

# Sistemas de Comunicações Móveis GSM / UMTS / LTE

## Aferição da Qualidade de Serviço

Avaliação da qualidade dos Serviços de Voz, Dados e Cobertura  
Radioelétrica GSM, UMTS e LTE, nos Concelhos de Odemira e de Vila Flor.



## **NOTA PRÉVIA**

A ANACOM NÃO SE RESPONSABILIZA POR QUALQUER ANÁLISE, ESTUDO OU COMENTÁRIO FEITO A PARTIR DOS RESULTADOS CONSTANTES DESTES RELATÓRIOS.



## SIGLAS E ACRÓNIMOS

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>APN</b>        | <i>Access Point Name</i> – Nome do Ponto de Acesso.                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>CoDec</b>      | Codificador/Descodificador.                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>CPICH RSCP</b> | <i>Common Pilot Channel, Received Signal Code Power</i> – Nível de sinal radioelétrico recebido por um terminal móvel (UMTS).                                                                                                                                         |
| <b>CS</b>         | <i>Circuit Switched</i> – Comutação de Circuitos.                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>EPS</b>        | <i>Evolved Packet System</i> – Sistema otimizado de comutação de pacotes das redes 4G, resultante da evolução dos sistemas 3G/UMTS, caracterizado por débitos de dados elevados, baixa latência e por permitir múltiplas tecnologias na rede radioelétrica de acesso. |
| <b>ETSI</b>       | <i>European Telecommunications Standards Institute</i> – Instituto Europeu de Normas de Telecomunicações.                                                                                                                                                             |
| <b>FTP</b>        | <i>File Transfer Protocol</i> – Protocolo FTP.                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>GSM</b>        | <i>Global System for Mobile communications</i> – Sistema de Comunicações Móveis de segunda geração (2G).                                                                                                                                                              |
| <b>HTTP</b>       | <i>Hyper Text Transfer Protocol</i> – Protocolo HTTP.                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>ITU</b>        | <i>International Telecommunications Union</i> – União Internacional de Telecomunicações.                                                                                                                                                                              |
| <b>kbps</b>       | Milhares de <i>bit</i> por segundo.                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>LTE</b>        | <i>Long Term Evolution</i> – Sistema de Comunicações Móveis de quarta geração (4G).                                                                                                                                                                                   |
| <b>MMS</b>        | <i>Multimedia Messaging Service</i> – Serviço de Mensagens Multimédia.                                                                                                                                                                                                |
| <b>MMSC</b>       | <i>Multimedia Messaging Service Centre</i> – Centro de Mensagens Multimédia.                                                                                                                                                                                          |
| <b>MOS</b>        | <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.  |
| <b>ms</b>         | <i>Millissegundo</i> – milésima parte do segundo.                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>PDP</b>        | <i>Packet Data Protocol</i> – Protocolo PDP.                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>POLQA</b>      | <i>Perceptual Objective Listening Quality Assessment</i> – Algoritmo utilizado na análise da qualidade áudio de uma comunicação de voz (Recomendado pela ITU: <i>ITU-T Recommendation P.863 (01/2011)</i> ).                                                          |
| <b>PS</b>         | <i>Packet Switched</i> – Comutação de pacotes.                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>RDIS</b>       | <i>Rede Digital com Integração de Serviços</i> – Tecnologia utilizada na rede fixa de acesso.                                                                                                                                                                         |
| <b>RF</b>         | Rádio Frequência.                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>RSRP</b>       | <i>Reference Signal Received Power</i> – Nível de sinal radioelétrico recebido por um terminal móvel (LTE).                                                                                                                                                           |
| <b>RxLev</b>      | <i>Received signal level</i> – Nível de sinal radioelétrico recebido por um terminal móvel (GSM).                                                                                                                                                                     |
| <b>s</b>          | <i>Segundo</i> – unidade de tempo.                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Scanner RF</b> | Equipamento de medida que permite recolher níveis de sinal radioelétrico para cada canal de uma banda de frequência.                                                                                                                                                  |
| <b>SIM</b>        | <i>Subscriber Identity Module</i> – Cartão SIM.                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>SMS</b>        | <i>Short Message Service</i> – Serviço de Mensagens Curtas.                                                                                                                                                                                                           |
| <b>SMSC</b>       | <i>Short Message Service Centre</i> – Centro de Mensagens Curtas.                                                                                                                                                                                                     |
| <b>SQuad-LQ</b>   | <i>SwissQual's speech quality algorithm for Listening Quality</i> – Algoritmo desenvolvido pela <i>SwissQual</i> para análise da qualidade áudio de uma comunicação.                                                                                                  |
| <b>TCP/IP</b>     | <i>Transmission Control Protocol / Internet Protocol</i> – Protocolo TCP/IP.                                                                                                                                                                                          |
| <b>UMTS</b>       | <i>Universal Mobile Telecommunications System</i> – Sistema de Comunicações Móveis de terceira geração (3G).                                                                                                                                                          |
| <b>USIM</b>       | <i>UMTS Subscriber Identity Module</i> – Cartão USIM.                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>VQuad</b>      | <i>Objective Model for Video Quality Assessment</i> – Algoritmo utilizado na análise da qualidade vídeo de uma comunicação (desenvolvido pela <i>SwissQual</i> ).                                                                                                     |
| <b>WCDMA</b>      | <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>9</b>  |
| I.I      | Enquadramento Geral .....                                | 9         |
| I.II     | Principais Resultados e Conclusões .....                 | 15        |
| <b>1</b> | <b>Aferição da Qualidade de Serviço .....</b>            | <b>27</b> |
| 1.1      | Objetivo .....                                           | 27        |
| 1.2      | Qualidade de Serviço na Perspetiva do Utilizador .....   | 27        |
| 1.3      | Cenário Genérico de Teste .....                          | 28        |
| 1.4      | Serviços Analisados .....                                | 29        |
| <b>2</b> | <b>Metodologia .....</b>                                 | <b>31</b> |
| 2.1      | Aspetos Fundamentais .....                               | 31        |
| 2.2      | Principais Indicadores de QoS .....                      | 31        |
| 2.2.1    | Independentes do Serviço .....                           | 32        |
| 2.2.2    | Serviço de Voz .....                                     | 33        |
| 2.2.3    | Serviços de Dados .....                                  | 35        |
| 2.3      | Perfis de Medida .....                                   | 36        |
| 2.3.1    | Aspetos Gerais .....                                     | 37        |
| 2.3.2    | Cobertura Radioelétrica .....                            | 37        |
| 2.3.3    | Serviço de Voz .....                                     | 37        |
| 2.3.4    | Serviços de Dados .....                                  | 38        |
| 2.4      | Sistema de Teste/Medida e Pós-Processamento .....        | 41        |
| <b>3</b> | <b>Amostra do Estudo .....</b>                           | <b>43</b> |
| 3.1      | Locais Analisados .....                                  | 43        |
| 3.2      | Dimensão da Amostra .....                                | 44        |
| 3.3      | Condições de Recolha de Dados .....                      | 44        |
| <b>4</b> | <b>Resultados .....</b>                                  | <b>45</b> |
| 4.1      | Concelho de Odemira .....                                | 45        |
| 4.1.1    | Serviço de Voz .....                                     | 45        |
| 4.1.2    | Transferência de Ficheiros ( <i>FTP</i> ) .....          | 47        |
| 4.1.3    | Navegação na Internet ( <i>HTTP web browsing</i> ) ..... | 49        |
| 4.1.4    | Latência de Transmissão de Dados .....                   | 50        |
| 4.1.5    | Cobertura Radioelétrica .....                            | 51        |
| 4.2      | Concelho de Vila Flor .....                              | 63        |
| 4.2.1    | Serviço de Voz .....                                     | 63        |
| 4.2.2    | Transferência de Ficheiros ( <i>FTP</i> ) .....          | 65        |
| 4.2.3    | Navegação na Internet ( <i>HTTP web browsing</i> ) ..... | 67        |
| 4.2.4    | Latência de Transmissão de Dados .....                   | 68        |
| 4.2.5    | Cobertura Radioelétrica .....                            | 69        |



## I SUMÁRIO EXECUTIVO

### I.I ENQUADRAMENTO GERAL

A Autoridade Nacional de Comunicações (ANACOM) realizou, em setembro de 2014, uma avaliação da qualidade dos serviços de voz, dados e cobertura radioelétrica das redes GSM, UMTS e LTE, disponibilizados pelos operadores MEO – Serviços de Comunicações e Multimédia, S.A. (MEO), NOS Comunicações, S.A. (NOS) e VODAFONE PORTUGAL – Comunicações Pessoais, S.A. (Vodafone) nos principais aglomerados urbanos e eixos rodoviários dos Concelhos de Odemira e de Vila Flor.

Este estudo assenta na realização de testes de campo, com viaturas em movimento e com antenas exteriores, com recurso a um sistema automático de medida, refletindo os vários aspetos que afetam a qualidade dos serviços (medições extremo-a-extremo). As medições foram efetuadas em simultâneo, nos mesmos locais e com as mesmas parametrizações para os três operadores.

Os estudos que visam apreender a perceção de qualidade sentida por um utilizador, como o presente, são denominados *Estudos de Qualidade de Serviço na Perspetiva do Utilizador (QoE – Quality of Experience)*, pretendendo averiguar a experiência do utilizador em termos de, por exemplo, acessibilidade, retenção e integridade do serviço. Em contraposição, as análises de *Desempenho da Rede ou Qualidade de Serviço* visam avaliar a capacidade de uma rede ou parte dela para fornecer um serviço com um determinado grau de qualidade. Englobam as funcionalidades, mecanismos e procedimentos implementados pela rede celular e pelo equipamento terminal, que asseguram o fornecimento da qualidade de serviço negociada entre o equipamento terminal e a infraestrutura central da rede.

No entanto, não significa isto que os resultados dos *Estudos de Qualidade de Serviço na Perspetiva do Utilizador (QoE – Quality of Experience)* representem a qualidade sentida por um utilizador médio ou pela maioria dos utilizadores, pois aqueles dependem sempre das condições em que foram realizados; assim, por exemplo, no caso deste Estudo, reconhece-se que os serviços de dados não são maioritariamente acedidos em ambiente exterior, utilizando um computador portátil ligado à rede através de uma placa de dados e com uma antena exterior (como sucedeu nos testes realizados). Logo, embora tratando-se de um *Estudo de Qualidade de Serviço na Perspetiva do Utilizador*, a presente análise pode não refletir, em especial no tocante aos serviços de dados e à respetiva cobertura, a perceção da maioria dos utilizadores.

A *Qualidade de Serviço na Perspetiva do Utilizador* é normalmente expressa em termos de sensações humanas, do tipo “Excelente”, “Boa”, “Aceitável”, “Pobre” e “Má”, enquanto o *Desempenho da Rede* é um conceito puramente técnico medido, expresso e entendido numa ótica de rede ou dos seus elementos, apresentando pouco significado para o utilizador.

Para avaliar o serviço de voz, foram verificadas as capacidades de estabelecimento e terminação de chamadas, bem como a perceptibilidade da comunicação.

Na avaliação do serviço de dados, foram objeto de análise as capacidades de transferência de ficheiros (*FTP upload/download*), de navegação na Internet (*HTTP web browsing*) e também a latência de transmissão (*ping*).

Para avaliação da cobertura das redes, foram efetuadas medições dos níveis de sinal radioelétrico recebidos pelos equipamentos terminais móveis (*downlink*), em cada uma das tecnologias utilizadas pelos operadores.

Foram analisados os principais indicadores de qualidade, para os serviços objeto de estudo:

1. **Cobertura Radioelétrica** – disponibilidade das redes radioelétricas GSM, UMTS e LTE;
2. **Acessibilidade do Serviço de Voz** – probabilidade de sucesso no estabelecimento de chamadas;
3. **Tempo de Estabelecimento de Chamadas de Voz** – período de tempo que a rede demora a estabelecer a comunicação, após o envio correto do pedido (número de telefone de destino);
4. **Taxa de Terminação de Chamadas de Voz** – probabilidade de uma chamada, depois de estabelecida com sucesso, se manter ativa 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** – perceptibilidade da conversação durante uma chamada;
6. **Taxa de Terminação de Sessões de Utilização do Serviço de Dados** – probabilidade de uma sessão de utilização do serviço – *transferência de ficheiros* ou *navegação na Internet* – ser estabelecida e decorrer com sucesso, ou seja, manter-se ativa durante a totalidade do período predefinido para transferência de ficheiros ou permitir a transferência da totalidade da página *web*;
7. **Velocidade de Transferência de Dados** – quantifica a velocidade média de transferência de dados durante uma sessão de *transferência de ficheiros*;
8. **Duração de Transferência da Página web** – quantifica o tempo médio necessário para a transferência da página *web* de referência;

9. **Latência de Transmissão de Dados** – quantifica o tempo necessário para que um pacote de informação viaje desde o equipamento de utilizador até ao Servidor de Conteúdos ou *vice-versa*.

Os trabalhos de campo decorreram, em dias úteis e durante as horas normais de trabalho, de 15 a 25 de setembro de 2014. Foram efetuadas 3.169 chamadas de teste, 12.808 sessões de utilização de serviços de dados e 1.736.852 medições de sinal radioelétrico, o que corresponde a cerca de 54 horas de medições ao longo de aproximadamente 2.242 quilómetros.

Face à taxa de penetração destes serviços, à diversidade de equipamentos terminais utilizados e à própria subjetividade inerente a cada utente, torna-se impossível a reprodução rigorosa das condições de interação de cada consumidor com as redes. A concretização deste tipo de estudos só é possível à custa de compromissos e aproximações, dentro de limites que permitem que os resultados obtidos possam ser encarados como um indicador fiável do comportamento global dos sistemas de comunicações móveis. A transposição ou extrapolação dos resultados obtidos para situações específicas requer alguma prudência, sob risco de, se tal não for feito, se chegar a conclusões que distorcem a realidade em causa.

As opções técnicas e metodológicas adotadas influenciaram diretamente os resultados obtidos e devem ser tidas em consideração na análise desses resultados. São especialmente relevantes as seguintes opções:

- 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 subjetividade inerente ao utilizador humano;
- Foram utilizados equipamentos terminais *Nokia C7* e *Huawei E392*;
- Os testes foram realizados com viaturas em movimento e com antenas exteriores;
- A duração da fase de conversação das chamadas de voz foi de 120 segundos;
- Os testes de voz e de dados foram realizados com seleção automática de infraestruturas GSM, UMTS e LTE;
- Os *Servidores*, utilizados nos testes aos serviços de dados, encontravam-se alojados em Portugal, num *datacenter* na FCT (Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P.);

- Nos testes de dados foram utilizados conteúdos estáveis, ou seja, páginas *web* e ficheiros que não apresentavam variações quantitativas ou qualitativas ao longo do tempo;
- Os testes de Transferência de Ficheiros (*FTP upload/download*) foram realizados de acordo com o conceito de tempo fixo de transferência de dados, ou seja, foi realizada a transferência de dados durante um período de tempo predefinido em vez da transferência integral de ficheiros de dimensão fixa;
- Os indicadores de cobertura radioelétrica, em particular a cobertura radioelétrica UMTS e LTE, não tiveram em consideração a carga das redes (número de utilizadores em simultâneo e tipo de serviços utilizados);
- Os indicadores de cobertura radioelétrica GSM, UMTS e LTE apresentados neste estudo resultam da análise dos canais radioelétricos indicados pelos operadores em momento anterior ao da realização do estudo. Por omissão da Vodafone, alguns dos canais LTE deste operador não foram analisados. Estes canais apresentavam uma utilização localizada – Zambujeira do Mar, Guarda, Bragança, Évora e Coimbra –, segundo afirma este operador, tendo esta omissão um impacto direto no indicador de cobertura radioelétrica LTE da Vodafone nos aglomerados urbanos de Portugal continental e no significado estatístico daquele indicador;
- Em algumas zonas do território português, especialmente junto à fronteira com Espanha, o desempenho das redes LTE dos operadores portugueses foi afetado pela TDT espanhola durante o período de realização dos testes. Com o desligamento dos emissores espanhóis, ocorrido no início de 2015, é expectável que ocorra uma melhoria de desempenho das redes LTE portuguesas nesses locais;
- O cenário genérico de teste adotado pela ANACOM neste estudo corresponde a uma utilização dos serviços de comunicações que é a mais favorável para a potência de sinal na receção no terminal móvel, por não serem consideradas as perdas de sinal por penetração em ambientes interiores e por serem utilizados equipamentos terminais móveis com antenas exteriores. Esta situação, não sendo muito significativa quanto ao *Serviço de Voz*, tem impacto relevante na *Cobertura Radioelétrica* e nos *Serviços de Dados*, por conduzir a desempenhos mais elevados do que os que se obteriam em ambientes interiores;
- O facto de terem sido utilizados servidores dedicados exclusivamente à realização destes testes, que, no contexto do estudo efetuado, não têm limitações de capacidade de processamento e

armazenamento de informação, disponibilidade e largura de banda de acesso pode ter influído positivamente nos resultados da velocidade de transmissão de dados (em confronto com os que poderiam ser obtidos por um utilizador comum no acesso a servidores convencionais). Acresce que os servidores usados, que funcionam nos mesmos moldes dos servidores disponíveis na Internet, são identificados através dos respetivos endereços IP e não através dos seus FQDN (*Fully Qualified Domain Name*), evitando que possíveis problemas de resolução de DNS (*Domain Name System*) e estratégias de *caching*, utilizadas pelo sistema operativo, pudessem afetar negativamente as medições;

- Os resultados do estudo refletem apenas o comportamento das redes nos locais e momentos em que foram efetuadas as medições;
- 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

Nos concelhos de Odemira e Vila Flor persistem largas áreas geográficas com cobertura radioelétrica deficiente ou inexistente, condicionando o desempenho dos serviços de comunicações eletrónicas, que se suportam nos sistemas de comunicações móveis dos operadores MEO, NOS e Vodafone.

Os níveis de cobertura e o desempenho dos serviços, registados neste estudo, são muito inferiores aos registados no estudo realizado, de 30 de setembro a 3 de dezembro de 2014, nos principais aglomerados urbanos e eixos rodoviários de Portugal continental, observando-se diferenças muito significativas de desempenho entre operadores, tecnologias e serviços analisados.

### **Cobertura Radioelétrica GSM, UMTS e LTE**

Os concelhos de Odemira e de Vila Flor apresentam largas áreas geográficas com cobertura radioelétrica deficiente ou inexistente.

No concelho de Odemira (*Figura 1*), a cobertura GSM dos operadores MEO e NOS é globalmente aceitável, enquanto a Vodafone apresenta cobertura fraca. Todos os operadores apresentam má cobertura radioelétrica em UMTS. A cobertura LTE dos operadores MEO e Vodafone é muito fraca, especialmente a da Vodafone, enquanto a do operador NOS é praticamente inexistente.

No concelho de Vila Flor (*Figura 2*), a cobertura GSM dos operadores MEO e NOS é globalmente boa e a da Vodafone aceitável. Em UMTS, a Vodafone apresenta boa cobertura radioelétrica enquanto a MEO e a NOS apresentam níveis fracos de cobertura. A cobertura LTE, neste concelho, é muito fraca, em particular a registada pelo operador Vodafone.

Comparando os resultados registados nestes concelhos com os obtidos no estudo realizado nos principais aglomerados urbanos e eixos rodoviários de Portugal continental (*Tabela 1 e Tabela 2*), verifica-se que os níveis de boa ou aceitável cobertura são muito inferiores nestes concelhos, em especial no que respeita às tecnologias UMTS e LTE.

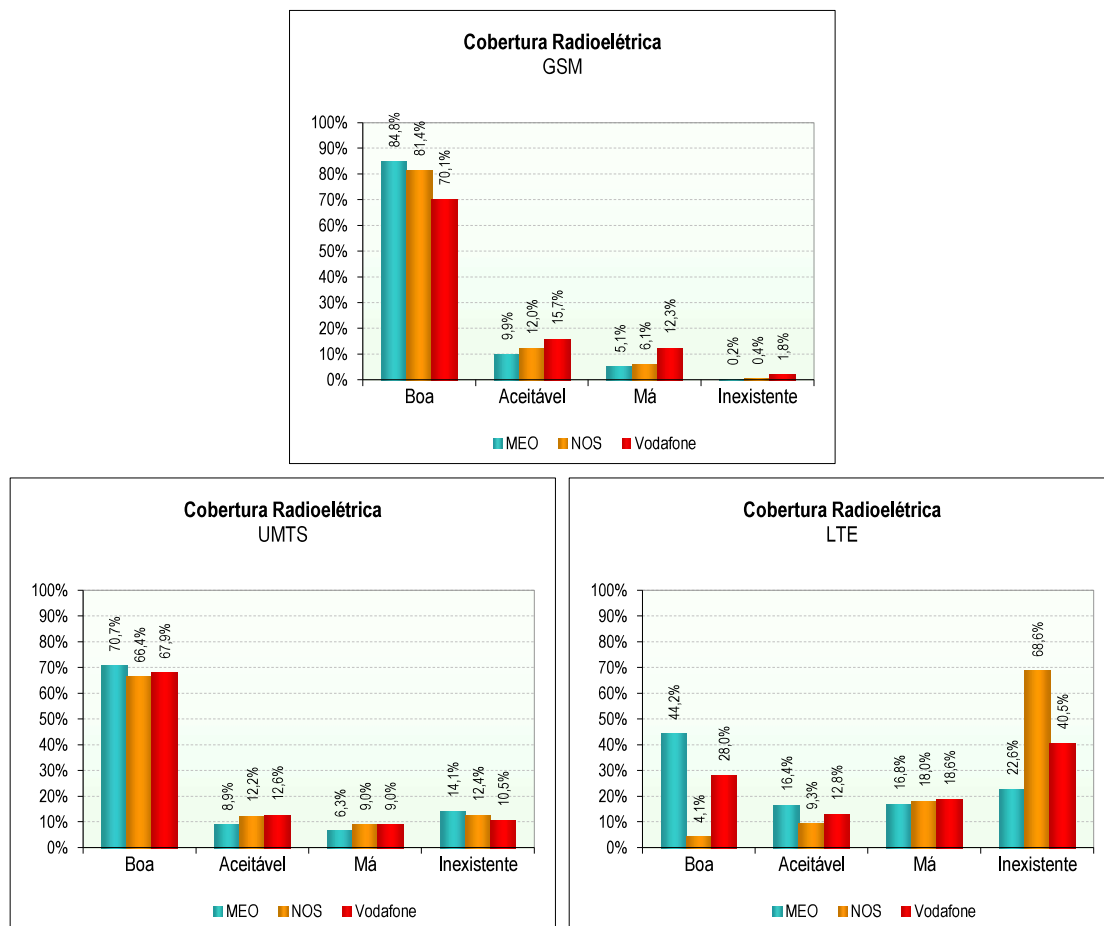


Figura 1 – Indicador *Cobertura Radioelétrica*, no Concelho de Odemira.

