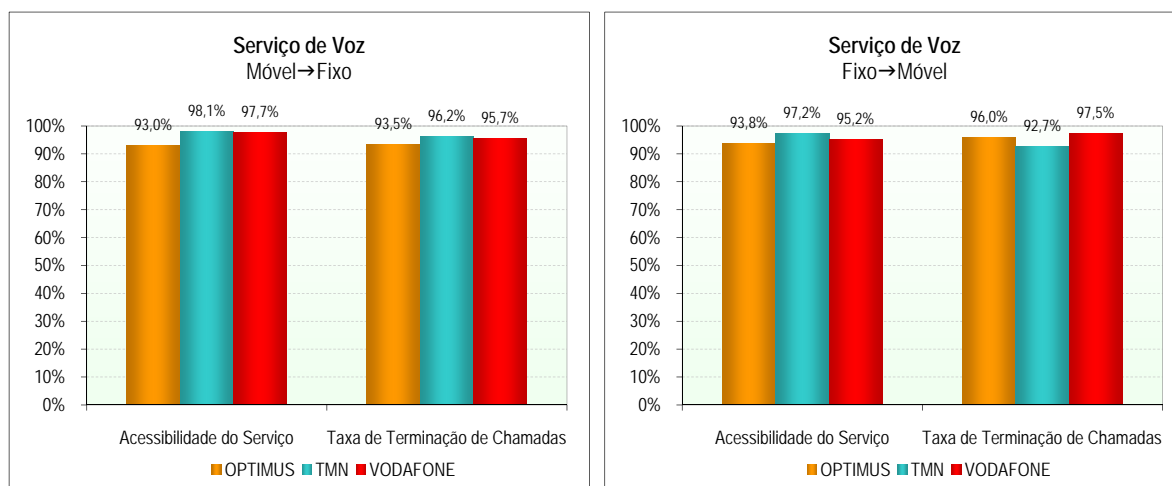
### 4.2.3.1 SERVIÇO DE VOZ (GSM)

|                              |                                | OPTIMUS    |            | TMN        |            | VODAFONE   |            |
|------------------------------|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                              |                                | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel |
| Chamadas Realizadas          | Número de Chamadas             | 214        | 211        | 214        | 212        | 215        | 209        |
|                              | Falhadas no Estabelecimento    | 15         | 13         | 4          | 6          | 5          | 10         |
|                              | Falhadas Durante a Chamada     | 13         | 8          | 8          | 15         | 9          | 5          |
|                              | Com Terminação Normal          | 186        | 190        | 202        | 191        | 201        | 194        |
|                              | Acessibilidade do Serviço      | 93,0%      | 93,8%      | 98,1%      | 97,2%      | 97,7%      | 95,2%      |
|                              | Taxa de Terminação de Chamadas | 93,5%      | 96,0%      | 96,2%      | 92,7%      | 95,7%      | 97,5%      |
| Estabelecimento das Chamadas | Número de Amostras (Chamadas)  | 199        | 198        | 210        | 206        | 210        | 199        |
|                              | Tempo Médio [s]                | 5,0        | 6,1        | 5,2        | 6,5        | 4,0        | 5,3        |
|                              | Tempo Máximo [s]               | 11,0       | 9,6        | 11,5       | 16,5       | 5,6        | 11,9       |
|                              | Tempo Mínimo [s]               | 4,5        | 4,9        | 4,6        | 5,4        | 3,7        | 4,6        |
|                              | Desvio Padrão [s]              | 0,6        | 0,5        | 0,7        | 1,1        | 0,3        | 0,7        |
| Qualidade Audio              | Número de Amostras (Chamadas)  | 376        | 376        | 393        | 393        | 395        | 395        |
|                              | Média [MOS]                    | 3,92       | 4,00       | 3,87       | 3,81       | 3,70       | 3,78       |
|                              | Máxima [MOS]                   | 4,11       | 4,17       | 4,11       | 4,18       | 3,94       | 3,98       |
|                              | Mínima [MOS]                   | 2,74       | 2,88       | 2,58       | 1,67       | 1,94       | 2,79       |
|                              | Desvio Padrão [MOS]            | 0,20       | 0,17       | 0,25       | 0,41       | 0,27       | 0,21       |

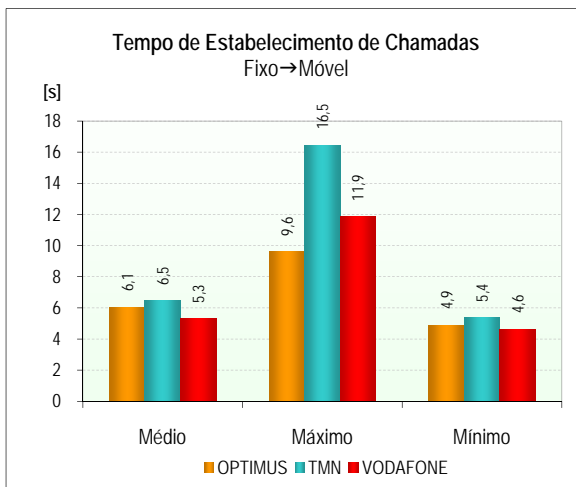
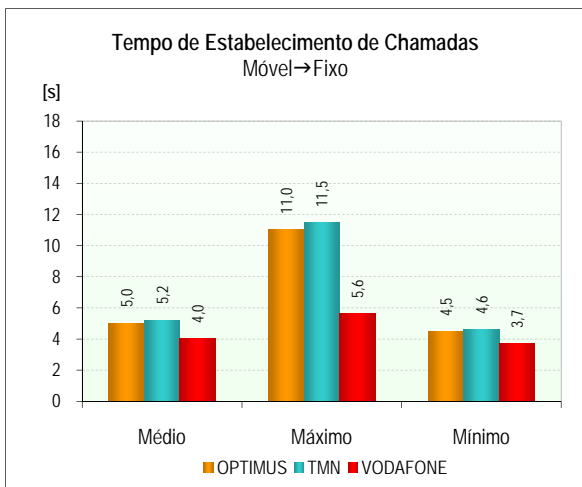
|                  |  | OPTIMUS    |            | TMN        |            | VODAFONE   |            |
|------------------|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                  |  | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel |
| Erro de Precisão | Acessibilidade do Serviço                | 4,3%       | 4,1%       | 2,8%       | 3,2%       | 3,0%       | 3,8%       |
|                  | Taxa de Terminação de Chamadas           | 4,4%       | 3,8%       | 3,6%       | 4,4%       | 3,7%       | 3,3%       |
|                  | Tempo de Estabelecimento de Chamadas [s] | 0,083      | 0,076      | 0,091      | 0,156      | 0,041      | 0,096      |
|                  | Qualidade Audio [MOS]                    | 0,020      | 0,017      | 0,025      | 0,041      | 0,026      | 0,021      |