Tabela 1 – *Cobertura Radioelétrica*: Diferença entre os resultados observados no estudo realizado no Concelho de Odemira (set. 2014) e no estudo realizado nos principais aglomerados urbanos e eixos rodoviários de Portugal Continental (30 set. - 3 dez. 2014).

|                         |                  | GSM    |        |          | UMTS   |        |          | LTE    |        |          |
|-------------------------|------------------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|
|                         |                  | MEO    | NOS    | Vodafone | MEO    | NOS    | Vodafone | MEO    | NOS    | Vodafone |
| Cobertura Radioelétrica | Boa              | -15,1% | -18,5% | -29,8%   | -28,7% | -32,3% | -31,8%   | -45,9% | -86,9% | -60,2%   |
|                         | Aceitável        | 9,9%   | 12,0%  | 15,7%    | 8,4%   | 11,2%  | 12,5%    | 10,7%  | 5,0%   | 8,5%     |
|                         | Má               | 5,1%   | 6,1%   | 12,3%    | 6,2%   | 8,7%   | 9,0%     | 13,8%  | 16,0%  | 15,4%    |
|                         | Inexistente      | 0,2%   | 0,4%   | 1,8%     | 14,1%  | 12,4%  | 10,4%    | 21,4%  | 65,9%  | 36,3%    |
|                         | Boa ou Aceitável | -5,3%  | -6,5%  | -14,1%   | -20,3% | -21,1% | -19,4%   | -35,2% | -81,9% | -51,6%   |

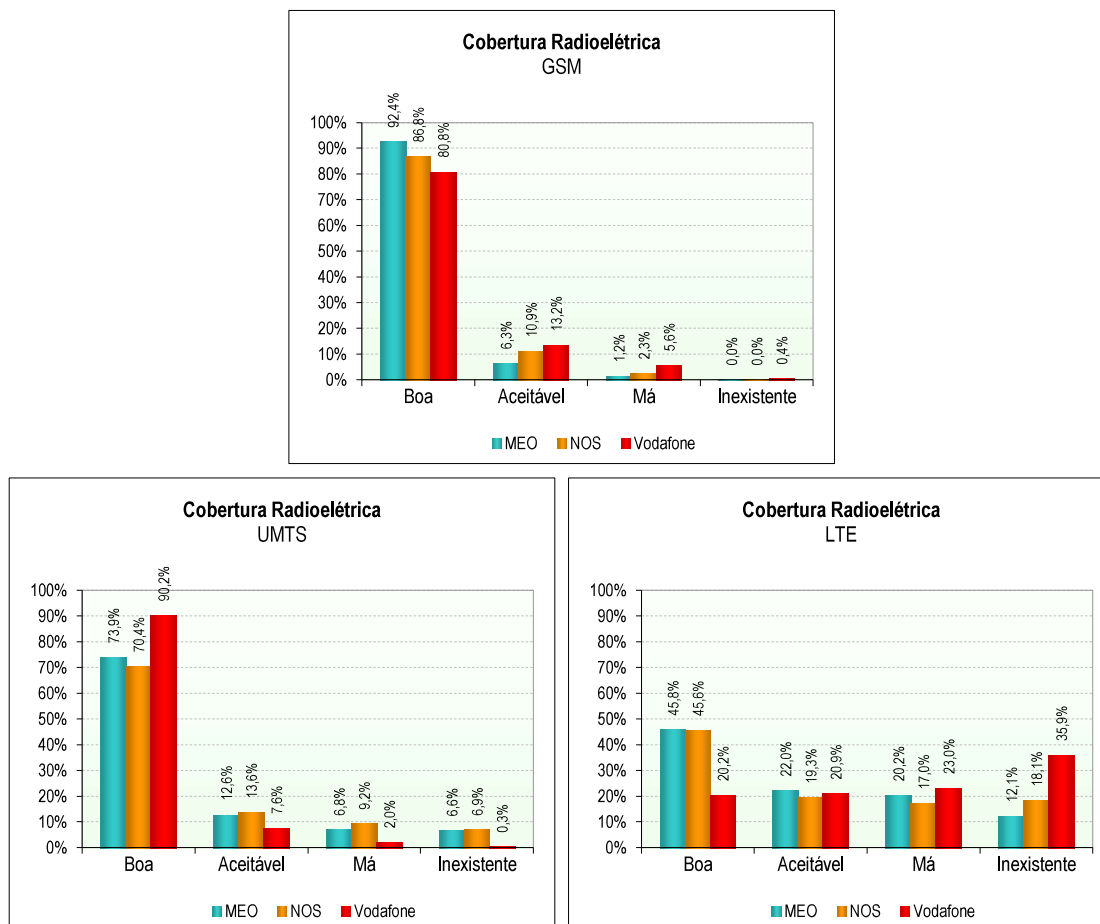


Figura 2 – Indicador *Cobertura Radioelétrica*, no Concelho de Vila Flor.

Tabela 2 – *Cobertura Radioelétrica*: Diferença entre os resultados observados no estudo realizado no Concelho de Vila Flor (set. 2014) e no estudo realizado nos principais aglomerados urbanos e eixos rodoviários de Portugal Continental (30 set. - 3 dez. 2014).

|                         |                  | GSM   |        |          | UMTS   |        |          | LTE    |        |          |
|-------------------------|------------------|-------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|
|                         |                  | MEO   | NOS    | Vodafone | MEO    | NOS    | Vodafone | MEO    | NOS    | Vodafone |
| Cobertura Radioelétrica | Boa              | -7,5% | -13,2% | -19,1%   | -25,5% | -28,4% | -9,6%    | -44,3% | -45,4% | -68,0%   |
|                         | Aceitável        | 6,3%  | 10,8%  | 13,2%    | 12,1%  | 12,6%  | 7,4%     | 16,3%  | 15,0%  | 16,5%    |
|                         | Má               | 1,2%  | 2,3%   | 5,5%     | 6,7%   | 8,9%   | 1,9%     | 17,2%  | 15,0%  | 19,8%    |
|                         | Inexistente      | 0,0%  | 0,0%   | 0,4%     | 6,6%   | 6,9%   | 0,2%     | 10,8%  | 15,4%  | 31,6%    |
|                         | Boa ou Aceitável | -1,2% | -2,3%  | -5,9%    | -13,3% | -15,8% | -2,1%    | -28,0% | -30,4% | -51,4%   |

## Serviço de Voz

O desempenho do serviço de voz, embora globalmente inferior ao registado no estudo realizado nos principais aglomerados urbanos e eixos rodoviários de Portugal continental (*Tabela 3 e Tabela 4*), é ainda bom na generalidade dos indicadores analisados. Em Odemira, a MEO e a NOS apresentam os melhores desempenhos, enquanto em Vila Flor se destaca, pela positiva, a MEO (*Figura 3, Figura 4, Figura 5, Figura 6, Figura 7 e Figura 8*).

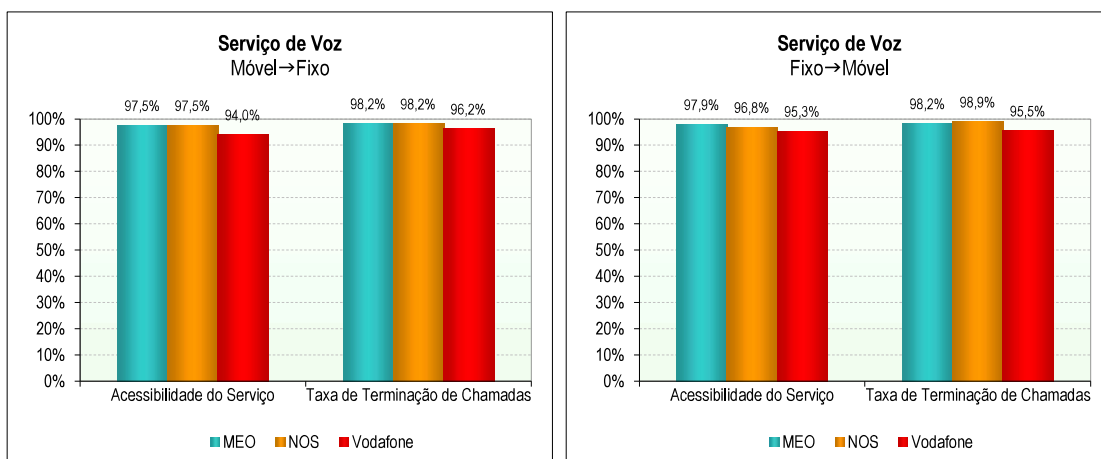


Figura 3 – Indicadores *Acessibilidade de Serviço* e *Taxa de Terminação de Chamadas*, no Concelho de Odemira.

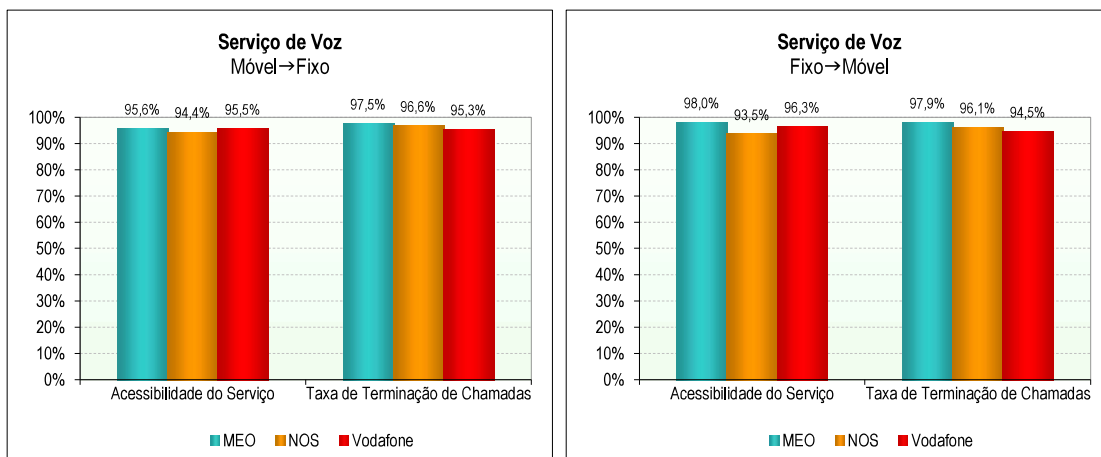


Figura 4 – Indicadores *Acessibilidade de Serviço* e *Taxa de Terminação de Chamadas*, no Concelho de Vila Flor.

Tabela 3 – *Serviço de Voz*: Diferença entre os resultados observados no estudo realizado no Concelho de Odemira (set. 2014) e no estudo realizado nos principais aglomerados urbanos e eixos rodoviários de Portugal Continental (30 set. - 3 dez. 2014).

|                |                                                | MEO        |            | NOS        |            | Vodafone   |            |
|----------------|------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                |                                                | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel |
| Serviço de Voz | Acessibilidade do Serviço                      | -1,9%      | -0,7%      | -1,1%      | -2,1%      | -5,0%      | -3,2%      |
|                | Taxa de Terminação de Chamadas                 | -0,7%      | -1,2%      | -0,8%      | 0,1%       | -3,0%      | -3,7%      |
|                | Tempo Médio de Estabelecimento de Chamadas [s] | 0,6        | 0,6        | 0,4        | 0,4        | 0,2        | 0,3        |
|                | Qualidade Áudio Média [MOS]                    | -0,04      | -0,12      | -0,01      | 0,00       | -0,15      | -0,21      |

Tabela 4 – *Serviço de Voz*: Diferença entre os resultados observados no estudo realizado no Concelho de Vila Flor (set. 2014) e no estudo realizado nos principais aglomerados urbanos e eixos rodoviários de Portugal Continental (30 set. - 3 dez. 2014).

|                |                                                | MEO        |            | NOS        |            | Vodafone   |            |
|----------------|------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                |                                                | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel |
| Serviço de Voz | Acessibilidade do Serviço                      | -3,8%      | -0,6%      | -4,2%      | -5,4%      | -3,4%      | -2,2%      |
|                | Taxa de Terminação de Chamadas                 | -1,4%      | -1,4%      | -2,4%      | -2,7%      | -3,9%      | -4,6%      |
|                | Tempo Médio de Estabelecimento de Chamadas [s] | 0,1        | -0,1       | 0,6        | 0,7        | 0,0        | 0,0        |
|                | Qualidade Áudio Média [MOS]                    | -0,04      | 0,04       | -0,13      | -0,20      | -0,07      | -0,14      |

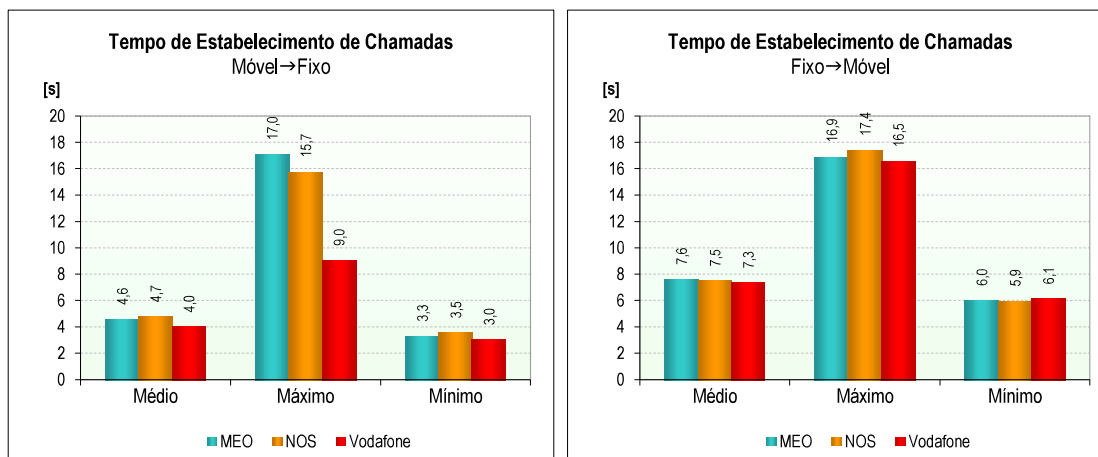


Figura 5 – Indicador *Tempo de Estabelecimento de Chamadas*, no Concelho de Odemira.

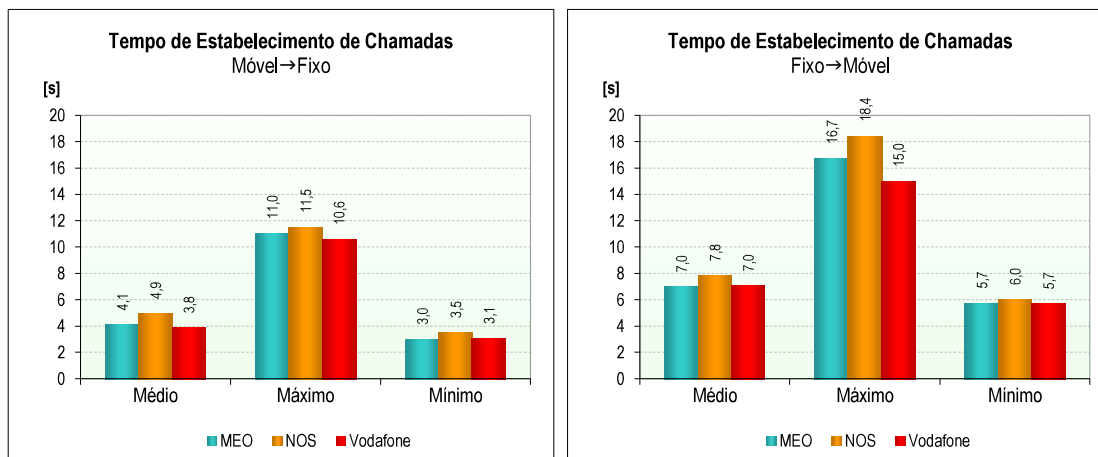


Figura 6 – Indicador *Tempo de Estabelecimento de Chamadas*, no Concelho de Vila Flor.

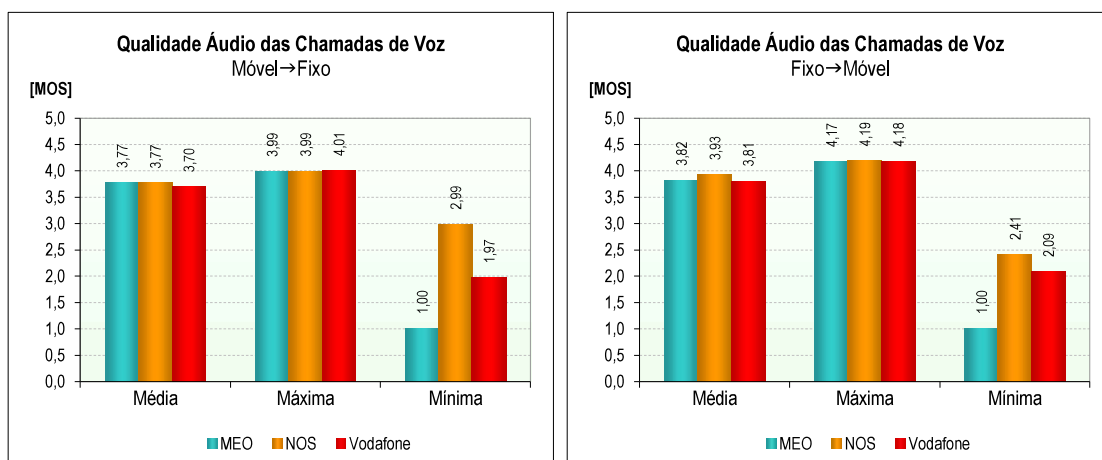


Figura 7 – Indicador *Qualidade Áudio das Chamadas*, no Concelho de Odemira.

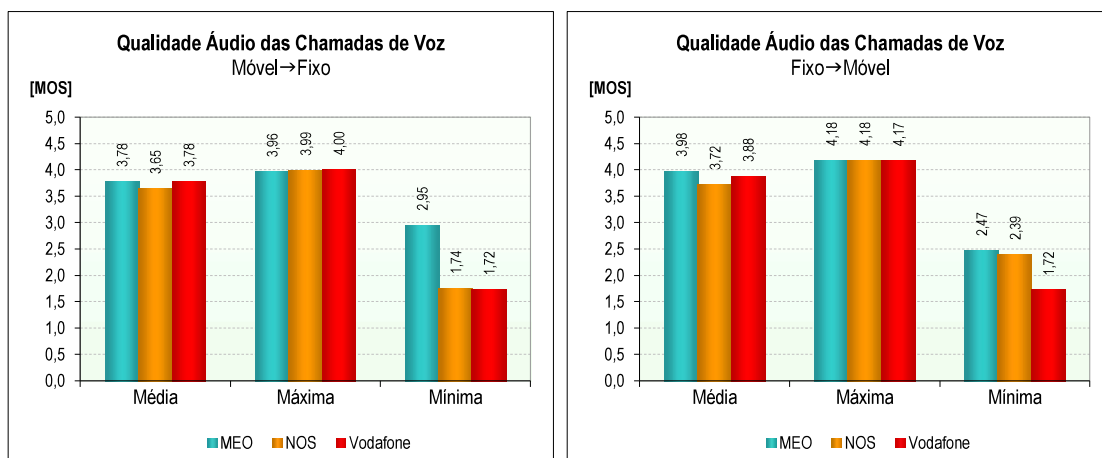


Figura 8 – Indicador *Qualidade Áudio das Chamadas*, no Concelho de Vila Flor.

## Serviço de Transferência de Ficheiros (FTP)

Em Odemira (Figura 9 e Figura 11), o operador MEO apresenta o melhor desempenho registando níveis aceitáveis de *Taxa de Terminação de Sessões de Transferência de Ficheiros* e de *Velocidade Média de Transferência de Dados*. A Vodafone apresenta níveis aceitável, em *download*, e fraco, em *upload*, de *Velocidade Média de Transferência de Dados*. O operador NOS apresenta *Velocidade Média de Transferência de Dados* má, tanto em *download* como em *upload*. Em relação ao indicador *Taxa de Terminação de Sessões de Transferência de Ficheiros*, tanto a Vodafone como a NOS, apresentam desempenhos fracos.

No concelho de Vila Flor (Figura 10 e Figura 12), todos os operadores apresentam mau desempenho no que respeita a *Taxa de Terminação de Sessões de Transferência de Ficheiros*, em particular a Vodafone com níveis inferiores a 65%. No que respeita ao indicador *Velocidade Média de Transferência de Dados*, em *download*, a MEO apresenta resultados aceitáveis enquanto os da Vodafone e da NOS são fracos. Em *upload*, todos os operadores registam desempenhos maus.

Os resultados registados nos concelhos de Odemira e de Vila Flor são significativamente inferiores aos registados nos principais aglomerados urbanos e eixos rodoviários de Portugal continental (Tabela 5 e Tabela 6). Pela negativa, destaca-se a *Velocidade Média de Transferência de Dados* em *upload*, do operador NOS em Odemira, que é inferior a 8% da registada nos principais aglomerados urbanos e eixos rodoviários de Portugal continental.

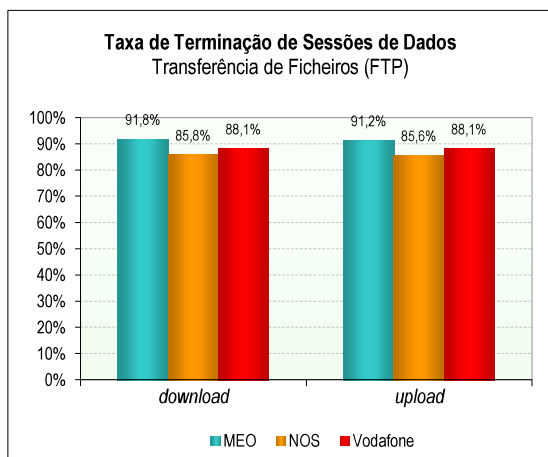


Figura 9 – Indicador *Taxa de Terminação de Sessões de Dados*, no Concelho de Odemira.

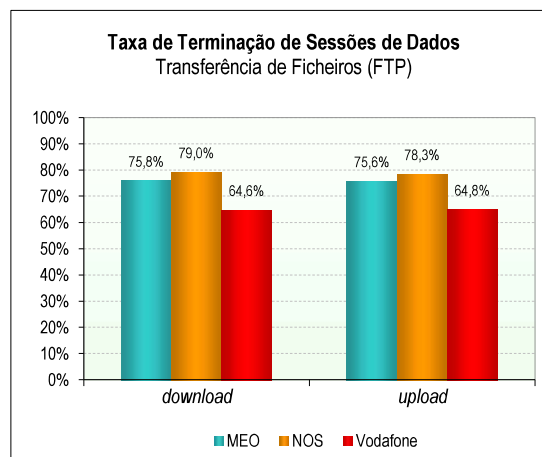


Figura 10 – Indicador *Taxa de Terminação de Sessões de Dados*, no Concelho de Vila Flor.

Tabela 5 – Serviço de Transferência de Ficheiros (FTP): Diferença entre os resultados observados no estudo realizado no Concelho de Odemira (set. 2014) e no estudo realizado nos principais aglomerados urbanos e eixos rodoviários de Portugal Continental (30 set.-3 dez. 2014).

|                                  |                                                   | MEO      |        | NOS      |        | Vodafone |        |
|----------------------------------|---------------------------------------------------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
|                                  |                                                   | download | upload | download | upload | download | upload |
| Transferência de Ficheiros (FTP) | Taxa de Terminação de Sessões                     | -5,9%    | -6,4%  | -9,4%    | -9,4%  | -7,5%    | -7,2%  |
|                                  | Velocidade Média de transferência de Dados [kbps] | -10,083  | -2,228 | -15,649  | -4,842 | -8,890   | -2,991 |

Tabela 6 – Serviço de Transferência de Ficheiros (FTP): Diferença entre os resultados observados no estudo realizado no Concelho de Vila Flor (set. 2014) e no estudo realizado nos principais aglomerados urbanos e eixos rodoviários de Portugal Continental (30 set.-3 dez. 2014).

|                                  |                                                   | MEO      |        | NOS      |        | Vodafone |        |
|----------------------------------|---------------------------------------------------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
|                                  |                                                   | download | upload | download | upload | download | upload |
| Transferência de Ficheiros (FTP) | Taxa de Terminação de Sessões                     | -21,9%   | -22,0% | -16,1%   | -16,7% | -31,0%   | -30,5% |
|                                  | Velocidade Média de transferência de Dados [kbps] | -11,872  | -4,559 | -15,259  | -3,940 | -14,525  | -3,401 |

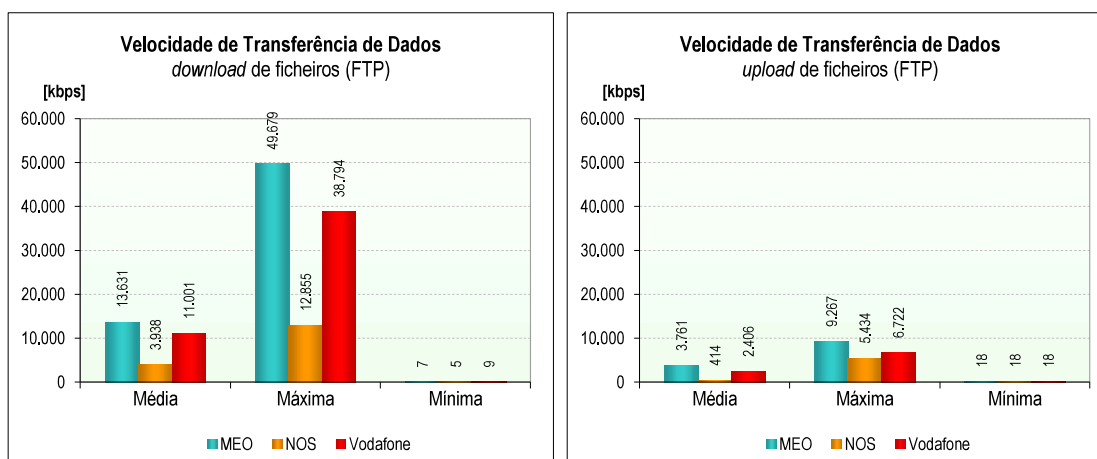


Figura 11 – Indicador Velocidade de Transferência de Dados, no Concelho de Odemira.

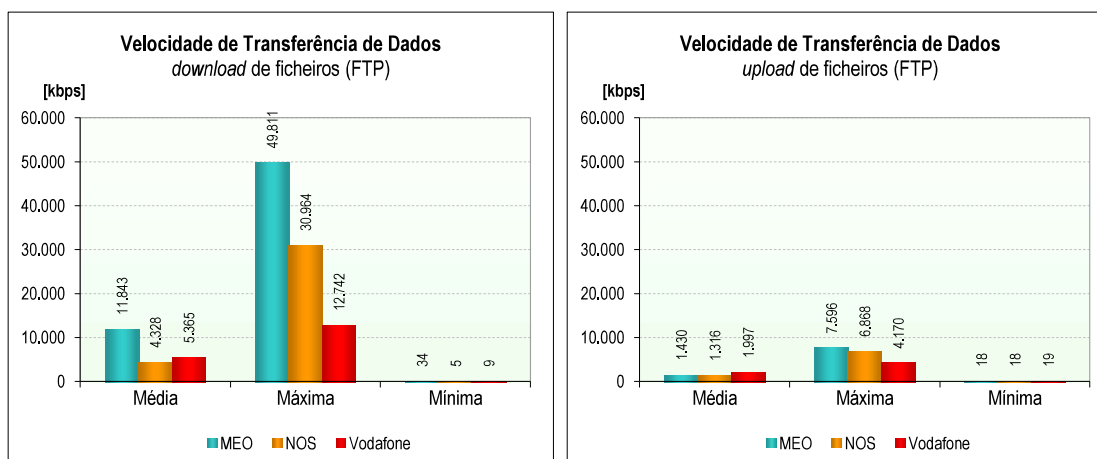


Figura 12 – Indicador Velocidade de Transferência de Dados, no Concelho de Vila Flor.

### Serviço de Navegação na Internet (*HTTP web browsing*)

No concelho de Odemira (*Figura 13*), o sistema de comunicações móveis da MEO apresenta um desempenho fraco no que diz respeito a capacidade de estabelecimento e manutenção de sessões de navegação na Internet. No mesmo indicador, os operadores Vodafone e NOS apresentam desempenho mau. A *Duração Média de Transferência da Página web* de referência é fraca, para a MEO e a Vodafone, e má, para a NOS.

No concelho de Vila Flor (*Figura 14*), os desempenhos dos operadores móveis são ainda inferiores aos registados no concelho de Odemira. Todos os operadores apresentam maus níveis de *Taxa de Terminação de Sessões de Navegação na Internet*, em particular a Vodafone, enquanto a *Duração Média de Transferência da Página web* é fraca, para a MEO e Vodafone, e má, para a NOS.

O desempenho do Serviço de Navegação na Internet, observado nos concelhos de Odemira e de Vila Flor, é também significativamente inferior ao registado nos principais aglomerados urbanos e eixos rodoviários de Portugal continental (*Tabela 7 e Tabela 8*). Pela negativa, destaca-se a *Duração Média de Transferência da Página web*, do operador NOS, que é superior ao triplo da registada, por este operador, nos principais aglomerados urbanos e eixos rodoviários de Portugal continental.

Tabela 7 – Serviço de Navegação na Internet (*HTTP web browsing*): Diferença entre os resultados observados no estudo realizado no Concelho de Odemira (set. 2014) e no estudo realizado nos principais aglomerados urbanos e eixos rodoviários de Portugal Continental (30 set. - 3 dez. 2014).

|                                                       |                                                  | MEO      | NOS      | Vodafone |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------|----------|----------|
|                                                       |                                                  | download | download | download |
| Navegação na Internet<br>( <i>HTTP web browsing</i> ) | Taxa de Terminação de Sessões                    | -10,5%   | -20,2%   | -14,0%   |
|                                                       | Duração Média de Transferência da Página web [s] | 3,0      | 6,7      | 2,8      |

Tabela 8 – Serviço de Navegação na Internet (*HTTP web browsing*): Diferença entre os resultados observados no estudo realizado no Concelho de Vila Flor (set. 2014) e no estudo realizado nos principais aglomerados urbanos e eixos rodoviários de Portugal Continental (30 set. - 3 dez. 2014).

|                                                       |                                                  | MEO      | NOS      | Vodafone |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------|----------|----------|
|                                                       |                                                  | download | download | download |
| Navegação na Internet<br>( <i>HTTP web browsing</i> ) | Taxa de Terminação de Sessões                    | -24,2%   | -24,6%   | -31,4%   |
|                                                       | Duração Média de Transferência da Página web [s] | 4,2      | 8,0      | 3,2      |

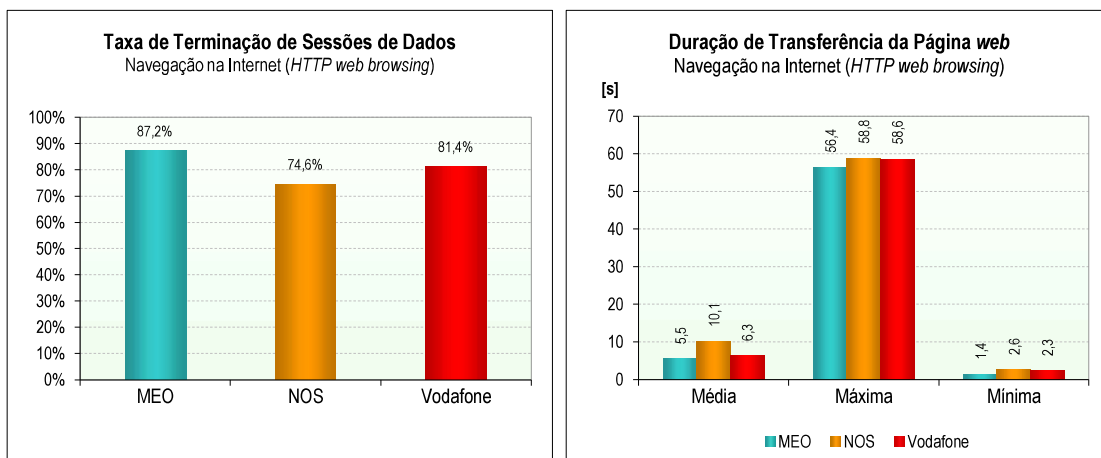


Figura 13 – Indicadores *Taxa de Terminação de Sessões de Dados* e *Duração de Transferência da Página web*, no Concelho de Odemira.

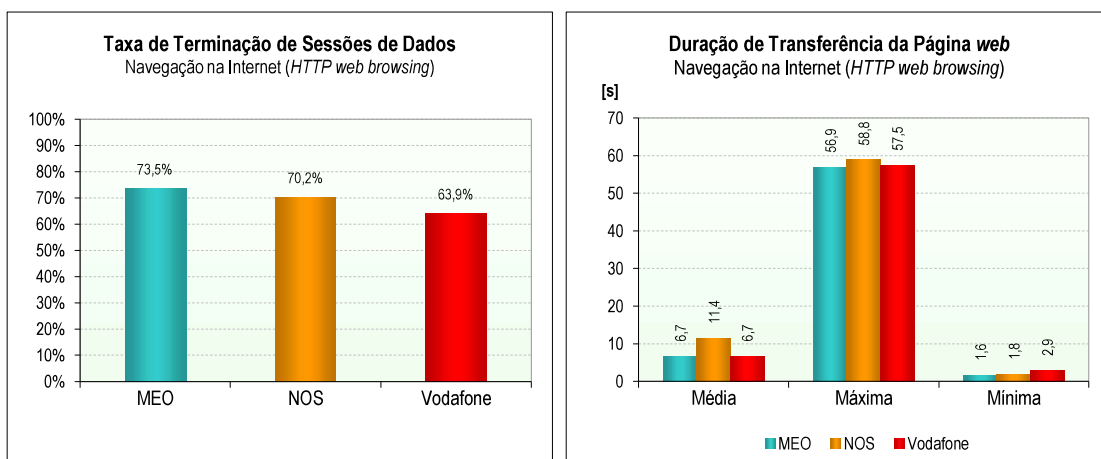


Figura 14 – Indicadores *Taxa de Terminação de Sessões de Dados* e *Duração de Transferência da Página web*, no Concelho de Vila Flor.

## Latência de Transmissão de Dados

Os sistemas de comunicações móveis apresentam fraca latência média, tanto no concelho de Odemira (*Figura 15*) como no de Vila Flor (*Figura 16*), em particular os sistemas dos operadores NOS e Vodafone. Os níveis de *Taxa de Terminação de Sessões* oscilam entre o aceitável, da MEO em Odemira, o fraco, da NOS e Vodafone em Odemira, e o mau, de todos os operadores em Vila Flor.

Em relação aos resultados registados no estudo realizado em Portugal continental, os desempenhos são inferiores já que, nestes concelhos, os sistemas de comunicações móveis apresentam latências médias 2,5 a 3,1 vezes superiores (*Tabela 9 e Tabela 10*).

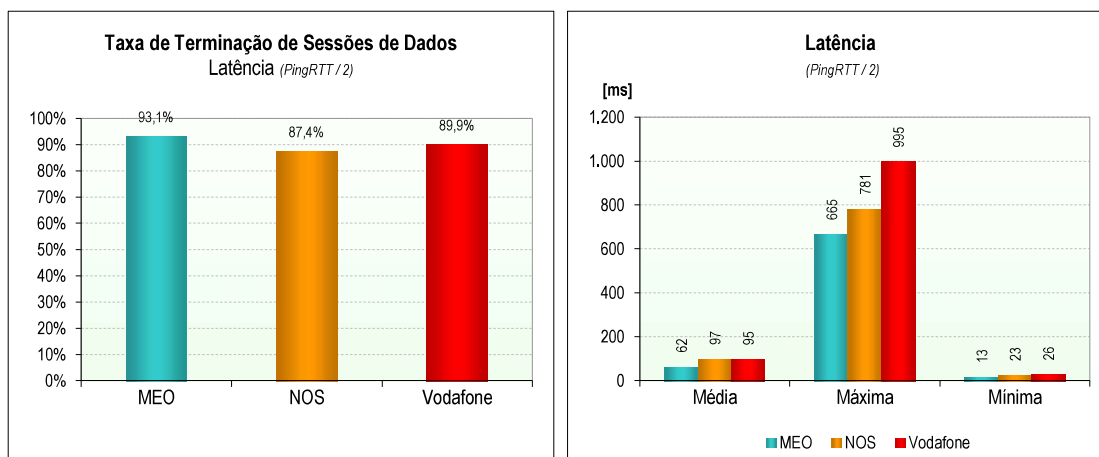


Figura 15 – Indicadores *Taxa de Terminação de Sessões de Dados* e *Latência*, no Concelho de Odemira.

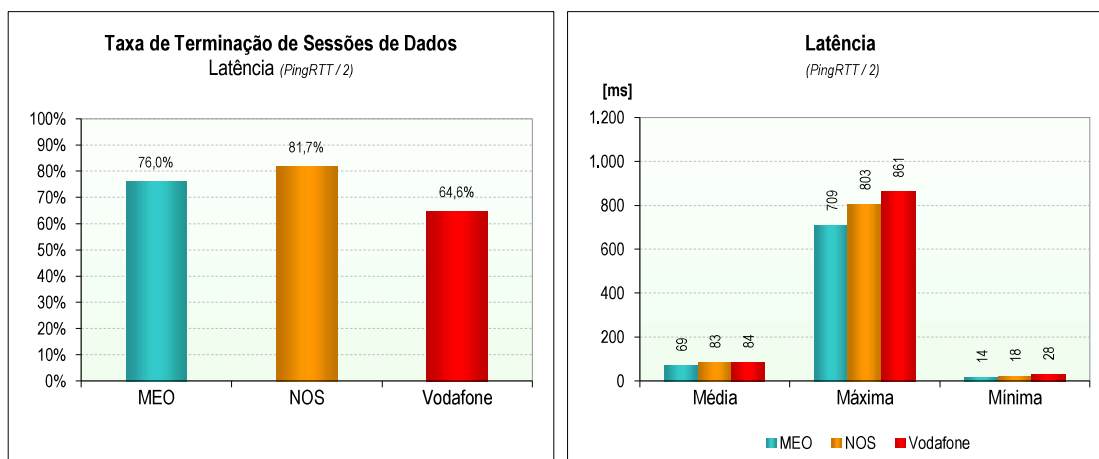


Figura 16 – Indicadores *Taxa de Terminação de Sessões de Dados* e *Latência*, no Concelho de Vila Flor.

Tabela 9 – *Latência de Transmissão de Dados (Ping RTT/2)*: Diferença entre os resultados observados no estudo realizado no Concelho de Odemira (set. 2014) e no estudo realizado nos principais aglomerados urbanos e eixos rodoviários de Portugal Continental (30 set.-3 dez. 2014).

|                                  |                               | MEO   | NOS   | Vodafone |
|----------------------------------|-------------------------------|-------|-------|----------|
| <b>Latência</b><br>(PingRTT / 2) | Taxa de Terminação de Sessões | -4,7% | -7,8% | -5,7%    |
|                                  | Latência Média [ms]           | 39    | 65    | 62       |

Tabela 10 – *Latência de Transmissão de Dados (Ping RTT/2)*: Diferença entre os resultados observados no estudo realizado no Concelho de Vila Flor (set. 2014) e no estudo realizado nos principais aglomerados urbanos e eixos rodoviários de Portugal Continental (30 set.-3 dez. 2014).

|                                  |                               | MEO    | NOS    | Vodafone |
|----------------------------------|-------------------------------|--------|--------|----------|
| <b>Latência</b><br>(PingRTT / 2) | Taxa de Terminação de Sessões | -21,8% | -13,5% | -31,0%   |
|                                  | Latência Média [ms]           | 46     | 51     | 50       |

## 1 AFERIÇÃO DA QUALIDADE DE SERVIÇO

### 1.1 OBJETIVO

Com este estudo pretende-se analisar, numa perspetiva de utilizador, a qualidade dos serviços de comunicações eletrónicas, que se suportam nas redes móveis GSM/UMTS/LTE portuguesas, através da realização de testes automáticos extremo-a-extremo nos principais aglomerados urbanos e eixos rodoviários dos Concelhos de Odemira e de Vila Flor.

### 1.2 QUALIDADE DE SERVIÇO NA PERSPETIVA DO UTILIZADOR

A *Qualidade de Serviço na Perspetiva do Utilizador* (QoE – *Quality of Experience*)<sup>1</sup> corresponde à perceção de qualidade sentida por um utilizador quando usa o serviço nas condições em que os testes são realizados. Indica o grau de satisfação desse utilizador em termos de, por exemplo, acessibilidade, retenção e integridade do serviço<sup>2</sup>.

Em contraposição, temos o *Desempenho da Rede ou Qualidade de Serviço*, definido como a capacidade de uma rede ou parte dela para fornecer um serviço com um determinado grau de qualidade. Engloba as funcionalidades, mecanismos e procedimentos, implementados pela rede celular e pelo equipamento terminal, que asseguram o fornecimento da qualidade de serviço negociada entre o equipamento terminal e a infraestrutura central da rede.

A *Qualidade de Serviço na Perspetiva do Utilizador* é normalmente expressa em termos de sensações humanas, do tipo, “Excelente”, “Boa”, “Aceitável”, “Pobre” e “Má”, enquanto o *Desempenho da Rede* é um conceito puramente técnico medido, expresso e entendido numa ótica de rede ou dos seus elementos, apresentando pouco significado para o utilizador.

---

<sup>1</sup> cf. ETSI TS 102 250-1 v2.2.1 (2011-04), <http://www.etsi.org/standards>

<sup>2</sup> Como se referiu já atrás, no capítulo “Enquadramento Geral”, isto não significa que traduza a perceção de um utilizador médio ou da maioria dos utilizadores nem que os resultados obtidos, seguindo esta abordagem, representem a qualidade sentida por um utilizador médio ou pela maioria dos utilizadores.

### 1.3 CENÁRIO GENÉRICO DE TESTE

Em qualquer estudo é impossível reproduzir exatamente a realidade que se pretende estudar, o que é ainda mais evidente quando essa realidade envolve sistemas complexos com interação humana.

Também nos estudos realizados pela ANACOM, face à taxa de penetração dos serviços móveis, à diversidade de equipamentos terminais utilizados e dos serviços prestados e à própria subjetividade inerente a cada utente, é impossível a reprodução rigorosa das condições de interação de cada consumidor com as redes. Por isso, a concretização destes estudos de avaliação da qualidade só é possível à custa de compromissos e aproximações, dentro de limites que permitem que os resultados obtidos possam ser encarados como indicadores fiáveis do comportamento global dos sistemas de comunicações móveis, nomeadamente no que toca à abrangência geográfica e níveis de sinal das redes radioelétricas de acesso, bem como à acessibilidade, integridade e retenção dos serviços.