Nível de Confiança = 95 %

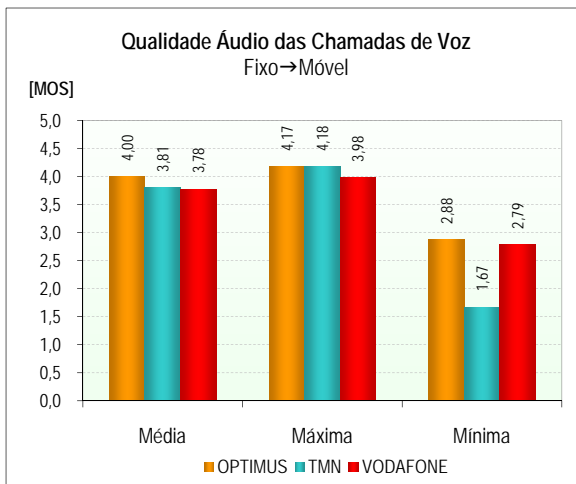
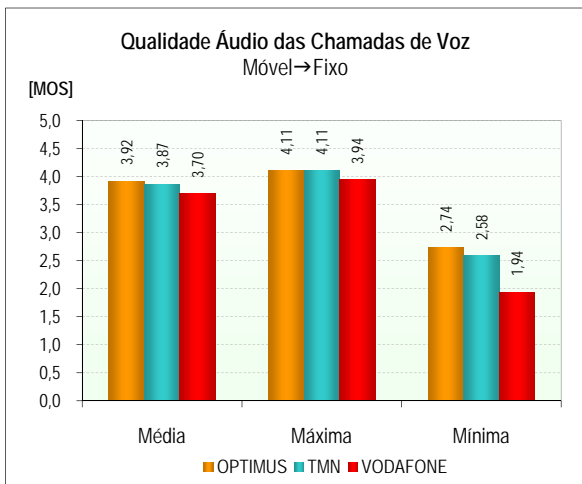
#### 4.2.3.1.1 INDICADORES ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS



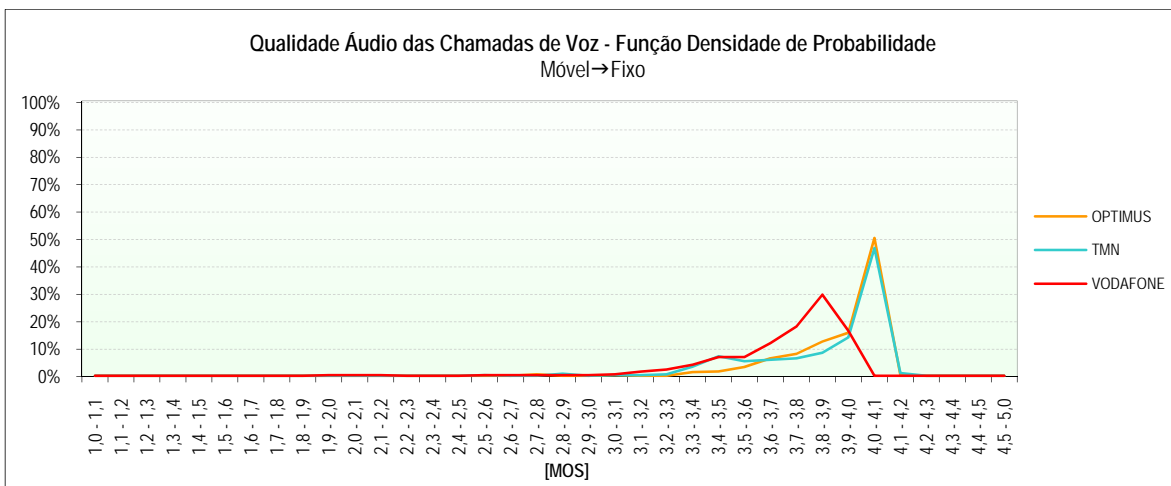
4.2.3.1.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*



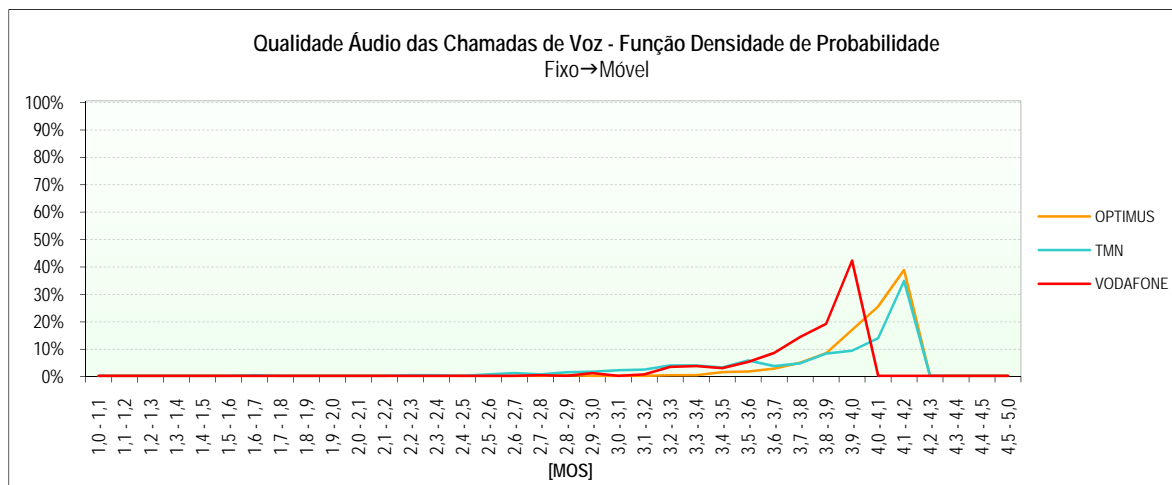
4.2.3.1.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*



4.2.3.1.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*







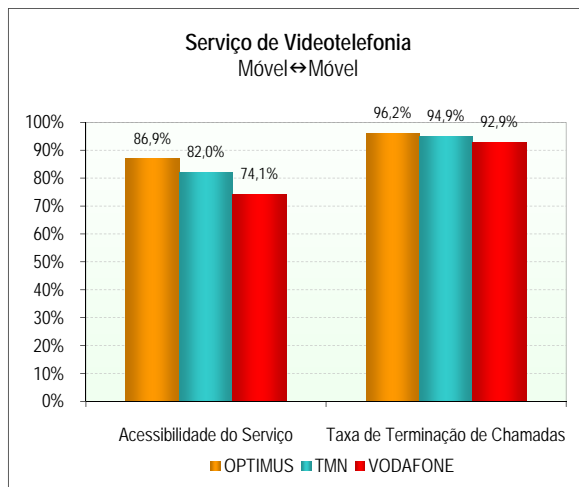
#### 4.2.3.2 SERVIÇO DE VIDEOTELEFONIA (UMTS)

|                              |                                | OPTIMUS     | TMN         | VODAFONE    |
|------------------------------|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                              |                                | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel |
| Chamadas Realizadas          | Número de Chamadas             | 360         | 362         | 363         |
|                              | Falhadas no Estabelecimento    | 47          | 65          | 94          |
|                              | Falhadas Durante a Chamada     | 12          | 15          | 19          |
|                              | Com Terminação Normal          | 301         | 282         | 250         |
|                              | Acessibilidade do Serviço      | 86,9%       | 82,0%       | 74,1%       |
|                              | Taxa de Terminação de Chamadas | 96,2%       | 94,9%       | 92,9%       |
| Estabelecimento das Chamadas | Número de Amostras (Chamadas)  | 313         | 297         | 269         |
|                              | Tempo Médio [s]                | 7,1         | 8,1         | 6,6         |
|                              | Tempo Máximo [s]               | 29,0        | 15,6        | 12,2        |
|                              | Tempo Mínimo [s]               | 6,0         | 6,5         | 5,2         |
|                              | Desvio Padrão [s]              | 1,9         | 1,2         | 1,3         |
| Qualidade Áudio              | Número de Amostras (Chamadas)  | 602         | 563         | 500         |
|                              | Média [MOS]                    | 3,94        | 3,45        | 3,92        |
|                              | Máxima [MOS]                   | 4,05        | 4,05        | 4,05        |
|                              | Mínima [MOS]                   | 1,00        | 1,00        | 2,46        |
|                              | Desvio Padrão [MOS]            | 0,26        | 0,37        | 0,22        |
| Qualidade Vídeo              | Número de Amostras (Chamadas)  | 602         | 564         | 500         |
|                              | Média [MOS]                    | 2,33        | 1,75        | 2,26        |
|                              | Máxima [MOS]                   | 2,64        | 2,62        | 2,66        |
|                              | Mínima [MOS]                   | 1,00        | 1,00        | 1,06        |
|                              | Desvio Padrão [MOS]            | 0,25        | 0,34        | 0,27        |

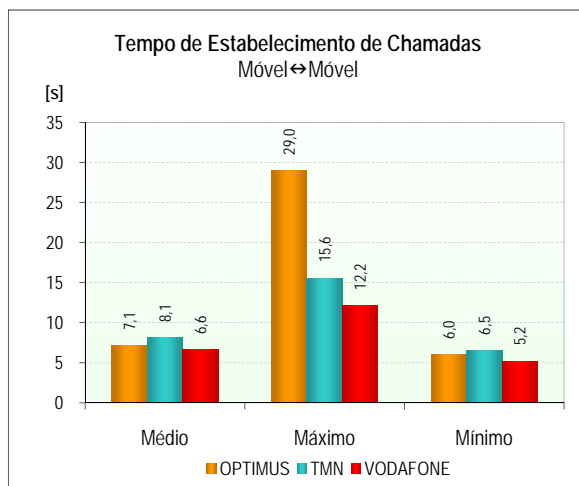
|                  |  | OPTIMUS     | TMN         | VODAFONE    |
|------------------|--|-------------|-------------|-------------|
|                  |  | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel | Móvel↔Móvel |
| Erro de Precisão | Acessibilidade do Serviço                | 3,9%        | 4,3%        | 4,8%        |
|                  | Taxa de Terminação de Chamadas           | 2,8%        | 3,1%        | 3,7%        |
|                  | Tempo de Estabelecimento de Chamadas [s] | 0,210       | 0,140       | 0,150       |
|                  | Qualidade Áudio [MOS]                    | 0,021       | 0,031       | 0,020       |
|                  | Qualidade Vídeo [MOS]                    | 0,020       | 0,028       | 0,023       |