Tendo em conta estes objetivos, o ideal seria que fossem efetuadas medições em todos os locais em que os serviços de comunicações eletrónicas estudados são ou poderiam ser disponibilizados; no limite, deveria ser considerada toda a área geográfica de Portugal, não esquecendo o interior dos edifícios e dos veículos de transporte de pessoas. Porém, é evidentemente impraticável a realização de testes em todos estes locais. Para contornar esta impossibilidade prática, é normalmente definida uma aproximação de compromisso, que se traduz na realização de testes em locais públicos e em movimento (vulgarmente designados por *drive-test*). Esta aproximação é utilizada pela ANACOM, por outros reguladores e pela generalidade dos operadores móveis, em todo o mundo.

Ideal seria também que se utilizassem todos os tipos de equipamentos terminais existentes no mercado, nas diferentes versões de sistemas operativos e aplicações de *software* existentes. Deveriam ainda ser objeto de estudo todos os serviços disponibilizados pelos operadores, considerando os diferentes perfis de utilização. Como facilmente se compreende, a realização de testes utilizando toda a panóplia de equipamentos terminais e aplicações de *software* a todos os serviços de comunicações eletrónicas, de acordo com os inúmeros perfis de utilização, torna-se impraticável. Assim, são normalmente analisados os principais serviços, garantindo-se que estes sejam disponibilizados, de forma homogénea, por todos os operadores presentes no mercado, de forma que permita analisar todas as tecnologias de que os operadores dispõem, e utilizados equipamentos terminais comerciais com características e parametrizações iguais. Todas estas opções, bem como a definição dos perfis de medida, têm por base especificações técnicas definidas por organizações internacionais de referência, como a ITU

(*International Telecommunications Union* – União Internacional de Telecomunicações) e o ETSI (*European Telecommunications Standards Institute* – Instituto Europeu de Normas de Telecomunicações), nomeadamente as seguintes: ETSI TS 102 250, ETSI TR 102 678, ETSI TR 102 505, ETSI EG 202 057 e ITU-T Recommendation P.863. Por outro lado, a forma como são testados os serviços segue uma metodologia que reflete, com a melhor aproximação possível, a realidade de um utilizador comum, na medida em que, entre outros aspetos, são utilizados equipamentos terminais e aplicações de *software* comerciais, são simuladas conversações (para avaliação da qualidade áudio do serviço de voz), são transferidos ficheiros e descarregadas páginas *web* (para avaliação dos serviços de dados) e verificada a presença e níveis de sinal das redes radioelétricas em diversos locais. Este tipo de abordagem é vulgarmente designado por *medições extremo-a-extremo na perspetiva do utilizador*.

O cenário genérico de teste adotado pela ANACOM nos seus estudos corresponde a um tipo de utilização dos serviços de comunicações que potencia o nível de sinal na receção no terminal móvel, ou seja, não são consideradas as perdas de sinal por penetração em ambientes interiores e são utilizados equipamentos terminais móveis com antenas exteriores. Esta situação, não sendo muito significativa quanto ao *Serviço de Voz*, tem impacto relevante na *Cobertura Radioelétrica* e nos *Serviços de Dados*, por conduzir a desempenhos mais elevados do que os que se obteriam em ambientes interiores.

O facto de terem sido utilizados servidores dedicados exclusivamente à realização destes testes, que, no contexto do estudo efetuado, não têm limitações de capacidade de processamento e armazenamento de informação, disponibilidade e largura de banda de acesso pode ter influído positivamente nos resultados da velocidade de transmissão de dados (em confronto com os que poderiam ser obtidos por um utilizador comum). Acresce que os servidores usados, que funcionam nos mesmos moldes dos servidores disponíveis na Internet, são identificados através dos respetivos endereços IP e não através dos seus FQDN (*Fully Qualified Domain Name*), evitando que possíveis problemas de resolução de DNS (*Domain Name System*) e estratégias de *caching*, utilizadas pelo sistema operativo, pudessem afetar negativamente as medições.

#### 1.4 SERVIÇOS ANALISADOS

Numa avaliação da QoS, na perspetiva do utilizador, devem ser considerados os serviços que, em cada tecnologia, apresentem maior relevância para os utilizadores finais e que sejam disponibilizados por todos os operadores.

Tendo presente este princípio orientador, e considerando a realidade atual, foram incluídos neste

estudo os seguintes serviços:

1. Serviços de Telefonia:
  - a. **Serviço de Voz;**
2. Serviços de Dados:
  - b. **Serviço de Transferência de Ficheiros** (*FTP upload/download*);
  - c. **Serviço de Navegação na Internet** (*HTTP web browsing*);
  - d. **Latência de Transmissão de Dados;**
3. Independentes dos Serviços:
  - e. **Disponibilidade das Redes Radioelétricas:** verificação da cobertura radioelétrica das redes GSM, UMTS e LTE;

## 2 METODOLOGIA

A metodologia assenta na realização de testes de campo, efetuados na perspetiva do utilizador com recurso a um sistema automático de medida, refletindo os vários aspetos que afetam a qualidade dos serviços (medições extremo-a-extremo). As medições são efetuadas em igualdade de condições para os três operadores: em simultâneo, nos mesmos locais e com as mesmas parametrizações, permitindo a análise comparativa dos desempenhos dos sistemas celulares dos operadores visados.

### 2.1 ASPETOS FUNDAMENTAIS

Na metodologia seguida neste estudo destacam-se três aspetos fundamentais:

1. **Medidas extremo-a-extremo** – nos valores medidos encontram-se refletidos todos os aspetos que influenciam a qualidade de um serviço;
2. **Imparcialidade** – as medições são efetuadas em igualdade de condições para os três operadores (MEO, NOS e Vodafone);
3. **Objetividade** – os testes são realizados de uma forma totalmente automática, eliminando-se a subjetividade inerente à intervenção ou decisão humana.

### 2.2 PRINCIPAIS INDICADORES DE QoS

Numa perspetiva de utilizador, a utilização dos serviços móveis apresenta as seguintes fases (diferentes aspetos 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 e/ou 4G);
- c. **Acesso ao Serviço** – Corresponde à disponibilização, por parte do operador móvel, do acesso a um serviço que o utilizador pretende usar (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* em voz);

- 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 aspetos, são analisados os principais Indicadores de Qualidade de Serviço.

## 2.2.1 INDEPENDENTES DO SERVIÇO

### 2.2.1.1 DISPONIBILIDADE DA REDE RADIOELÉTRICA (COBERTURA)

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

$$\text{Disponibilidade da Rede Radioelétrica [\%]} = \frac{\sum \text{Medições com os Serviços Móveis Disponíveis}}{\sum \text{Medições Realizadas}} \times 100$$

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, UMTS e LTE.

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

Tabela 11 – Níveis de Cobertura Radioelétrica

| Cobertura   | GSM                               | UMTS                                    | LTE                               |
|-------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|
| Boa         | RxLev $\geq$ -85 dBm              | CPICH RSCP $\geq$ -95 dBm               | RSRP $\geq$ -105 dBm              |
| Aceitável   | -95 dBm $\leq$ RxLev $<$ -85 dBm  | -105 dBm $\leq$ CPICH RSCP $<$ -95 dBm  | -115 dBm $\leq$ RSRP $<$ -105 dBm |
| Má          | -110 dBm $\leq$ RxLev $<$ -95 dBm | -115 dBm $\leq$ CPICH RSCP $<$ -105 dBm | -125 dBm $\leq$ RSRP $<$ -115 dBm |
| Inexistente | RxLev $<$ -110 dBm                | CPICH RSCP $<$ -115 dBm                 | RSRP $<$ -125 dBm                 |

## 2.2.2 SERVIÇO DE VOZ

### 2.2.2.1 ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO DE VOZ

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

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

$$Acessibilidade\ do\ Serviço\ [\%] = \frac{\sum Chamadas\ Estabelecidas\ com\ Sucesso}{\sum Tentativas\ de\ Estabelecimento\ de\ Chamadas} \times 100$$

### 2.2.2.2 TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS DE VOZ

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.

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

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

$t_{sinal\_chamar}$  – 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

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

$$Taxa\ de\ Terminação\ de\ Chamadas\ [\%] = \frac{\sum Chamadas\ com\ Terminação\ Normal}{\sum Chamadas\ Estabelecidas\ com\ Sucesso} \times 100$$

### 2.2.2.4 QUALIDADE ÁUDIO DE CHAMADA DE VOZ

Este indicador quantifica a percetibilidade da conversação durante uma chamada de voz. 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 POLQA<sup>3</sup>. O índice objetivo de qualidade áudio obtido através da aplicação deste algoritmo é próximo do que se obteria se a amostra  $Y(t)$  fosse submetida à apreciação subjetiva de um painel de utilizadores do serviço.

$$Qualidade \text{ Áudio de Chamada}_{lado A} [MOS_{LQO}] = f\{X_B(t) ; Y_A(t)\}$$

$$Qualidade \text{ Áudio de Chamada}_{lado B} [MOS_{LQO}] = f\{X_A(t) ; Y_B(t)\}$$

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

*MOS<sub>LQO</sub>* – escala de quantificação da qualidade áudio percebida (*Mean Opinion Score – Listening-only Quality Objective*).

*f* – função correspondente à aplicação de um algoritmo de cálculo e função de conversão dos resultados em valores MOS<sub>LQO</sub>.

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

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

Os resultados da aplicação do algoritmo são apresentados numa escala do tipo MOS (*Mean Opinion Score*) de 1 a 5 designada por MOS<sub>LQO</sub> (*Mean Opinion Score – Listening-only Quality Objective*), tal como indicado na *Tabela 12*. A escala MOS quantifica o esforço necessário para se perceber uma comunicação. Apresenta como limites os valores 0 (zero), quando não há comunicação, e 5 (cinco), quando a comunicação é perfeita. O valor “zero” nunca aparece nos resultados porque apenas são consideradas situações em que a ligação foi estabelecida e mantida durante um período pré-definido. O “cinco” também não ocorre nos resultados porque os *CoDec*<sup>4</sup>, utilizados pelas redes móveis, não possibilitam tão 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 12 - Escala MOS<sub>LQO</sub>

| MOS | Qualidade |
|-----|-----------|
| 5   | Excelente |
| 4   | Boa       |
| 3   | Aceitável |
| 2   | Pobre     |
| 1   | Má        |

<sup>3</sup> POLQA – *Perceptual Objective Listening Quality Assessment*. Recomendado pela ITU-International Telecommunications Union (ITU-T Recommendation P.863 (01/2011)).

<sup>4</sup> CoDec – Codificador/Descodificador.

Nas situações em que em cada sentido da mesma chamada sejam enviadas e recebidas várias amostras de áudio  $\{X_1(t), X_2(t), \dots, X_n(t); Y_1(t), Y_2(t), \dots, Y_n(t)\}$ , 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:

$$Qualidade \text{ Áudio de Chamada}_{lado A} [MOS_{LQO}] = \frac{\sum_{i=1}^n f\{X_{iB}(t); Y_{iA}(t)\}}{n}$$

$$Qualidade \text{ Áudio de Chamada}_{lado B} [MOS_{LQO}] = \frac{\sum_{i=1}^n f\{X_{iA}(t); Y_{iB}(t)\}}{n}$$

### 2.2.3 SERVIÇOS DE DADOS

#### 2.2.3.1 TAXA DE TERMINAÇÃO DE SESSÕES DE UTILIZAÇÃO DO SERVIÇO (FTP E HTTP WEB BROWSING)

Esta é a probabilidade de uma sessão de utilização do serviço (Transferência de Ficheiros – *FTP upload/download* – ou Navegação na Internet – *HTTP web browsing* –), ser estabelecida e decorrer com sucesso, ou seja, manter-se ativa durante a totalidade do período predefinido para transferência de ficheiros ou permitir a transferência da totalidade da página *web*.

$$Taxa \text{ de Terminação de Sessões de Utilização do Serviço } [\%] = \frac{\sum \text{Sessões Terminadas com Sucesso}}{\sum \text{Tentativas de Estabelecimento de Sessões}} \times 100$$

#### 2.2.3.2 VELOCIDADE DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS (FTP)

Este indicador quantifica a velocidade média de transferência de dados durante uma sessão de Transferência de Ficheiros (*FTP upload/download*).

No cálculo deste indicador, apenas são consideradas as sessões de utilização do serviço terminadas com sucesso (as que se mantiveram ativas durante a totalidade do período predefinido para transferência de ficheiros).

$$Velocidade \text{ de Transferência de Dados } [kbps] = \frac{\text{Dimensão da Informação Enviada ou Recebida } [kbit]}{\text{Tempo de Envio ou de Receção } [s]}$$

*Tempo de Envio ou de Receção* – intervalo de tempo que decorre entre o momento em que o equipamento de utilizador efetua o pedido de envio ou receção de informação até ao momento em que a totalidade da informação foi enviada ou recebida ou terminou o período predefinido para envio ou receção de informação. Não inclui o tempo necessário para estabelecer as sessões de dados (fases de registo na rede de comutação de pacotes, de ativação do contexto PDP (para GSM/UMTS) ou *Dedicated EPS Bearer Setup* (para LTE) e, no caso do serviço de transferência de ficheiros (*FTP upload/download*), a fase de autenticação no servidor remoto).

### 2.2.3.3 DURAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DA PÁGINA WEB (*HTTP WEB BROWSING*)

Este indicador quantifica o tempo médio necessário para a transferência da página *web* de referência.

No cálculo deste indicador, apenas são consideradas as sessões de utilização do serviço terminadas com sucesso (as que permitiram a transferência da totalidade da página *web*).

$$\text{Duração de Transferência da Página web [s]} = t_{\text{fim\_receção}} - t_{\text{pedido\_página\_web}}$$

$t_{\text{pedido\_página\_web}}$  – momento em que o equipamento de utilizador efetua o pedido de receção da página *web*.

$t_{\text{fim\_receção}}$  – momento em que a totalidade da página *web* é recebida pelo equipamento de utilizador.

### 2.2.3.4 LATÊNCIA DE TRANSMISSÃO DE DADOS

Este indicador quantifica o tempo necessário para que um pacote de informação viaje desde o equipamento de utilizador até ao Servidor de Conteúdos (Servidor HTTP ou FTP) ou *vice-versa*. Este atraso corresponde a metade do *Round Trip Time* (RTT) obtido pela ferramenta *Ping* (*ICMP echo*).

$$\text{Latência de Transmissão de Dados [ms]} = \frac{\text{Ping}_{RTT}[\text{ms}]}{2}$$

## 2.3 PERFIS DE MEDIDA

Os perfis de medida<sup>5</sup> definem um conjunto de condições que devem ser acauteladas para a correta 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.

<sup>5</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 V2.4.1 (2013-06)), ETSI TR 102 678 (ETSI TR 102 678 V1.2.1 (2011-05)), ETSI TR 102 505 (ETSI TR 102 505 V1.3.1 (2012-11)) 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 V1.2.1 (2008-07)).

### 2.3.1 ASPETOS 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).

As medidas são realizadas em movimento, utilizando viaturas automóveis com antenas exteriores, e com seleção automática das infraestruturas GSM, UMTS ou LTE. Todos os parâmetros recolhidos são georreferenciados, permitindo a sua posterior representação em cartografia digital.

### 2.3.2 COBERTURA RADIOELÉTRICA

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

As medições são efetuadas com um equipamento adequado e dedicado exclusivamente a esta tarefa – um *Scanner de RF* – para que os valores medidos correspondam aos níveis efetivos de sinal. O equipamento de medida dispõe de capacidade para recolher amostras de sinal de todos os canais radioelétricos GSM, UMTS e LTE utilizados pelos operadores em análise. Posteriormente, essas amostras são analisadas e apenas consideradas aquelas que apresentem os melhores valores de nível de sinal, em cada ponto e para cada tecnologia e operador.

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

### 2.3.3 SERVIÇO DE VOZ

A análise do serviço de voz, num determinado local, inclui as capacidades de estabelecimento e terminação de chamadas, bem como a integridade da comunicação. Este serviço é avaliado extremo-a-extremo, utilizando-se a “chamada” como unidade base de teste.

As chamadas de teste são estabelecidas entre equipamentos terminais móveis e fixos. O equipamento terminal móvel (*MS – Mobile Station* ou *UE – User Equipment*) desloca-se no trajeto/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 minimizar o impacto deste extremo nos indicadores de desempenho dos serviços em análise, por isso são utilizados terminais de rede fixa (RDIS). As chamadas originadas neste extremo, no terminal RDIS, 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.

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 s
- ▶ Janela temporal para realização de uma chamada de teste: 180 s
- ▶ Tempo máximo para estabelecimento de uma chamada: 20 s

#### 2.3.4 SERVIÇOS DE DADOS

A unidade base de teste é a sessão de dados, que inclui a seguinte sequência de testes:

1. Verificação da latência de transmissão de dados (sequência de 10 *Ping*);
2. Navegação na Internet (*HTTP web browsing*);
3. Transferência de ficheiro (*FTP download*);
4. Transferência de ficheiro (*FTP upload*);

As sessões de dados são estabelecidas entre equipamentos de utilizador (Cartas de dados + USIM +

Computadores) e Servidores de Teste, em modo de comutação de pacotes, sendo sempre iniciadas pelos equipamentos de utilizador (*MO—Mobile Originated*).

Os *Servidores de Teste* encontram-se alojados num *datacenter* na FCT (Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P.) e são dedicados exclusivamente à realização destes testes, não apresentando limitações de capacidade de processamento e armazenamento de informação, disponibilidade e largura de banda de acesso. Estes servidores funcionam nos mesmos moldes dos servidores disponíveis na Internet, porém são identificados através dos respetivos endereços IP e não através dos seus FQDN (*Fully Qualified Domain Name*) para evitar que possíveis problemas de resolução de DNS (*Domain Name System*) e estratégias de *caching*, utilizadas pelo sistema operativo, possam afetar as medições.

Nos testes são utilizados conteúdos estáveis, ou seja, páginas *web* e ficheiros que não apresentam variações quantitativas e qualitativas. A página *web* de referência é constituída por uma mistura de texto e imagens e não inclui conteúdos dinâmicos. Os ficheiros de teste são do tipo binário, constituídos por sequências aleatórias de *bits*, pelo que não são passíveis de compressão.

Os testes de Transferência de Ficheiros (*FTP upload/download*) são realizados de acordo com o conceito de *tempo fixo de transferência de dados*, ou seja, é realizada a transferência de dados durante um período de tempo predefinido em vez da transferência integral de ficheiros de dimensão fixa.

Os processos de *login* e autenticação nos servidores FTP não são considerados parte nos testes aos serviços. São assegurados os privilégios adequados de acesso a esses servidores e também que os ficheiros se encontram disponíveis, nos respetivos servidores, antes de se iniciar um teste de *download* (*FTP download*).

Os testes de Latência de Transmissão de Dados são realizados com recurso à ferramenta *ping*, por se tratar de uma ferramenta de utilização generalizada. Esta ferramenta permite a configuração de alguns parâmetros de teste; no entanto, na sua maioria, são usados os valores por omissão já que são estes os usados pela generalidade dos utilizadores desta ferramenta.

A sensibilidade dos utilizadores em relação à latência está diretamente relacionada com o tipo de serviço. Por outro lado, a prestação do serviço pode também influenciar a latência. Assim, na impossibilidade de se efetuarem testes de latência com todos os cenários possíveis foi usada uma metodologia genérica e independente de qualquer serviço consistindo numa sequência de 11 *ping*. No entanto, apenas foram considerados, no cálculo do indicador Latência de Transmissão de Dados, os últimos 10 *ping* permitindo,

assim, obter resultados fiáveis e facilmente verificáveis pelos próprios utilizadores dos serviços.

Após um ciclo de teste, ou mesmo nas situações em que houve uma terminação abrupta do ciclo, todas as ligações aos servidores de teste são encerradas, é apagada a memória *cache* do *browser*, no caso de testes de *HTTP web browsing*, e é efetuada uma pausa antes de se iniciar o ciclo de testes seguinte.

Tal como os servidores, o sistema de teste não apresenta limitações de espaço de armazenamento e os seguintes elementos são homogéneos nos diferentes testes aos vários operadores, para possibilitar a comparabilidade dos resultados:

- Sistema operativo (tipo e versão) e respetiva configuração;
- Dimensão da MTU (*Maximum Transmission Unit*);
- Localização do Servidor de Testes;
- Tipo e versão do *browser* utilizado, bem como a respetiva configuração (testes *HTTP Web browsing*);
- Dimensão e tipo de páginas *web* e ficheiros utilizados nos testes;
- Tipo de *FTP client* utilizado (testes FTP);
- Protocolo utilizado – TCP/IP (testes FTP);
- Modo de transferência de dados utilizado – ativo ou passivo (testes FTP).

Tendo em conta as considerações anteriormente apresentadas foram definidos parâmetros gerais e específicos para cada tipo de serviço que permitem a exequibilidade dos testes e a comparabilidade dos resultados. Os parâmetros gerais de teste são os seguintes:

- ▶ Pausa entre sessões de dados: 70 s
- ▶ Pausa entre testes na mesma sessão de dados: 3 s

Os parâmetros específicos para cada tipo de serviço de dados são apresentados nas secções seguintes.

#### 2.3.4.1 SERVIÇO DE TRANSFERÊNCIA DE FICHEIROS (*FTP*)

Os parâmetros específicos para análise do serviço de transferência de ficheiros (*FTP upload/download*) são os seguintes:

- ▶ Período de transferência de dados: 30 s
- ▶ Modo de transferência de dados: passivo

#### 2.3.4.2 NAVEGAÇÃO NA INTERNET (*HTTP WEB BROWSING*)

Os parâmetros para análise do serviço de navegação na Internet (*HTTP web browsing*) são os seguintes:

- ▶ Página *web* de referência utilizada: *Kepler*<sup>6</sup>
- ▶ Dimensão da página *web*: 815.804 Bytes
- ▶ Tempo máximo para transferência da página *web*: 60 s

#### 2.3.4.3 LATÊNCIA DE TRANSMISSÃO DE DADOS

Para verificação da latência de transmissão de dados é utilizada a ferramenta *ping* (*ICMP echo*) com os seguintes parâmetros:

- ▶ Dimensão do pacote de dados: 256 Bytes
- ▶ Número de pedidos: 10
- ▶ Intervalo entre pedidos: 1 s
- ▶ *ICMP echo timeout*: 5 s

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

A ANACOM utiliza nos seus estudos os sistemas *Diversity/NetQual*, da *SwissQual* ([www.swissqual.com](http://www.swissqual.com)). A *SwissQual* é uma empresa do grupo *Rohde & Schwarz*, com qualidade reconhecida em sistemas de avaliação da qualidade de redes e serviços móveis. Estes sistemas são entregues à ANACOM com todas as certificações relevantes<sup>7</sup>.

Os sistemas *Diversity/NetQual* são constituídos por um conjunto de ferramentas desenhadas especificamente para análise e *benchmarking* de sistemas de comunicações móveis:

- a. ***Diversity Benchmark*** – Unidade Móvel, com *scanners de RF* e equipamentos terminais móveis comerciais (no estudo realizado foram utilizados terminais *Nokia C7* e *Huawei E392*);
- b. ***Land Unit*** – Unidade Fixa, com cartas de interface *RDIS*, utilizada para testes de voz;

<sup>6</sup> Página web de referência desenvolvida e recomendada pelo ETSI (ETSI TR 102 505 V1.3.1 (2012-11))

<sup>7</sup> As certificações relativas aos terminais móveis usados podem ser consultadas em:

[http://nds1.webapps.microsoft.com/files/support/apac/phones/guides/Nokia\\_C7-00\\_Nokia\\_Belle\\_UG\\_en.pdf](http://nds1.webapps.microsoft.com/files/support/apac/phones/guides/Nokia_C7-00_Nokia_Belle_UG_en.pdf) ;  
<http://download-c.huawei.com/download/downloadCenter?downloadId=13732&version=14778&siteCode=worldwide> ;  
<http://download-c.huawei.com/download/downloadCenter?downloadId=25005&file=doc> ;  
<http://download-c.huawei.com/download/downloadCenter?downloadId=24698&file=doc> .

- c. **Media Server** – Unidade Fixa, servidor na Internet para testes de dados (alojado num *datacenter* da FCT);
- d. **NQDI** – Sistema de pós-processamento, análise e reporte das medições realizadas.

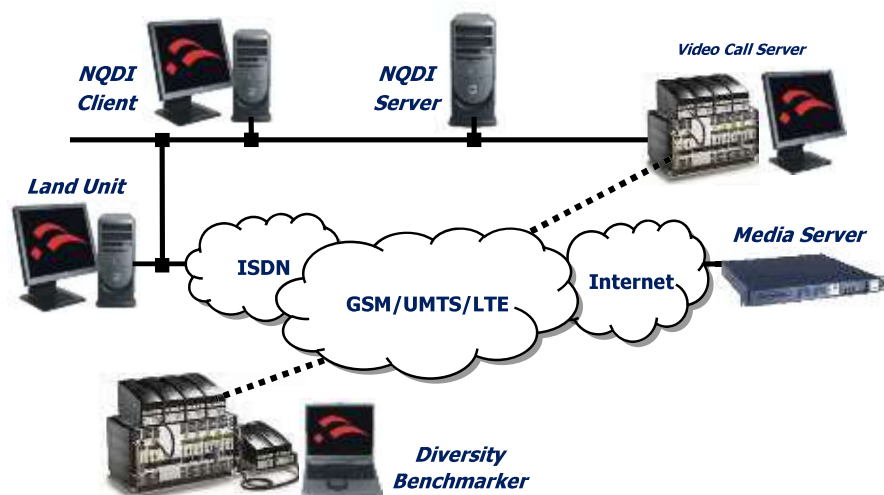


Figura 17 – Arquitetura do sistema *Diversity/NetQual*

### 3 AMOSTRA DO ESTUDO

Para uma adequada avaliação da qualidade global dos serviços de voz e dados, bem como a cobertura radioelétrica das redes GSM, UMTS e LTE, disponibilizados pelos operadores MEO, NOS e Vodafone, foi escolhida uma amostra representativa da utilização destes serviços nos principais aglomerados urbanos e eixos rodoviários dos Concelhos de Odemira e de Vila Flor.

#### 3.1 LOCAIS ANALISADOS

Tabela 13 – Localidades e respetiva população.

| Unidade Territorial        | População Residente | População Presente |
|----------------------------|---------------------|--------------------|
| Colos                      | 1.005               | 977                |
| Relíquias                  | 931                 | 1.065              |
| Sabóia                     | 1.152               | 1.153              |
| Santa Clara-a-Velha        | 602                 | 599                |
| Odemira (Santa Maria)      | 1.301               | 1.318              |
| São Luís                   | 1.989               | 1.936              |
| São Martinho das Amoreiras | 1.006               | 989                |
| Odemira (São Salvador)     | 1.818               | 1.735              |
| São Teotónio               | 5.527               | 5.449              |
| Vale de Santiago           | 554                 | 525                |
| Vila Nova de Milfontes     | 5.031               | 4.947              |
| Pereiras-Gare              | 271                 | 266                |
| Bicos                      | 549                 | 529                |
| Zambujeira do Mar          | 912                 | 907                |
| Luzianes-Gare              | 429                 | 408                |
| Boavista dos Pinheiros     | 1.633               | 1.592              |
| Longueira/Almograve        | 1.356               | 1.321              |
| <b>Concelho de Odemira</b> | <b>26.066</b>       | <b>25.716</b>      |

| Unidade Territorial          | População Residente | População Presente |
|------------------------------|---------------------|--------------------|
| Assares                      | 141                 | 128                |
| Benlhevai                    | 234                 | 214                |
| Candoso                      | 158                 | 146                |
| Carvalho de Egas             | 114                 | 109                |
| Freixiel                     | 640                 | 617                |
| Lodões                       | 100                 | 96                 |
| Mourão                       | 104                 | 101                |
| Nabo                         | 144                 | 140                |
| Roios                        | 150                 | 141                |
| Samões                       | 338                 | 330                |
| Sampaio                      | 159                 | 152                |
| Santa Comba de Vilarça       | 407                 | 384                |
| Seixo de Manhoses            | 469                 | 467                |
| Trindade                     | 162                 | 116                |
| Vale Frechoso                | 189                 | 181                |
| Valtorno                     | 260                 | 272                |
| Vila Flor                    | 2.269               | 2.252              |
| Vilarinho das Azenhas        | 109                 | 104                |
| Vilas Boas                   | 550                 | 535                |
| <b>Concelho de Vila Flor</b> | <b>6.697</b>        | <b>6.485</b>       |

Fonte: INE - Instituto Nacional de Estatística (Censos 2011)

Pretendendo-se com este estudo aferir a qualidade dos serviços disponibilizados pelas redes móveis, tal como esta é sentida pelos consumidores, o ideal seria que fossem efetuadas medições em todos os

locais em que este tipo de telecomunicações são ou poderiam ser disponibilizadas; no limite deveria ser considerada toda a área geográfica dos Concelhos de Odemira e de Vila Flor, não esquecendo o interior dos edifícios. Como é óbvio, a realização de testes em todos estes locais torna-se impraticável.

Todavia, o objetivo não é a realização exaustiva de medidas, mas sim a escolha de uma amostra adequada que sirva de indicador do comportamento global das redes móveis. Nesse sentido, os locais escolhidos devem ser aqueles em que os serviços são mais utilizados, ou seja, nos maiores aglomerados urbanos e principais eixos rodoviários.

Assim, foram realizadas medições nos principais aglomerados urbanos, incluindo todas as sedes de freguesia, e principais eixos rodoviários dos Concelhos de Odemira e de Vila Flor.

### 3.2 DIMENSÃO DA AMOSTRA

Tabela 14 – Amostra, para os três operadores estudados

|           | Horas em Medições | Quilómetros em Medições | Chamadas de Voz | Sessões de Dados | Medições de Cobertura Radioelétrica |         |         |
|-----------|-------------------|-------------------------|-----------------|------------------|-------------------------------------|---------|---------|
|           |                   |                         |                 |                  | GSM                                 | UMTS    | LTE     |
| Odemira   | 28:42             | 1.339                   | 1.684           | 6.554            | 305.298                             | 309.565 | 309.607 |
| Vila Flor | 25:12             | 903                     | 1.485           | 6.254            | 268.380                             | 272.174 | 271.828 |
| Total     | 53:54             | 2.242                   | 3.169           | 12.808           | 573.678                             | 581.739 | 581.435 |

### 3.3 CONDIÇÕES DE RECOLHA DE DADOS

Os trabalhos de campo decorreram nos períodos normais de trabalho de dias úteis, de 15 a 25 de setembro de 2014.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 CONCELHO DE ODEMIRA

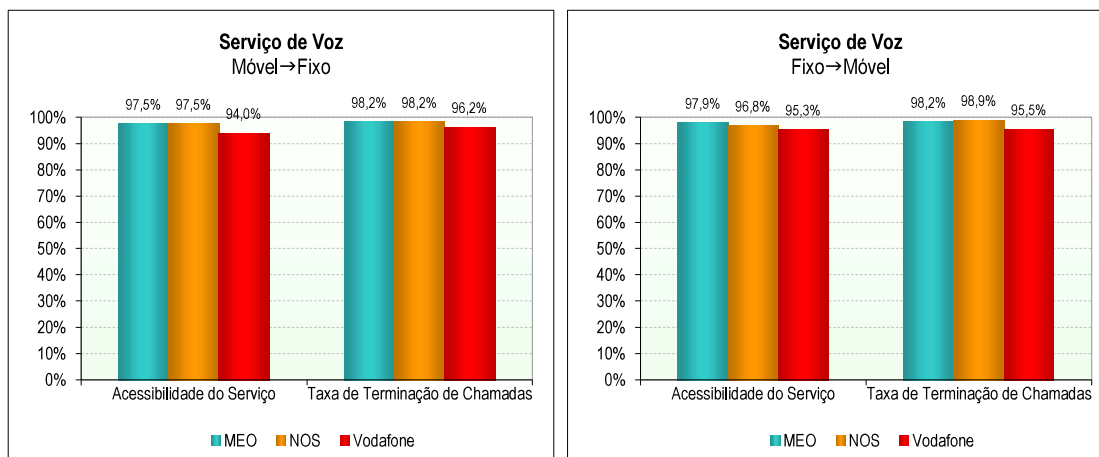
**Medições realizadas em:**

- 15 de setembro de 2014, entre as 15h00 e as 21h30;
- 17 de setembro de 2014, entre as 09h00 e as 18h30;
- 16 de setembro de 2014, entre as 09h00 e as 19h00;
- 18 de setembro de 2014, entre as 09h30 e as 19h30.

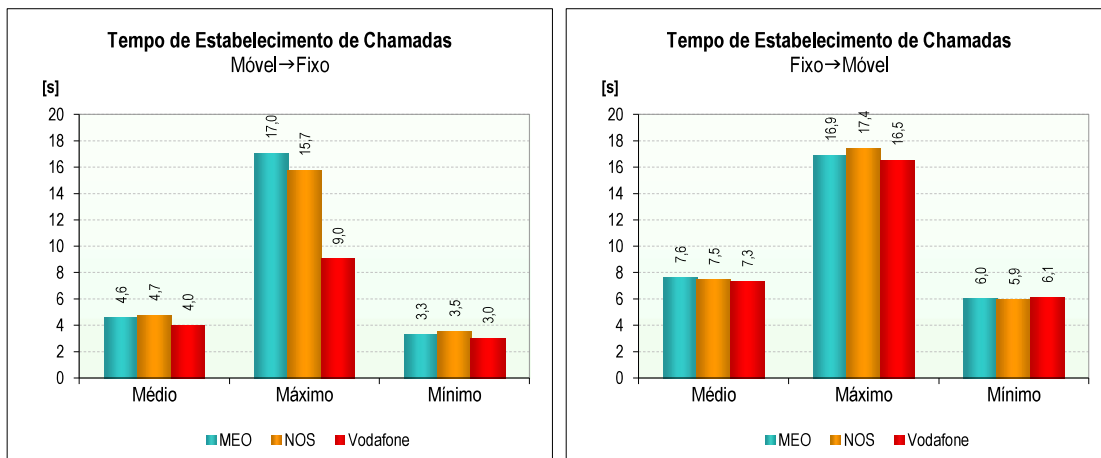
#### 4.1.1 SERVIÇO DE VOZ

|                              |                                | MEO        |            | NOS        |            | Vodafone   |            |
|------------------------------|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                              |                                | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel |
| Chamadas Realizadas          | Número de Chamadas             | 283        | 282        | 280        | 281        | 281        | 277        |
|                              | Falhadas no Estabelecimento    | 7          | 6          | 7          | 9          | 17         | 13         |
|                              | Falhadas Durante a Chamada     | 5          | 5          | 5          | 3          | 10         | 12         |
|                              | Com Terminação Normal          | 271        | 271        | 268        | 269        | 254        | 252        |
|                              | Acessibilidade do Serviço      | 97,5%      | 97,9%      | 97,5%      | 96,8%      | 94,0%      | 95,3%      |
|                              | Taxa de Terminação de Chamadas | 98,2%      | 98,2%      | 98,2%      | 98,9%      | 96,2%      | 95,5%      |
| Estabelecimento das Chamadas | Número de Amostras (Chamadas)  | 276        | 276        | 273        | 272        | 264        | 264        |
|                              | Tempo Médio [s]                | 4,6        | 7,6        | 4,7        | 7,5        | 4,0        | 7,3        |
|                              | Tempo Máximo [s]               | 17,0       | 16,9       | 15,7       | 17,4       | 9,0        | 16,5       |
|                              | Tempo Mínimo [s]               | 3,3        | 6,0        | 3,5        | 5,9        | 3,0        | 6,1        |
|                              | Desvio Padrão [s]              | 1,5        | 1,9        | 1,4        | 1,6        | 0,7        | 1,5        |
| Qualidade Áudio              | Número de Amostras (Chamadas)  | 542        | 542        | 537        | 537        | 506        | 506        |
|                              | Média [MOS]                    | 3,77       | 3,82       | 3,77       | 3,93       | 3,70       | 3,81       |
|                              | Máxima [MOS]                   | 3,99       | 4,17       | 3,99       | 4,19       | 4,01       | 4,18       |
|                              | Mínima [MOS]                   | 1,00       | 1,00       | 2,99       | 2,41       | 1,97       | 2,09       |
|                              | Desvio Padrão [MOS]            | 0,29       | 0,38       | 0,14       | 0,23       | 0,31       | 0,39       |

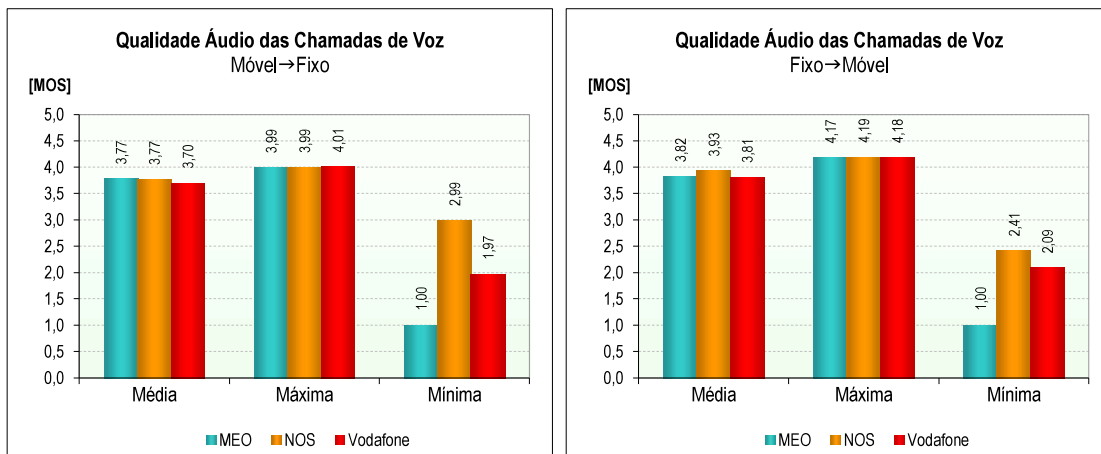
##### 4.1.1.1 INDICADORES ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS



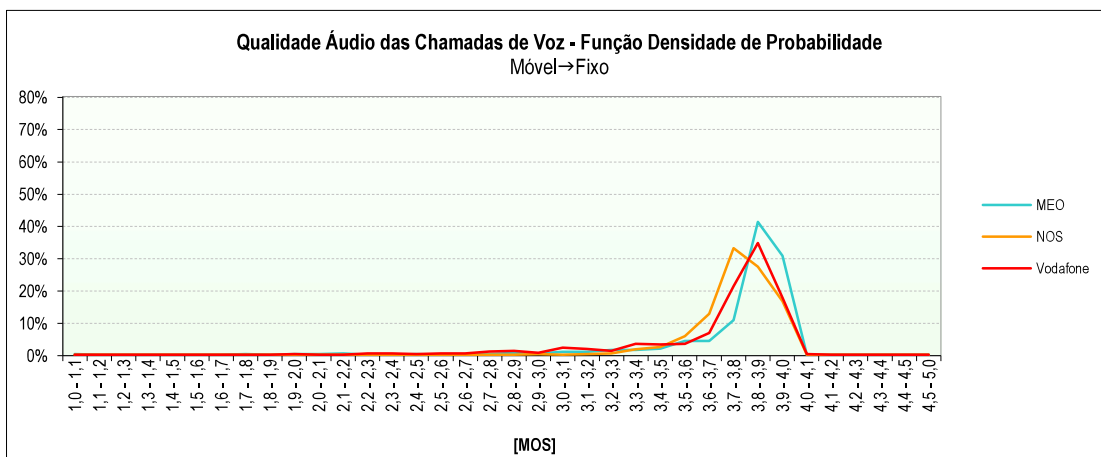
#### 4.1.1.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*

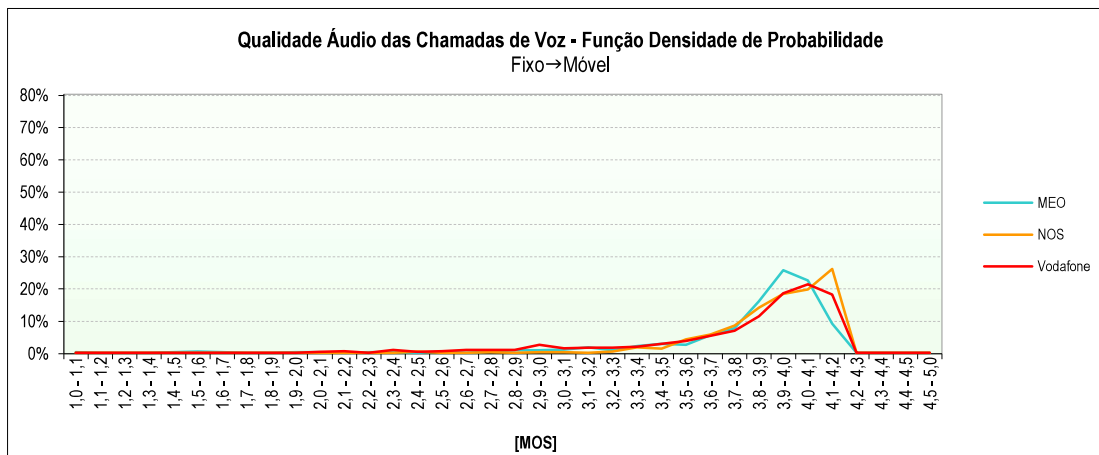


#### 4.1.1.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*



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

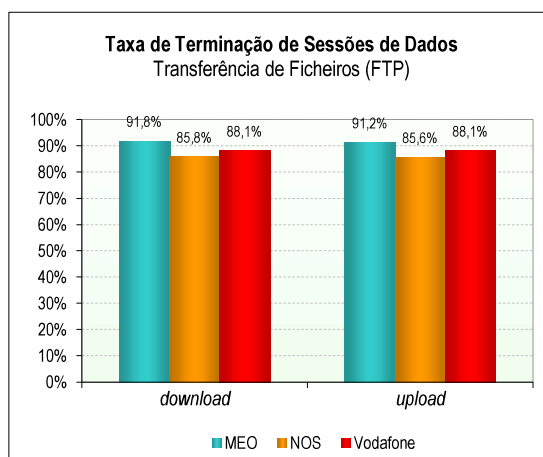




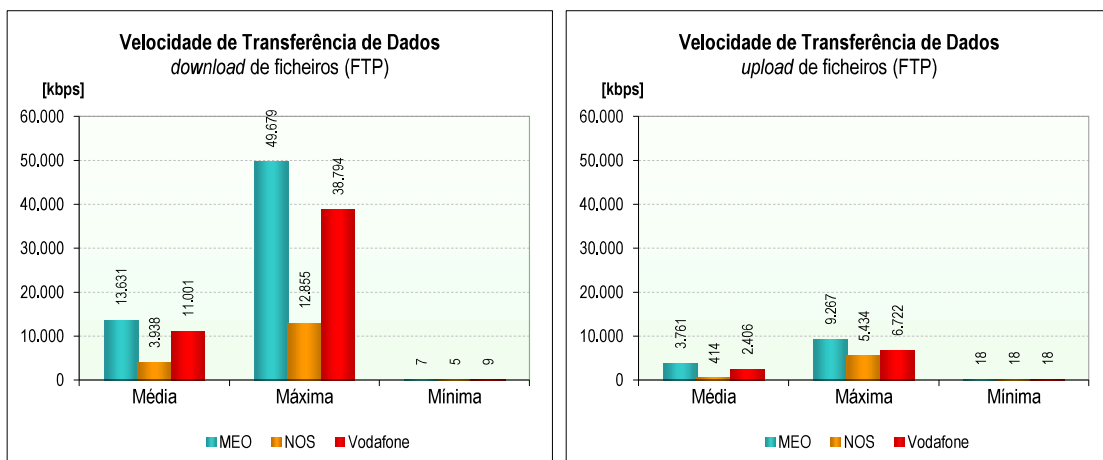
#### 4.1.2 TRANSFERÊNCIA DE FICHEIROS (FTP)

|                                  |                               | MEO      |        | NOS      |        | Vodafone |        |
|----------------------------------|-------------------------------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
|                                  |                               | download | upload | download | upload | download | upload |
| Transferência de Ficheiros (FTP) | Sessões Realizadas            | 548      | 548    | 541      | 541    | 547      | 547    |
|                                  | Sessões com Sucesso           | 503      | 500    | 464      | 463    | 482      | 482    |
|                                  | Sessões Falhadas              | 45       | 48     | 77       | 78     | 65       | 65     |
|                                  | Taxa de Terminação de Sessões | 91,8%    | 91,2%  | 85,8%    | 85,6%  | 88,1%    | 88,1%  |
|                                  | Velocidade Média [kbps]       | 13.631   | 3.761  | 3.938    | 414    | 11.001   | 2.406  |
|                                  | Velocidade Máxima [kbps]      | 49.679   | 9.267  | 12.855   | 5.434  | 38.794   | 6.722  |
|                                  | Velocidade Mínima [kbps]      | 7        | 18     | 5        | 18     | 9        | 18     |
|                                  | Desvio Padrão [kbps]          | 11.708   | 3.308  | 3.332    | 537    | 10.129   | 2.272  |