Nível de Confiança = 95 %

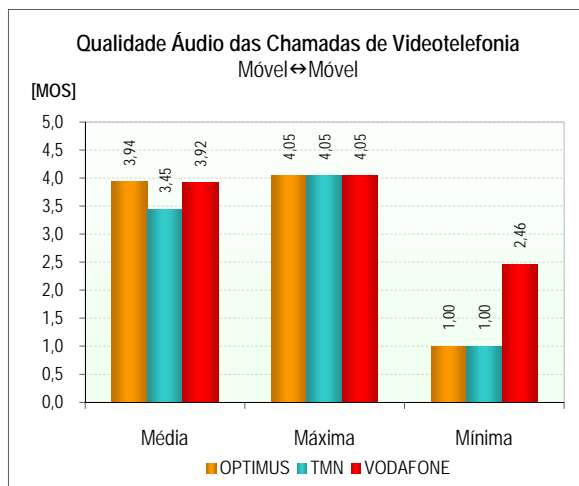
4.2.3.2.1 INDICADORES *ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS*



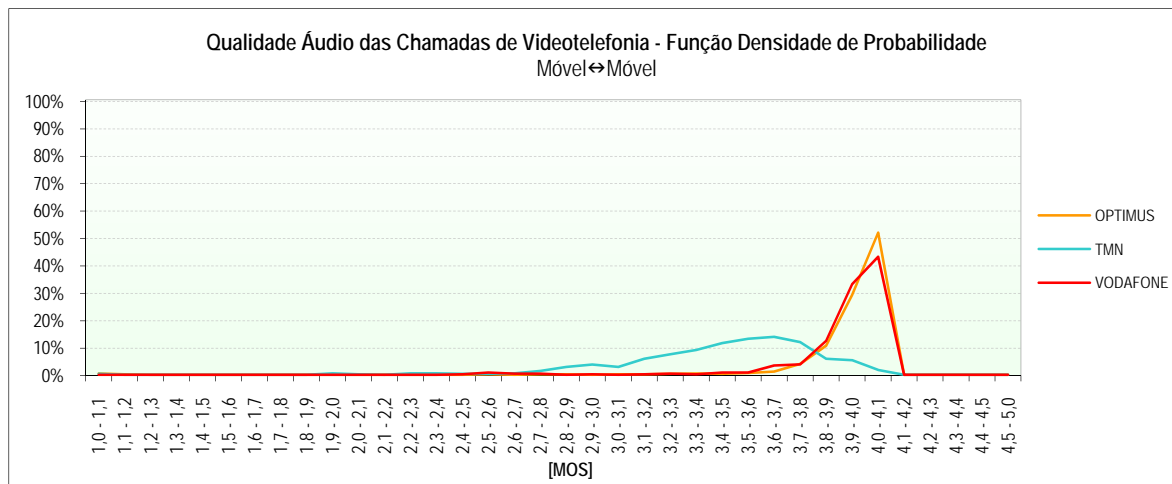
4.2.3.2.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*



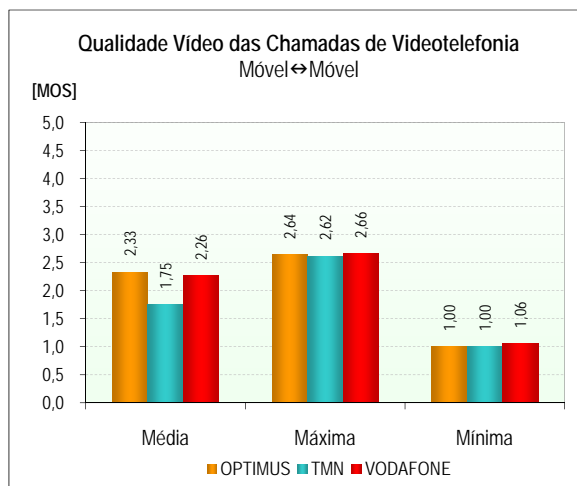
4.2.3.2.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



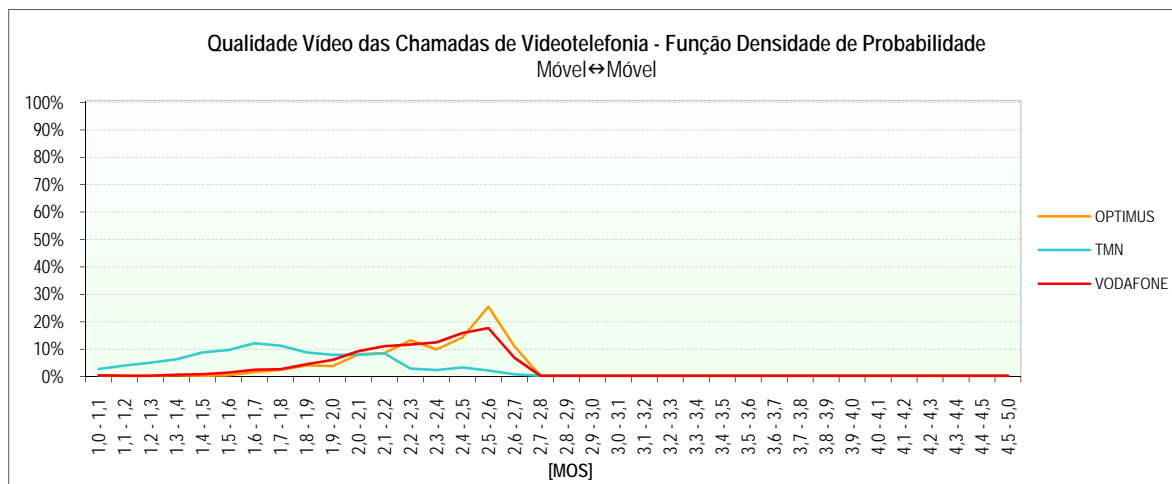
4.2.3.2.4 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