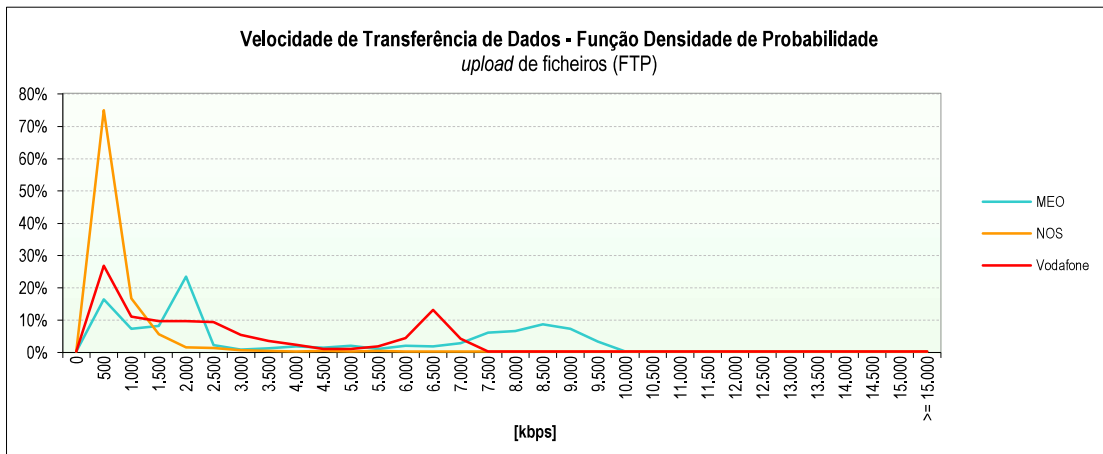
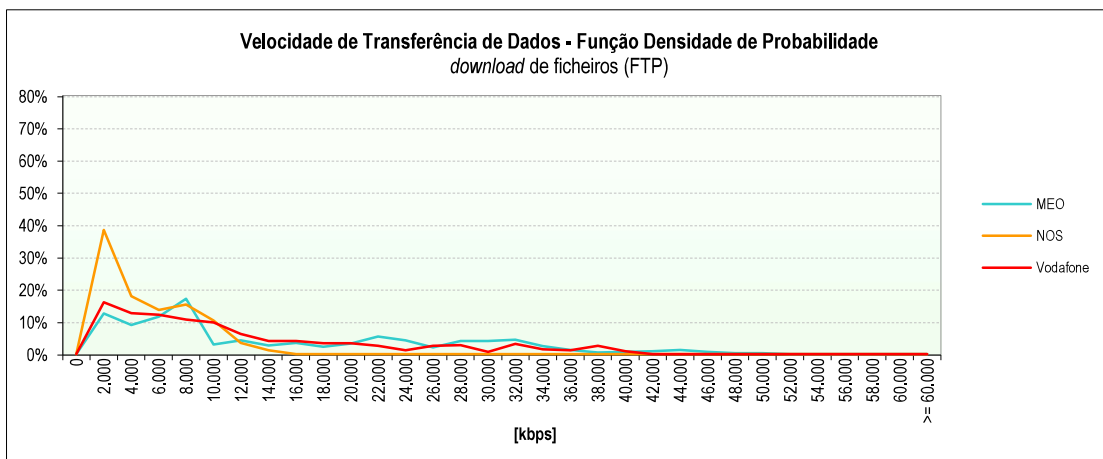
##### 4.1.2.1 INDICADOR TAXA DE TERMINAÇÃO DE SESSÕES DE DADOS



#### 4.1.2.2 INDICADOR VELOCIDADE DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS



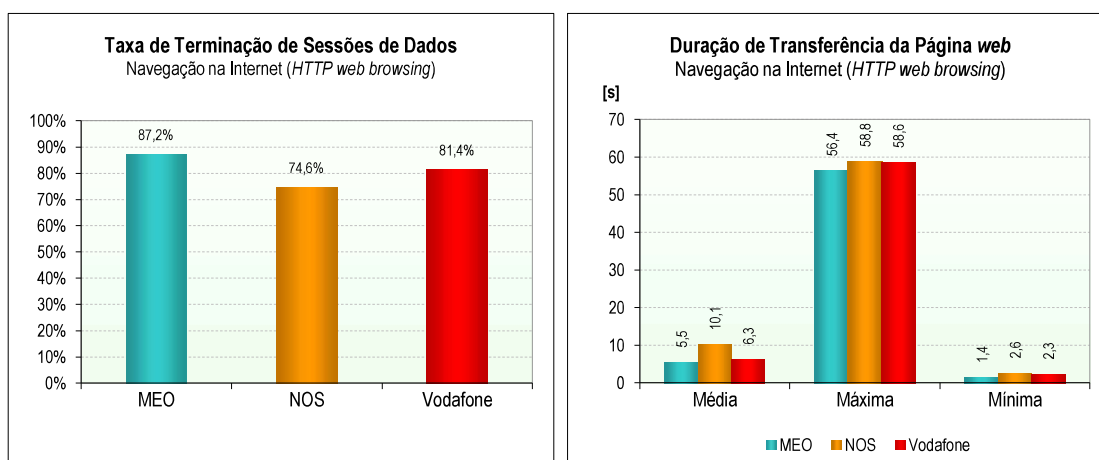
#### 4.1.2.3 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR VELOCIDADE DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS



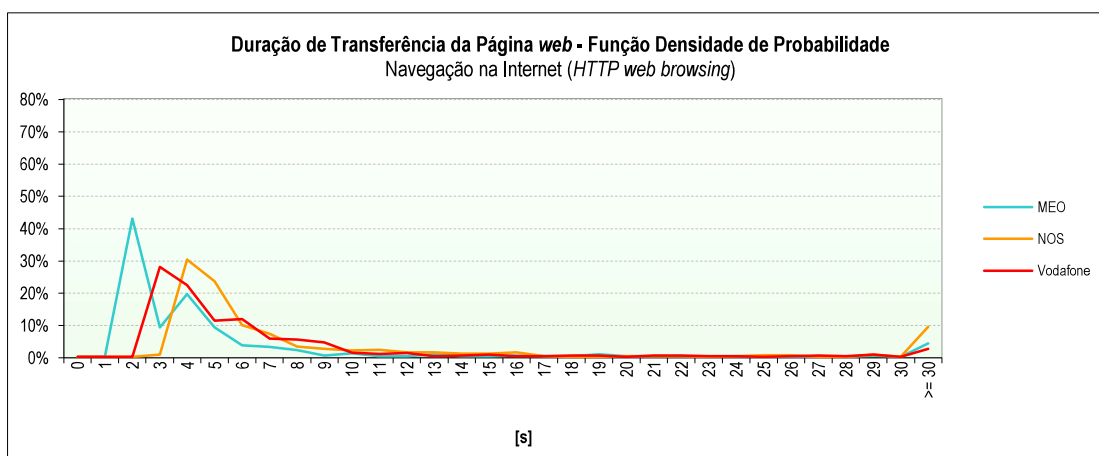
#### 4.1.3 NAVEGAÇÃO NA INTERNET (HTTP WEB BROWSING)

|                                              |                               | MEO      | NOS      | Vodafone |
|----------------------------------------------|-------------------------------|----------|----------|----------|
|                                              |                               | download | download | download |
| Navegação na Internet<br>(HTTP web browsing) | Sessões Realizadas            | 549      | 543      | 547      |
|                                              | Sessões com Sucesso           | 479      | 405      | 445      |
|                                              | Sessões Falhadas              | 70       | 138      | 102      |
|                                              | Taxa de Terminação de Sessões | 87,2%    | 74,6%    | 81,4%    |
|                                              | Duração Média [s]             | 5,5      | 10,1     | 6,3      |
|                                              | Duração Máxima [s]            | 56,4     | 58,8     | 58,6     |
|                                              | Duração Mínima [s]            | 1,4      | 2,6      | 2,3      |
|                                              | Desvio Padrão [s]             | 9,0      | 13,0     | 7,1      |

##### 4.1.3.1 INDICADORES TAXA DE TERMINAÇÃO DE SESSÕES DE DADOS E DURAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DA PÁGINA WEB



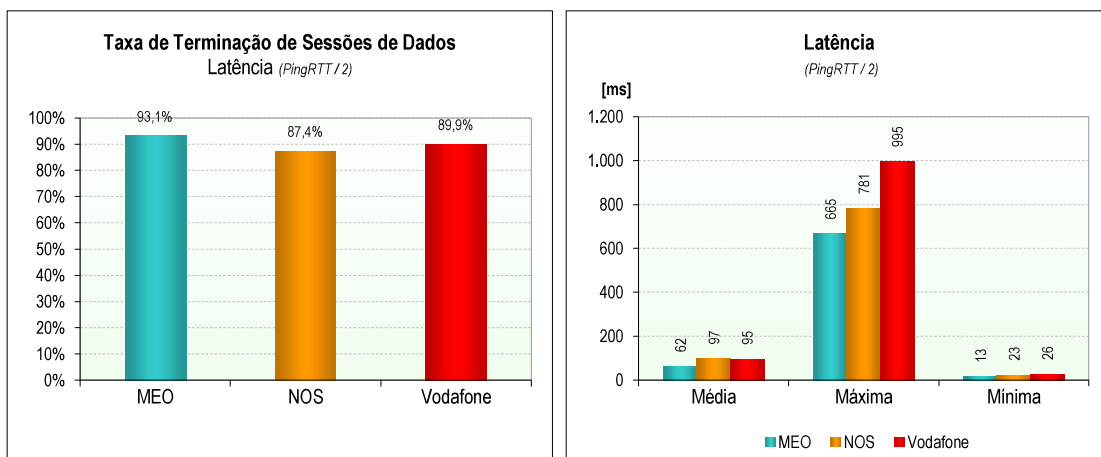
##### 4.1.3.2 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR DURAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DA PÁGINA WEB



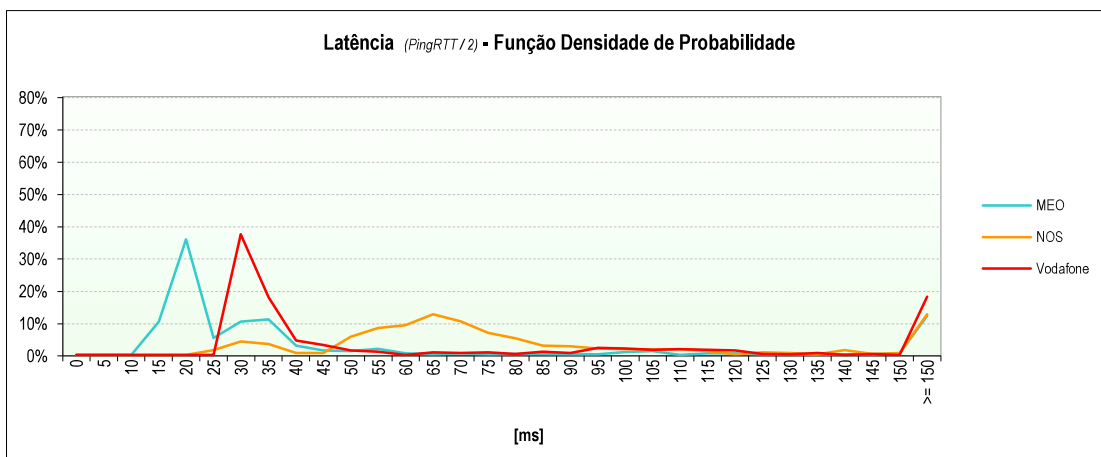
#### 4.1.4 LATÊNCIA DE TRANSMISSÃO DE DADOS

|                                      |                               | MEO   | NOS   | Vodafone |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------|-------|----------|
| Latência<br>( $\text{PingRTT} / 2$ ) | Sessões Realizadas            | 549   | 547   | 547      |
|                                      | Sessões com Sucesso           | 511   | 478   | 492      |
|                                      | Sessões Falhadas              | 38    | 69    | 55       |
|                                      | Taxa de Terminação de Sessões | 93,1% | 87,4% | 89,9%    |
|                                      | Média [ms]                    | 62    | 97    | 95       |
|                                      | Máxima [ms]                   | 665   | 781   | 995      |
|                                      | Minima [ms]                   | 13    | 23    | 26       |
|                                      | Desvio Padrão [ms]            | 99    | 95    | 132      |

##### 4.1.4.1 INDICADORES TAXA DE TERMINAÇÃO DE SESSÕES DE DADOS E LATÊNCIA



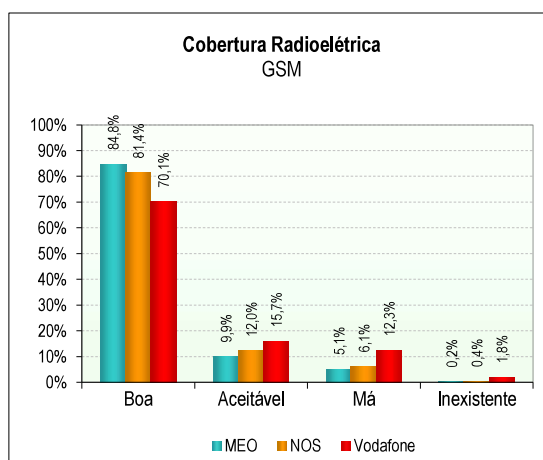
##### 4.1.4.2 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR LATÊNCIA



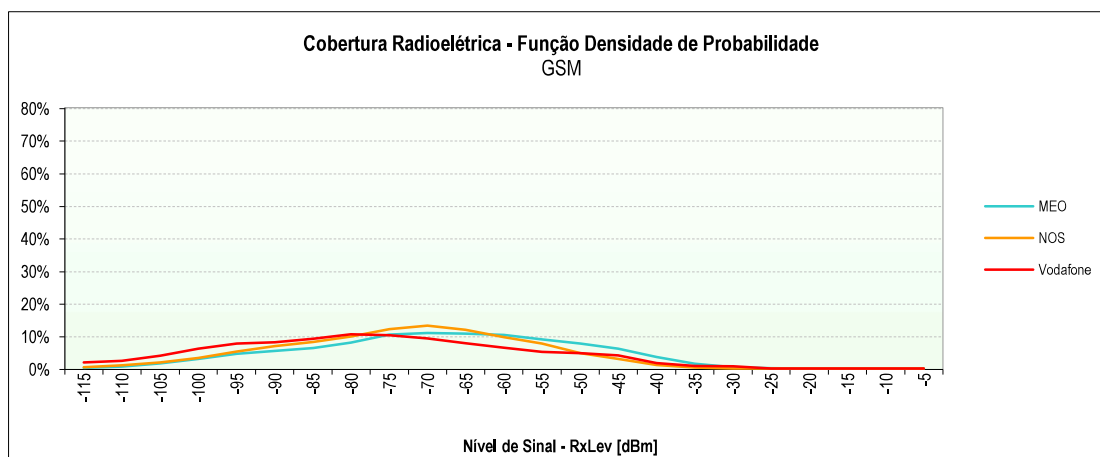
#### 4.1.5 COBERTURA RADIOELÉTRICA

|                               | GSM     |         |          | UMTS    |         |          | LTE     |         |          |
|-------------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|
|                               | MEO     | NOS     | Vodafone | MEO     | NOS     | Vodafone | MEO     | NOS     | Vodafone |
| Número de Amostras (Medições) | 101.766 | 101.766 | 101.766  | 103.188 | 103.188 | 103.189  | 103.203 | 103.203 | 103.201  |
| Nível Médio de Sinal [dBm]    | -66     | -71     | -74      | -85     | -89     | -86      | -109    | -134    | -118     |
| Nível Máximo de Sinal [dBm]   | -15     | -24     | -17      | -26     | -42     | -29      | -45     | -83     | -47      |
| Nível Mínimo de Sinal [dBm]   | -121    | -121    | -121     | -125    | -125    | -125     | -145    | -145    | -145     |
| Desvio Padrão [dBm]           | 17      | 15      | 19       | 22      | 18      | 21       | 24      | 14      | 25       |
| Boa                           | 84,8%   | 81,4%   | 70,1%    | 70,7%   | 66,4%   | 67,9%    | 44,2%   | 4,1%    | 28,0%    |
| Aceitável                     | 9,9%    | 12,0%   | 15,7%    | 8,9%    | 12,2%   | 12,6%    | 16,4%   | 9,3%    | 12,8%    |
| Má                            | 5,1%    | 6,1%    | 12,3%    | 6,3%    | 9,0%    | 9,0%     | 16,8%   | 18,0%   | 18,6%    |
| Inexistente                   | 0,2%    | 0,4%    | 1,8%     | 14,1%   | 12,4%   | 10,5%    | 22,6%   | 68,6%   | 40,5%    |

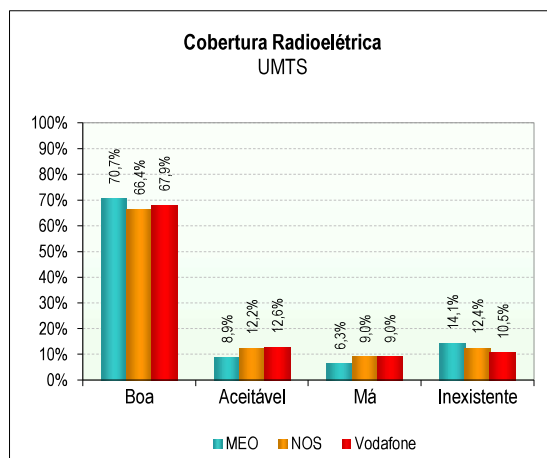
##### 4.1.5.1 GSM



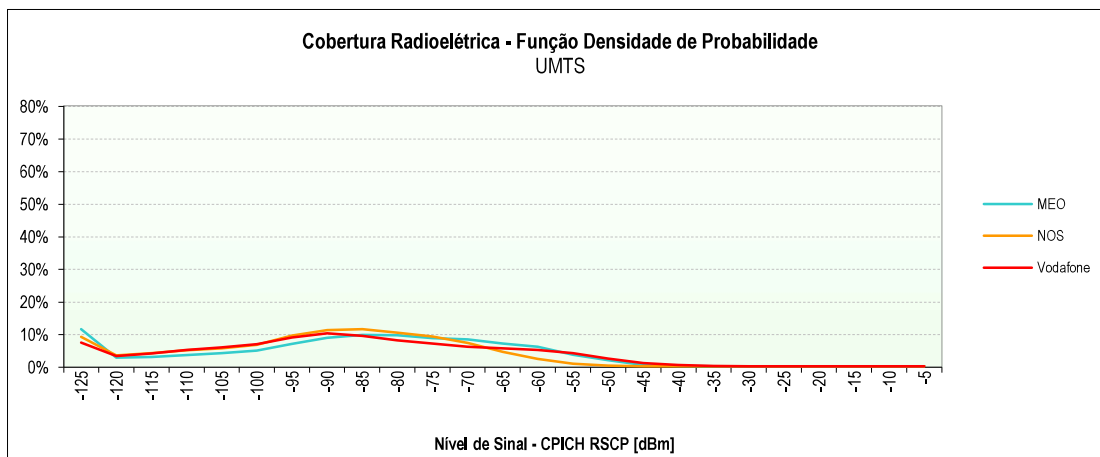
##### 4.1.5.2 GSM – FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



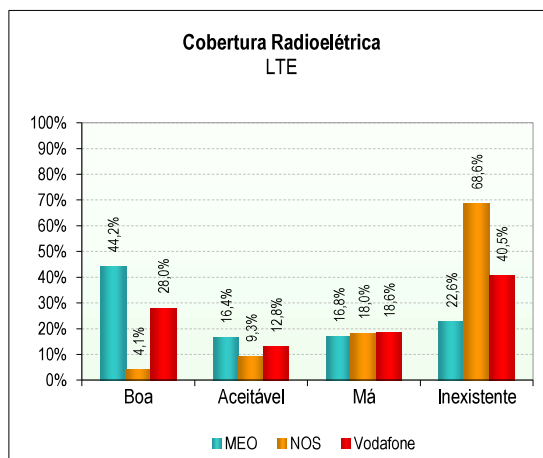
#### 4.1.5.3 UMTS



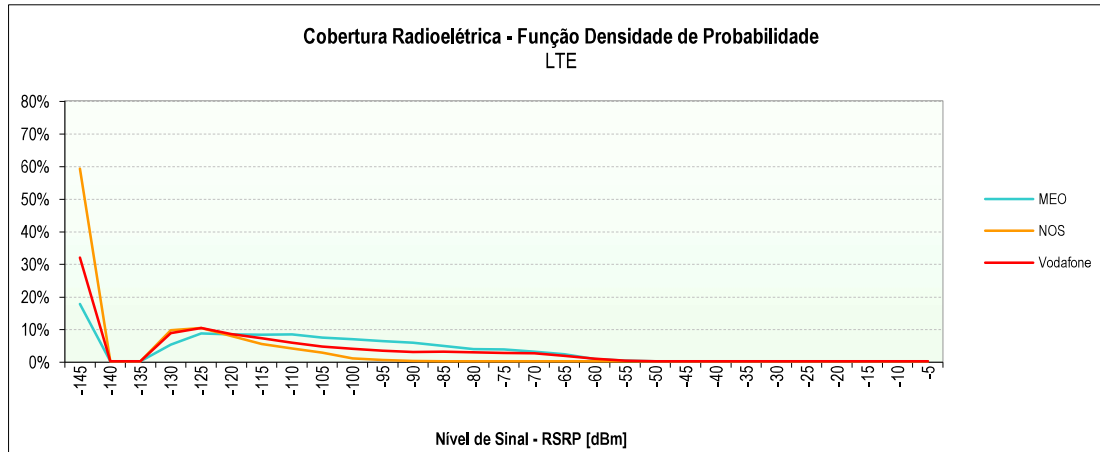
#### 4.1.5.4 UMTS – FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



#### 4.1.5.5 LTE



#### 4.1.5.6 LTE – FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



#### 4.1.5.7 MAPAS DE COBERTURA RADIOELÉTRICA

(Páginas seguintes)

## CONCELHO DE ODEMIRA

MEO – Cobertura Radioelétrica GSM



**CONCELHO DE ODEMIRA**

NOS – Cobertura Radioelétrica GSM



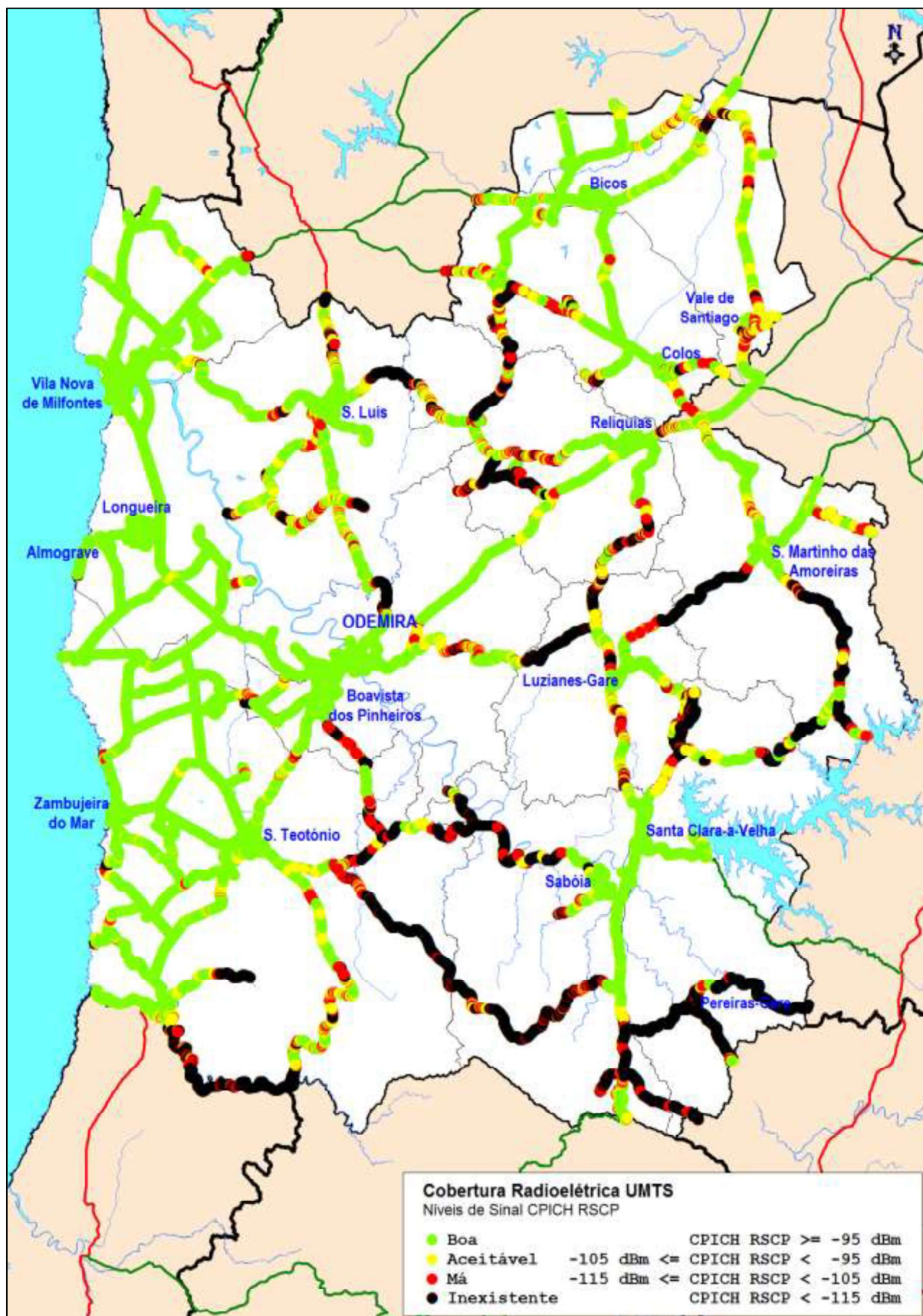
## CONCELHO DE ODEMIRA

Vodafone – Cobertura Radioelétrica GSM



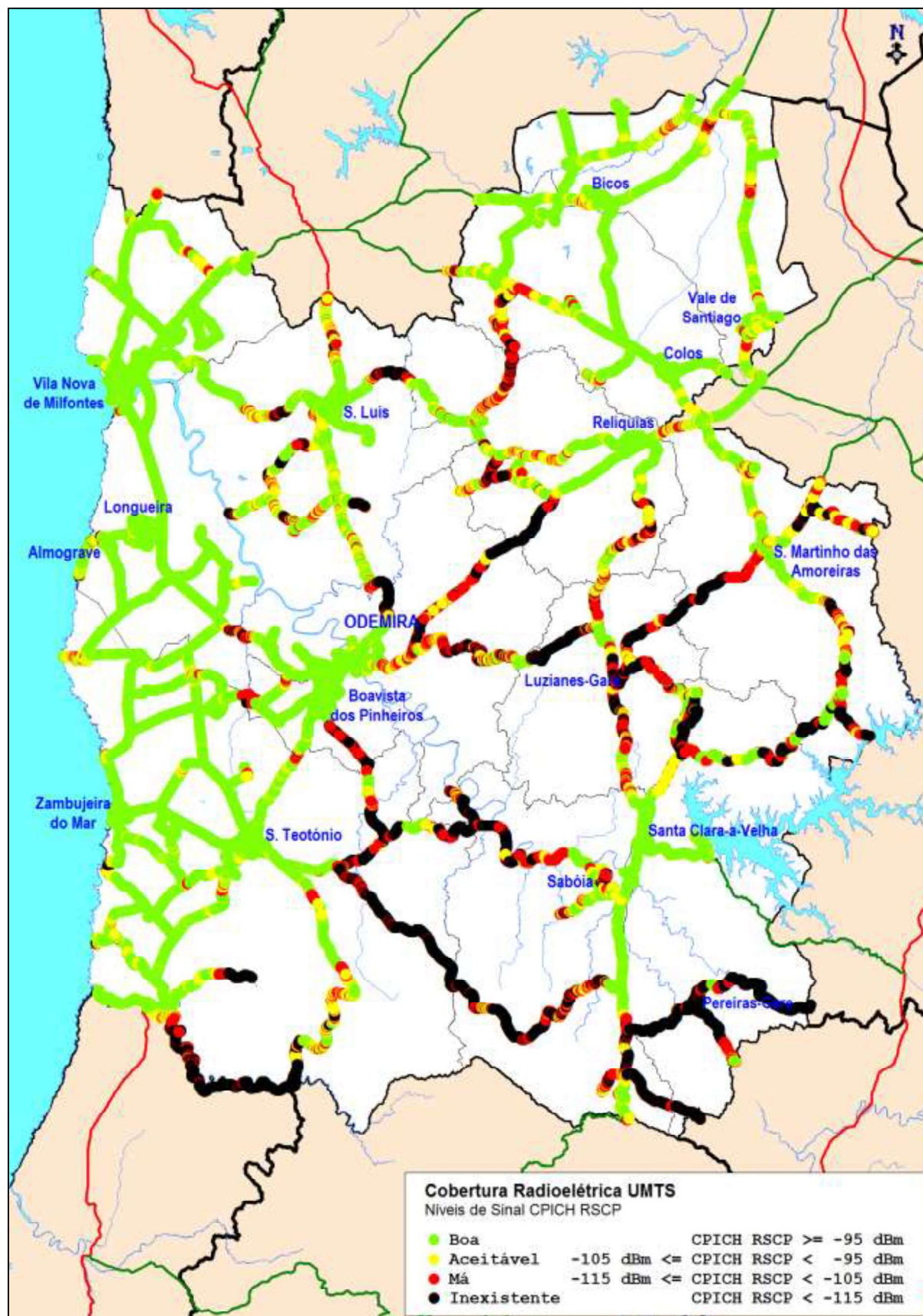
## CONCELHO DE ODEMIRA

MEO – Cobertura Radioelétrica UMTS



## CONCELHO DE ODEMIRA

NOS – Cobertura Radioelétrica UMTS



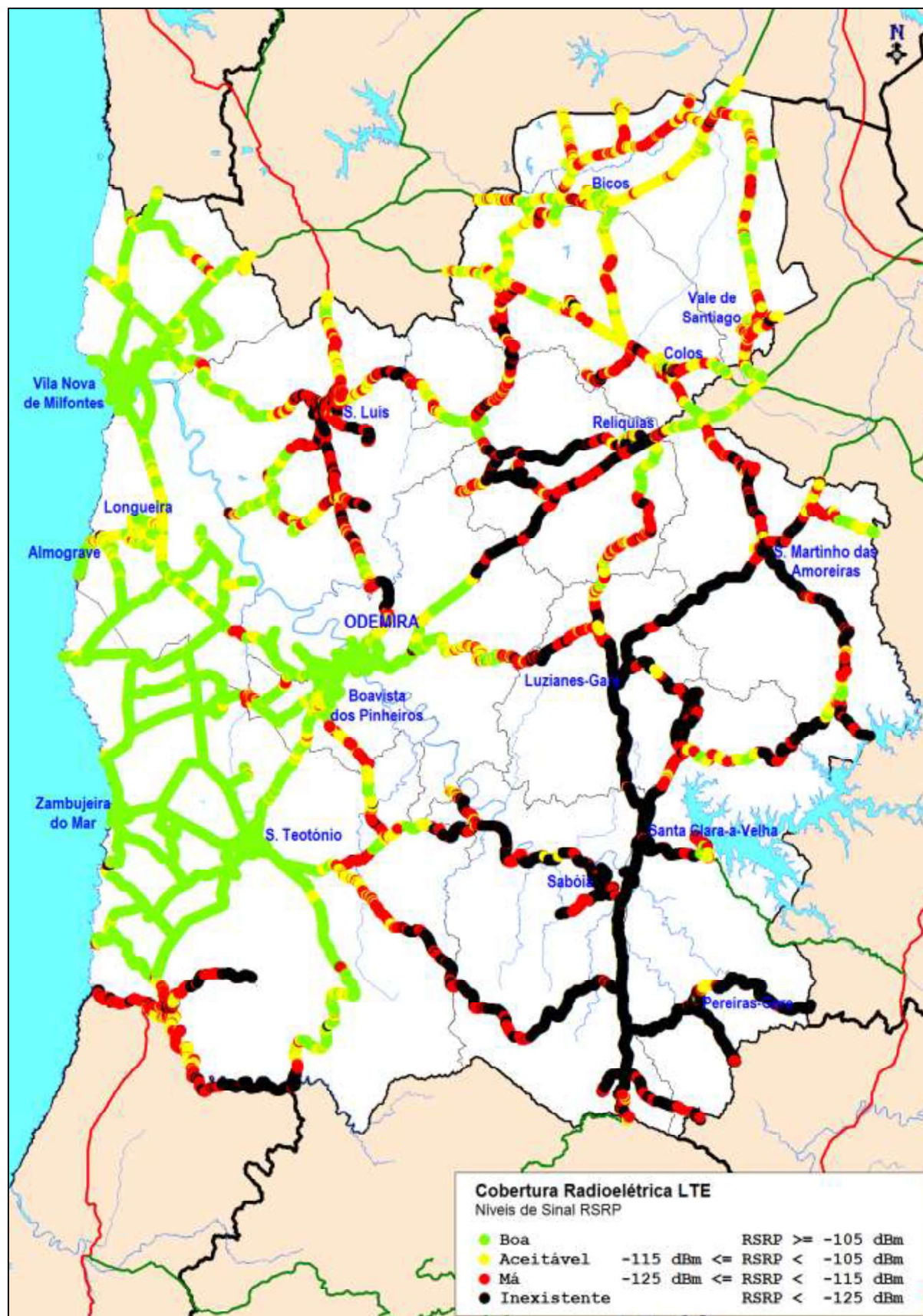
**CONCELHO DE ODEMIRA**

Vodafone – Cobertura Radioelétrica UMTS



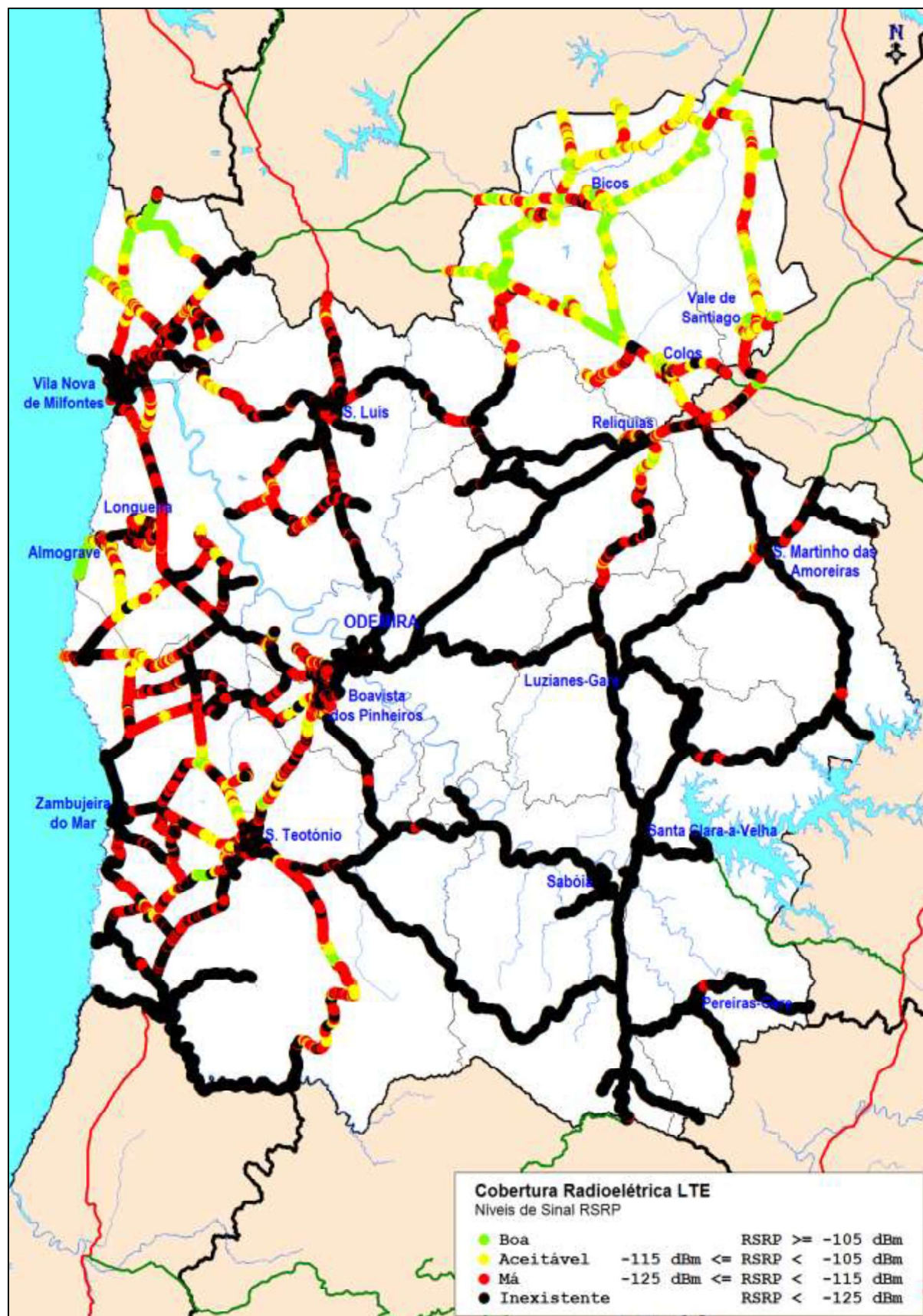
## CONCELHO DE ODEMIRA

MEO – Cobertura Radioelétrica LTE



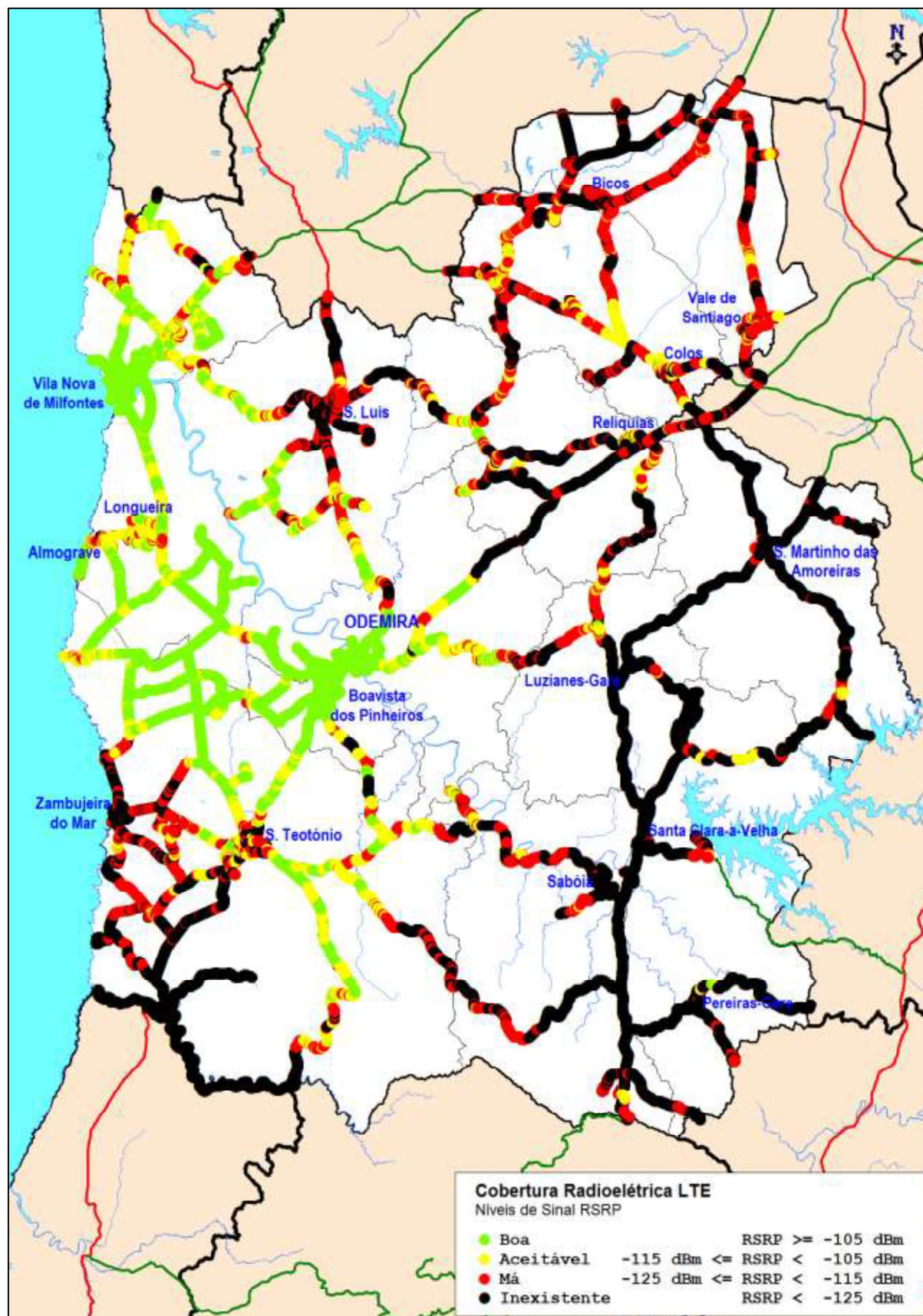
**CONCELHO DE ODEMIRA**

NOS – Cobertura Radioelétrica LTE



## CONCELHO DE ODEMIRA

Vodafone – Cobertura Radioelétrica LTE



## 4.2 CONCELHO DE VILA FLOR

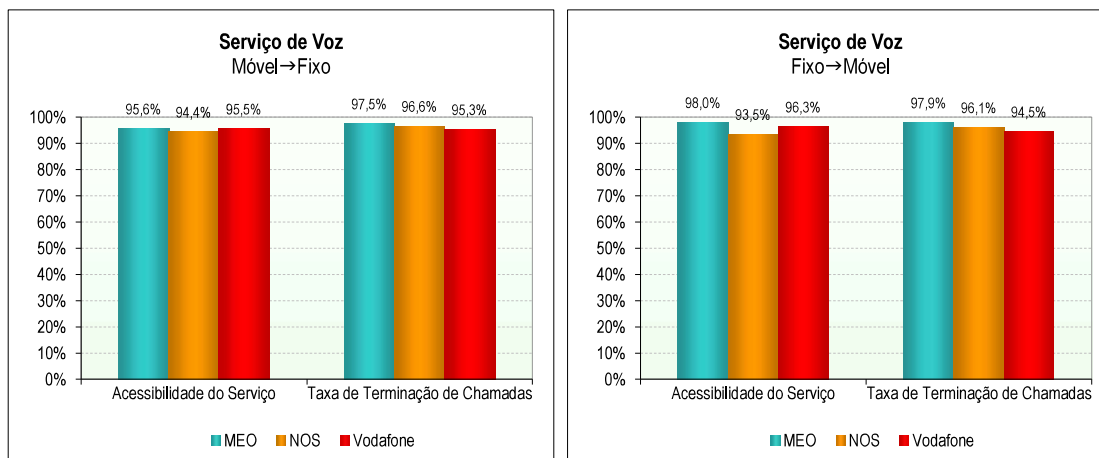
**Medições realizadas em:**

- 22 de setembro de 2014, entre as 15h00 e as 20h30;
- 23 de setembro de 2014, entre as 10h00 e as 19h00;
- 24 de setembro de 2014, entre as 09h30 e as 20h00;
- 25 de setembro de 2014, entre as 10h00 e as 18h00.