4.2.3.2.5 INDICADOR *QUALIDADE VIDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



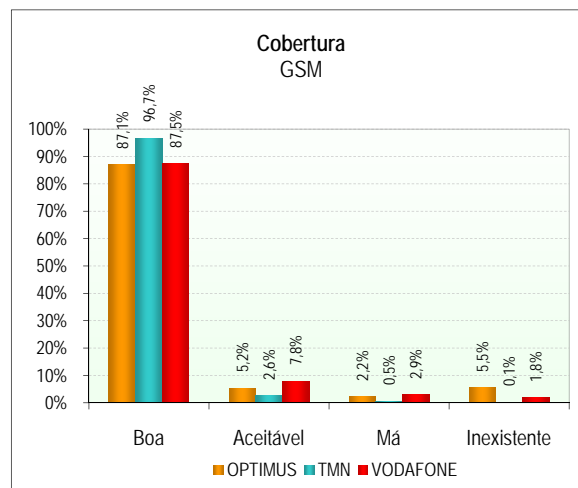
4.2.3.2.6 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR *QUALIDADE VIDEO DAS CHAMADAS DE VIDEOTELEFONIA*



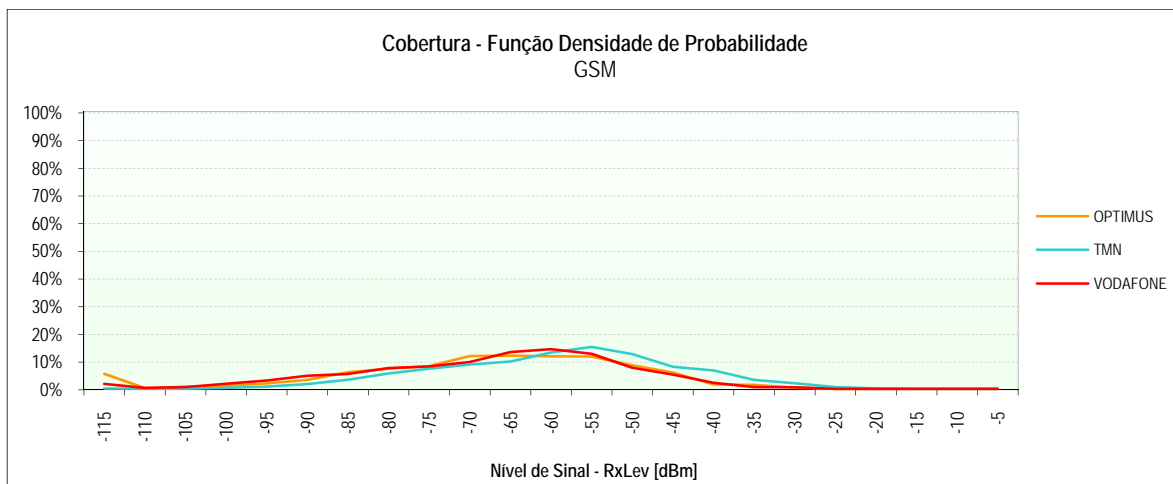
## 4.2.3.3 COBERTURA DAS REDES

|           |                               | GSM     |        |          | WCDMA   |        |          |
|-----------|-------------------------------|---------|--------|----------|---------|--------|----------|
|           |                               | OPTIMUS | TMN    | VODAFONE | OPTIMUS | TMN    | VODAFONE |
| Cobertura | Número de Amostras (Medições) | 78.119  | 78.119 | 78.061   | 78.463  | 78.470 | 78.439   |
|           | Nível Médio de Sinal [dBm]    | -66     | -57    | -65      | -89     | -83    | -91      |
|           | Nível Máximo de Sinal [dBm]   | -20     | -9     | -15      | -35     | -31    | -24      |
|           | Nível Mínimo de Sinal [dBm]   | -119    | -115   | -120     | -135    | -128   | -139     |
|           | Desvio Padrão [dBm]           | 19      | 15     | 16       | 19      | 19     | 22       |
|           | Boa                           | 87,1%   | 96,7%  | 87,5%    | 63,7%   | 73,0%  | 60,7%    |
|           | Aceitável                     | 5,2%    | 2,6%   | 7,8%     | 15,4%   | 11,2%  | 12,1%    |
|           | Má                            | 2,2%    | 0,5%   | 2,9%     | 9,9%    | 8,2%   | 8,1%     |
|           | Inexistente                   | 5,5%    | 0,1%   | 1,8%     | 11,1%   | 7,6%   | 19,1%    |

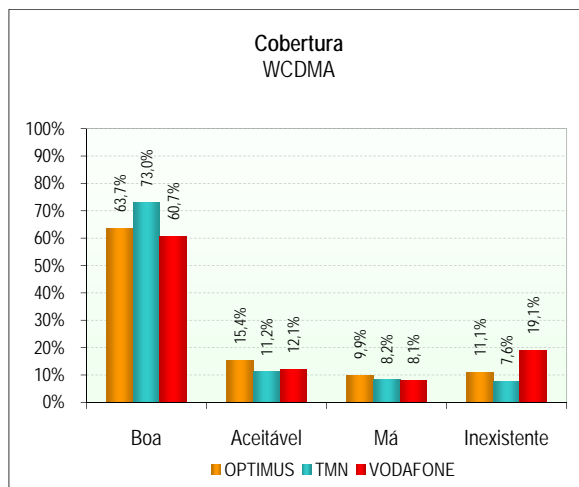
### 4.2.3.3.1 GSM



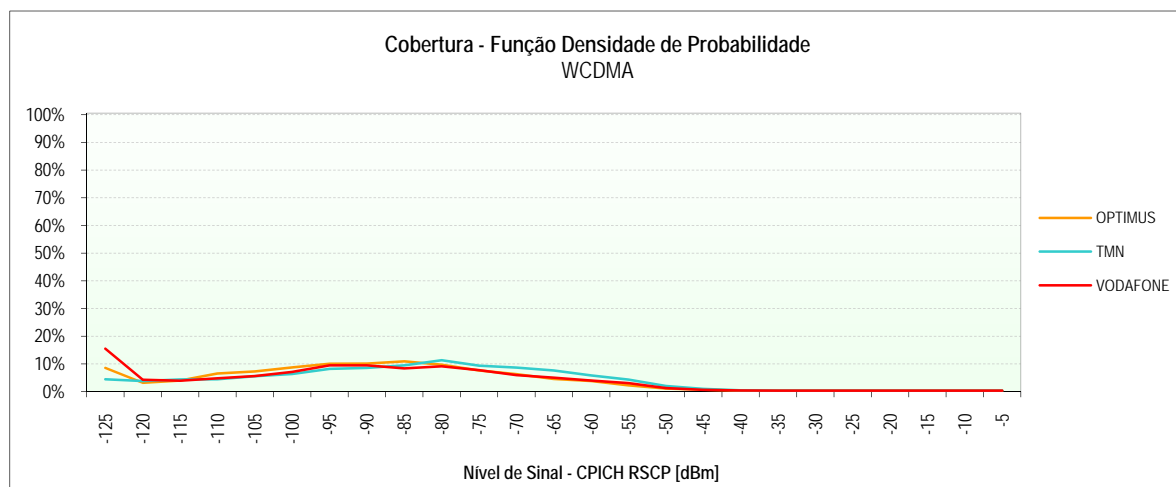
### 4.2.3.3.2 GSM - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



## 4.2.3.3 WCDMA



## 4.2.3.4 WCDMA - FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE

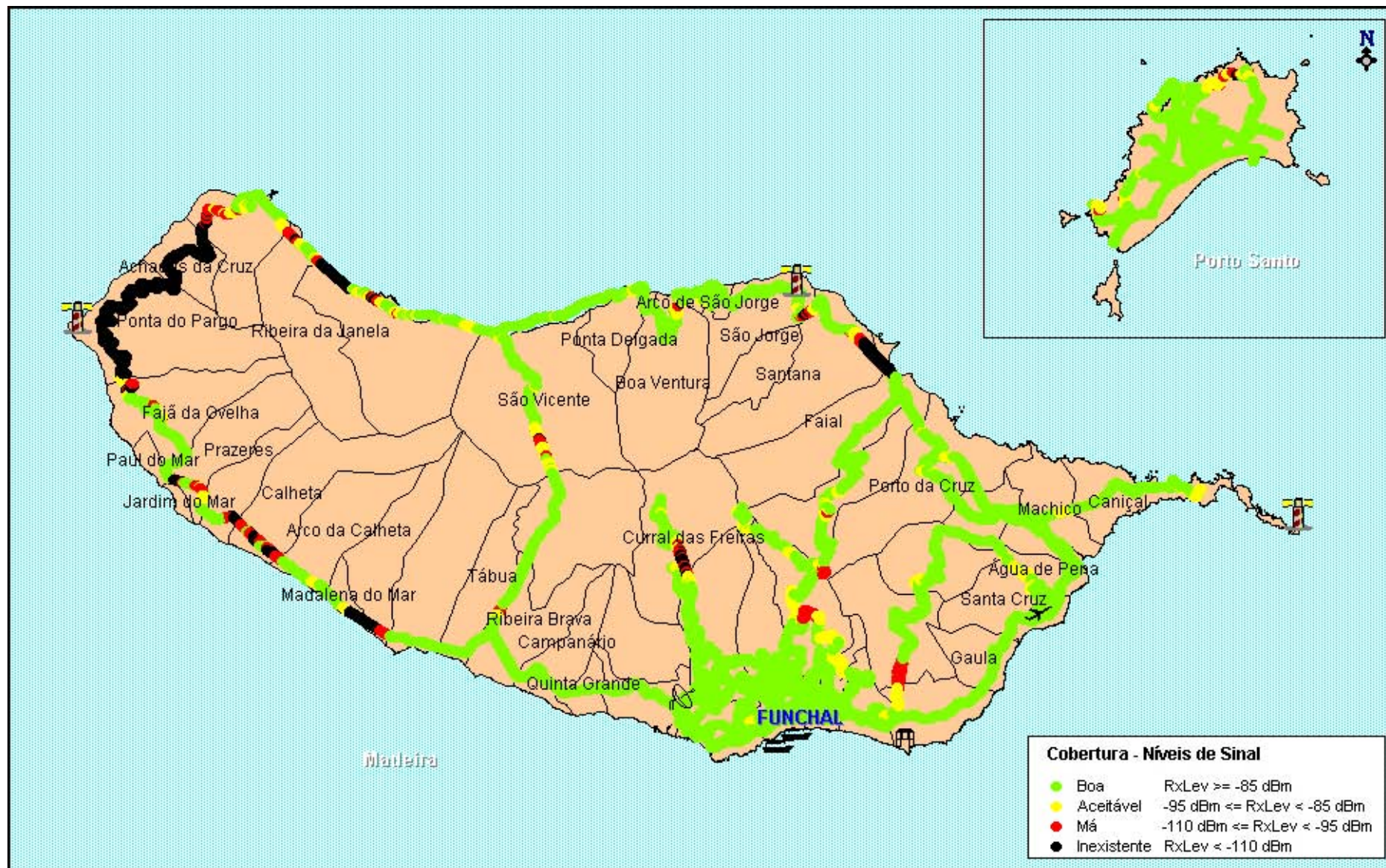


## 4.2.3.5 MAPAS DE COBERTURA

(Páginas seguintes)

## REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA

OPTIMUS – Cobertura GSM



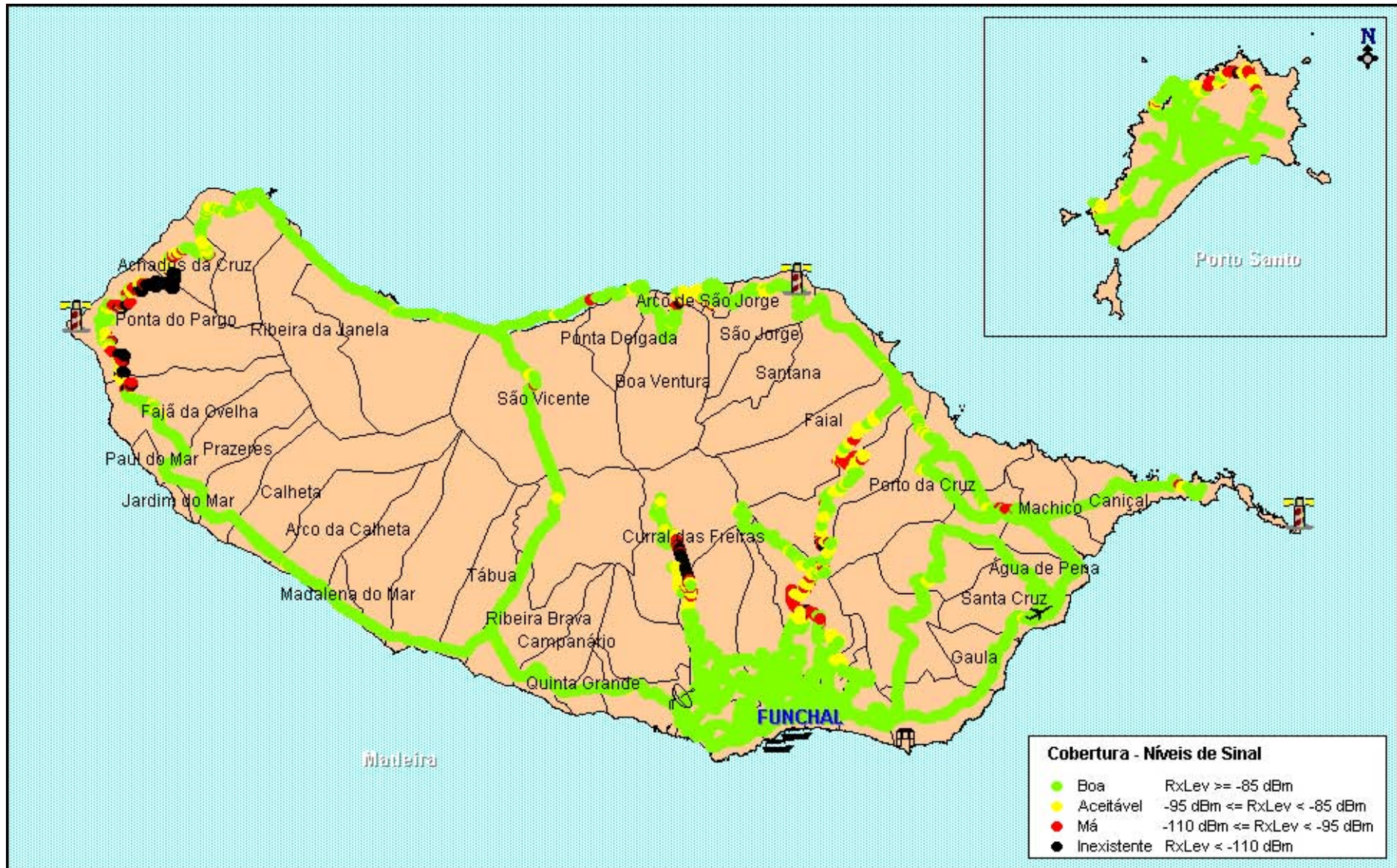
## REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA

TMN – Cobertura GSM



## REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA

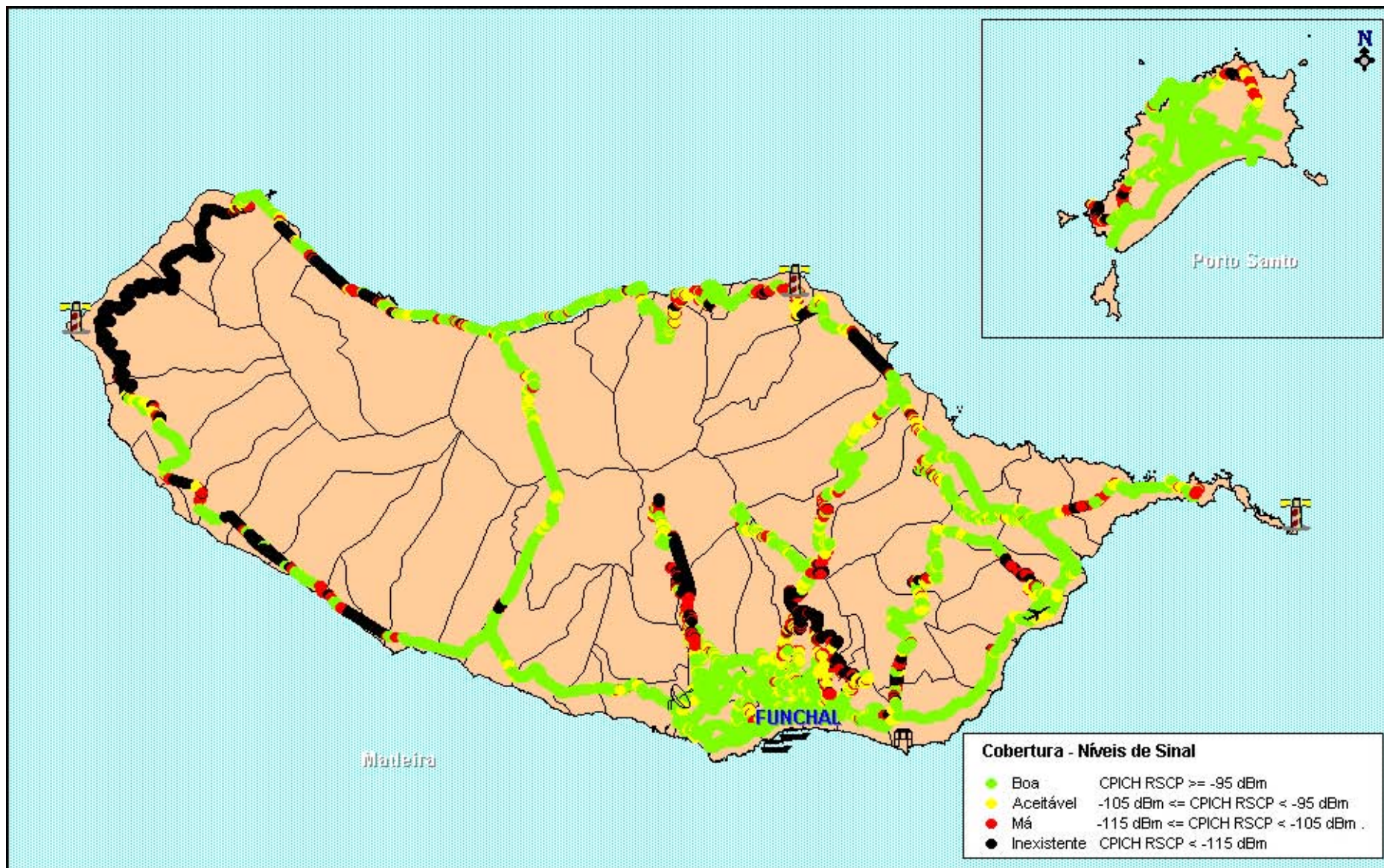
VODAFONE – Cobertura GSM





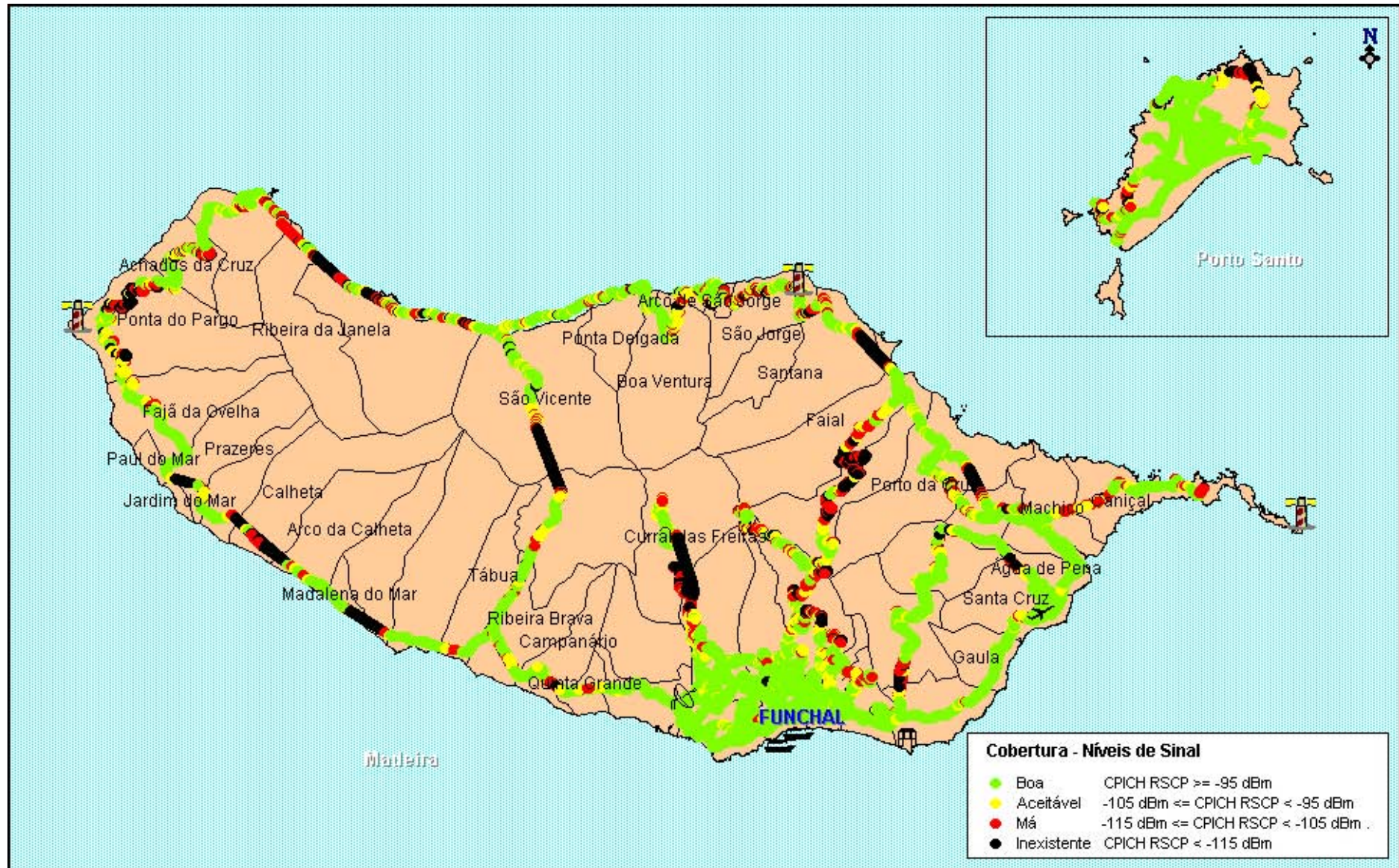
## REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA

OPTIMUS – Cobertura WCDMA



## REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA

TMN – Cobertura WCDMA



## REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA

VODAFONE – Cobertura WCDMA