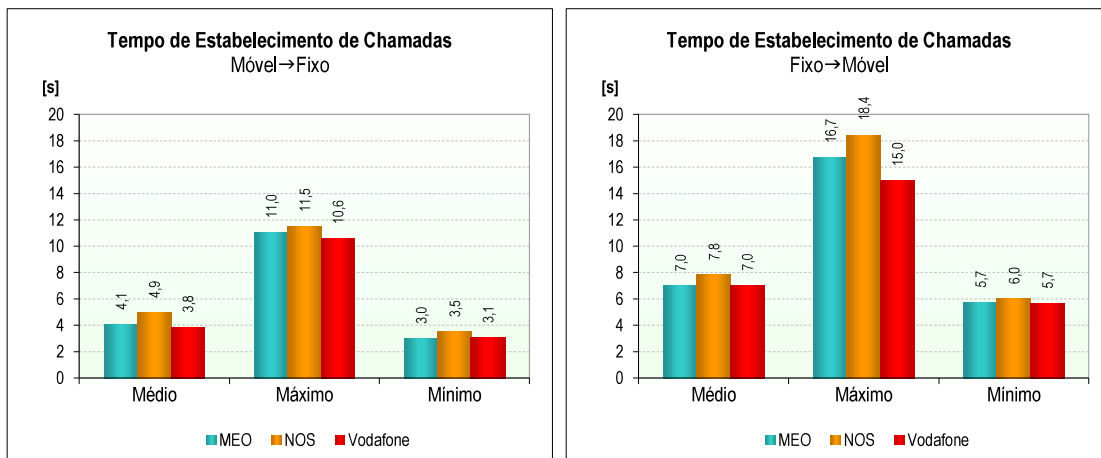
### 4.2.1 SERVIÇO DE VOZ

|                              |                                | MEO        |            | NOS        |            | Vodafone   |            |
|------------------------------|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                              |                                | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel | Móvel→Fixo | Fixo→Móvel |
| Chamadas Realizadas          | Número de Chamadas             | 250        | 247        | 250        | 246        | 246        | 246        |
|                              | Falhadas no Estabelecimento    | 11         | 5          | 14         | 16         | 11         | 9          |
|                              | Falhadas Durante a Chamada     | 6          | 5          | 8          | 9          | 11         | 13         |
|                              | Com Terminação Normal          | 233        | 237        | 228        | 221        | 224        | 224        |
|                              | Acessibilidade do Serviço      | 95,6%      | 98,0%      | 94,4%      | 93,5%      | 95,5%      | 96,3%      |
|                              | Taxa de Terminação de Chamadas | 97,5%      | 97,9%      | 96,6%      | 96,1%      | 95,3%      | 94,5%      |
| Estabelecimento das Chamadas | Número de Amostras (Chamadas)  | 239        | 242        | 236        | 230        | 235        | 237        |
|                              | Tempo Médio [s]                | 4,1        | 7,0        | 4,9        | 7,8        | 3,8        | 7,0        |
|                              | Tempo Máximo [s]               | 11,0       | 16,7       | 11,5       | 18,4       | 10,6       | 15,0       |
|                              | Tempo Mínimo [s]               | 3,0        | 5,7        | 3,5        | 6,0        | 3,1        | 5,7        |
|                              | Desvio Padrão [s]              | 1,0        | 1,7        | 1,4        | 2,1        | 0,8        | 1,9        |
| Qualidade Áudio              | Número de Amostras (Chamadas)  | 470        | 470        | 449        | 449        | 448        | 448        |
|                              | Média [MOS]                    | 3,78       | 3,98       | 3,65       | 3,72       | 3,78       | 3,88       |
|                              | Máxima [MOS]                   | 3,96       | 4,18       | 3,99       | 4,18       | 4,00       | 4,17       |
|                              | Mínima [MOS]                   | 2,95       | 2,47       | 1,74       | 2,39       | 1,72       | 1,72       |
|                              | Desvio Padrão [MOS]            | 0,14       | 0,21       | 0,27       | 0,36       | 0,27       | 0,37       |

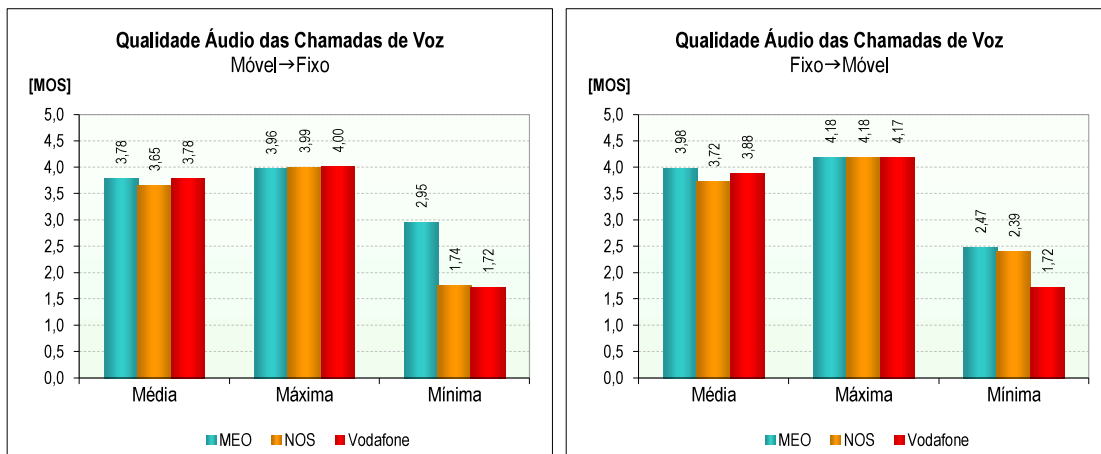
#### 4.2.1.1 INDICADORES ACESSIBILIDADE DO SERVIÇO E TAXA DE TERMINAÇÃO DE CHAMADAS



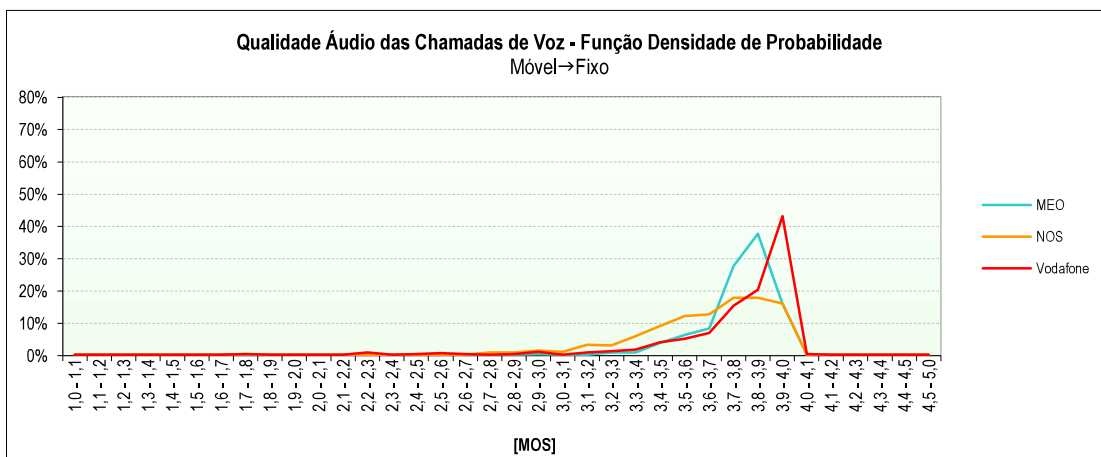
#### 4.2.1.2 INDICADOR *TEMPO DE ESTABELECIMENTO DE CHAMADAS*

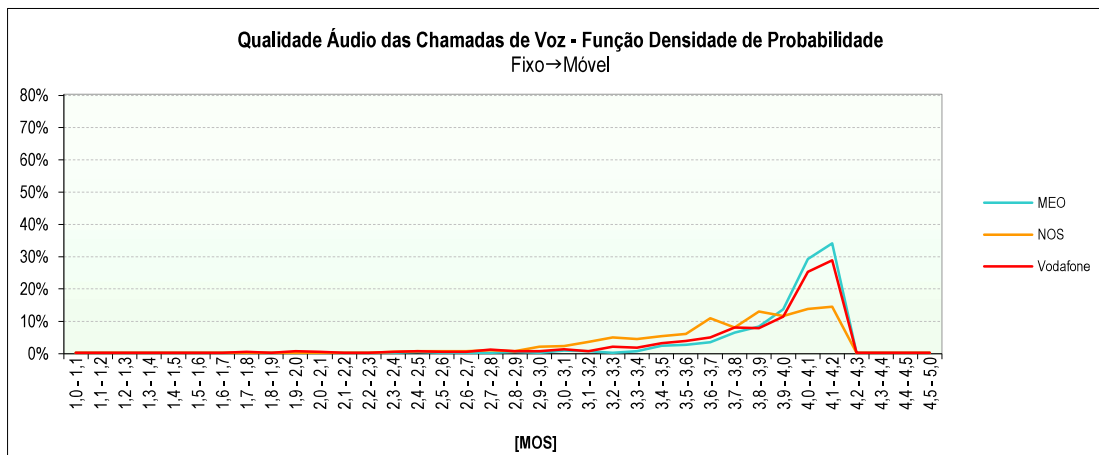


#### 4.2.1.3 INDICADOR *QUALIDADE ÁUDIO DAS CHAMADAS DE VOZ*



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

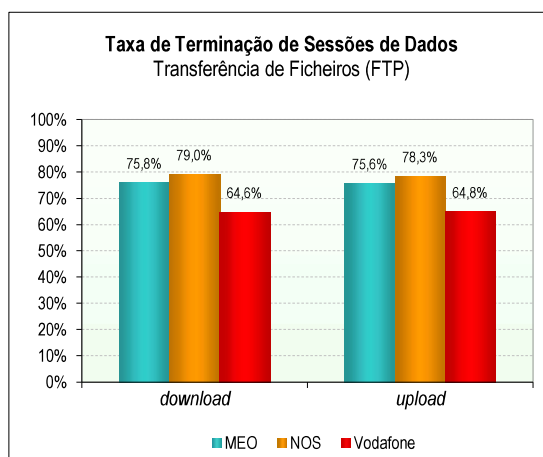




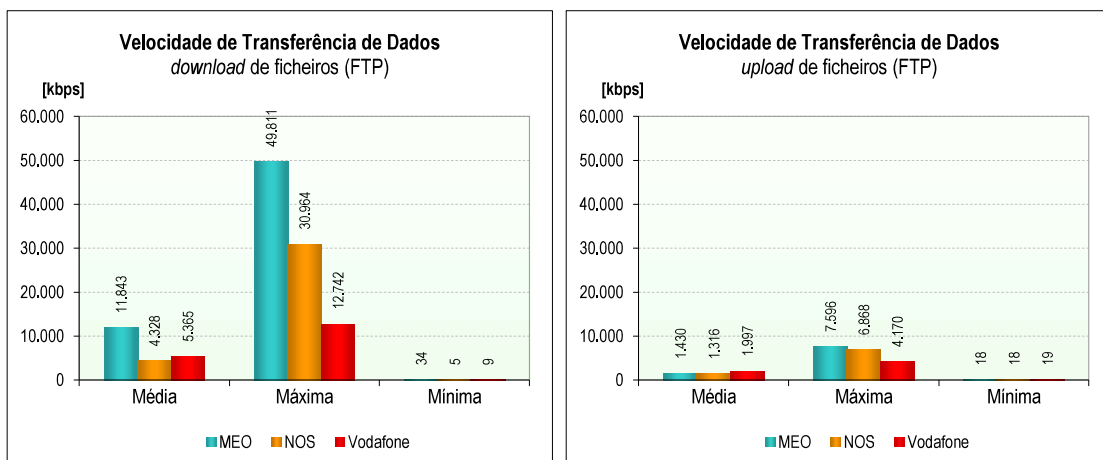
## 4.2.2 TRANSFERÊNCIA DE FICHEIROS (FTP)

|                                  |                               | MEO      |        | NOS      |        | Vodafone |        |
|----------------------------------|-------------------------------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
|                                  |                               | download | upload | download | upload | download | upload |
| Transferência de Ficheiros (FTP) | Sessões Realizadas            | 529      | 529    | 458      | 456    | 574      | 574    |
|                                  | Sessões com Sucesso           | 401      | 400    | 362      | 357    | 371      | 372    |
|                                  | Sessões Falhadas              | 128      | 129    | 96       | 99     | 203      | 202    |
|                                  | Taxa de Terminação de Sessões | 75,8%    | 75,6%  | 79,0%    | 78,3%  | 64,6%    | 64,8%  |
|                                  | Velocidade Média [kbps]       | 11.843   | 1.430  | 4.328    | 1.316  | 5.365    | 1.997  |
|                                  | Velocidade Máxima [kbps]      | 49.811   | 7.596  | 30.964   | 6.868  | 12.742   | 4.170  |
|                                  | Velocidade Mínima [kbps]      | 34       | 18     | 5        | 18     | 9        | 19     |
|                                  | Desvio Padrão [kbps]          | 11.352   | 1.522  | 5.193    | 1.685  | 2.624    | 1.069  |

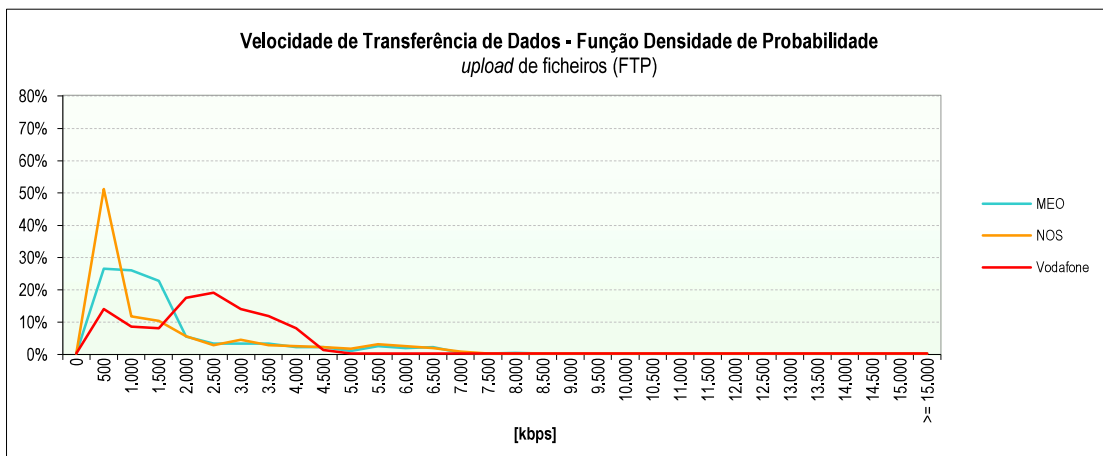
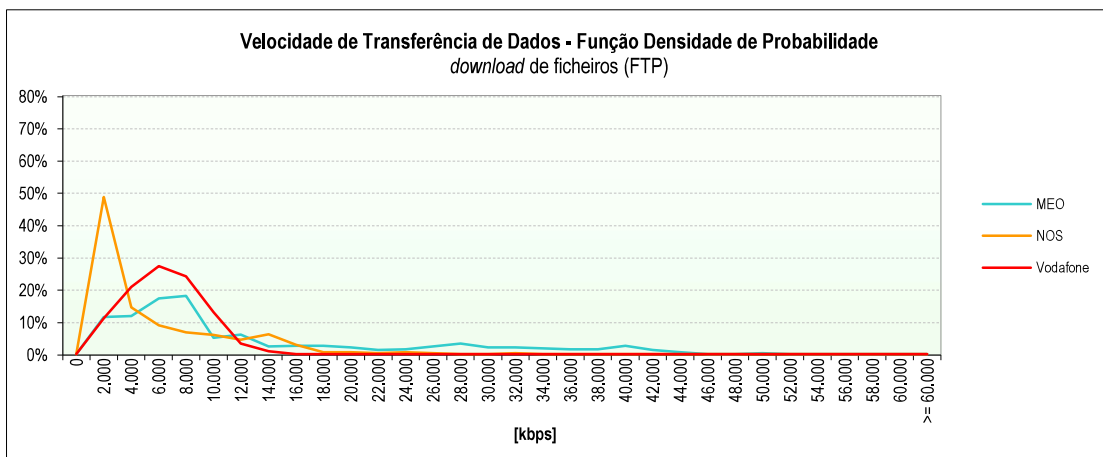
### 4.2.2.1 INDICADOR TAXA DE TERMINAÇÃO DE SESSÕES DE DADOS



#### 4.2.2.2 INDICADOR VELOCIDADE DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS



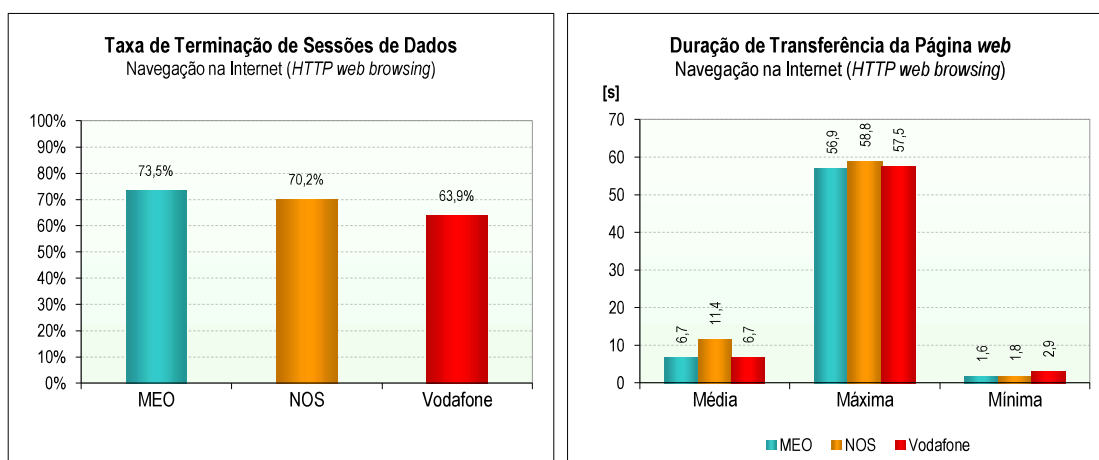
#### 4.2.2.3 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR VELOCIDADE DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS



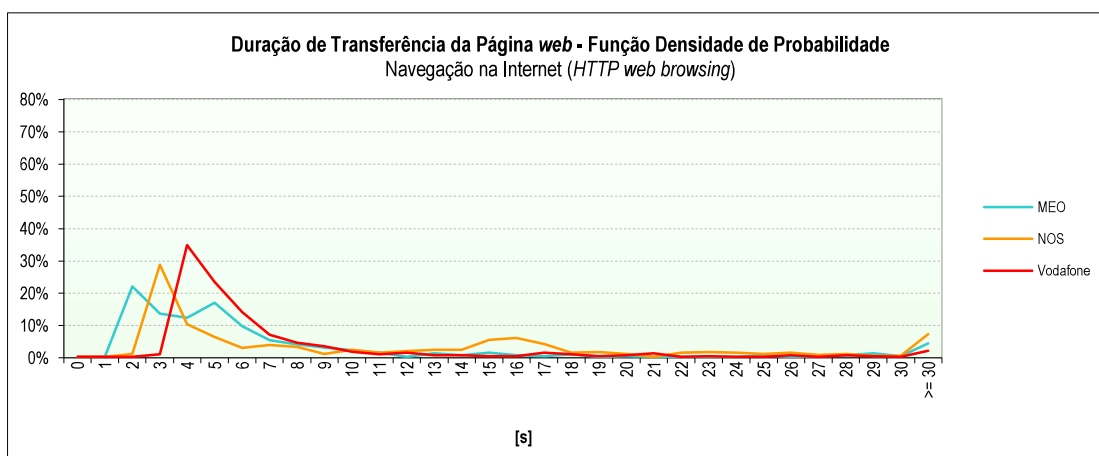
#### 4.2.3 NAVEGAÇÃO NA INTERNET (HTTP WEB BROWSING)

|                                              |                               | MEO      | NOS      | Vodafone |
|----------------------------------------------|-------------------------------|----------|----------|----------|
|                                              |                               | download | download | download |
| Navegação na Internet<br>(HTTP web browsing) | Sessões Realizadas            | 529      | 463      | 574      |
|                                              | Sessões com Sucesso           | 389      | 325      | 367      |
|                                              | Sessões Falhadas              | 140      | 138      | 207      |
|                                              | Taxa de Terminação de Sessões | 73,5%    | 70,2%    | 63,9%    |
|                                              | Duração Média [s]             | 6,7      | 11,4     | 6,7      |
|                                              | Duração Máxima [s]            | 56,9     | 58,8     | 57,5     |
|                                              | Duração Mínima [s]            | 1,6      | 1,8      | 2,9      |
|                                              | Desvio Padrão [s]             | 8,8      | 11,9     | 6,6      |

##### 4.2.3.1 INDICADORES TAXA DE TERMINAÇÃO DE SESSÕES DE DADOS E DURAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DA PÁGINA WEB



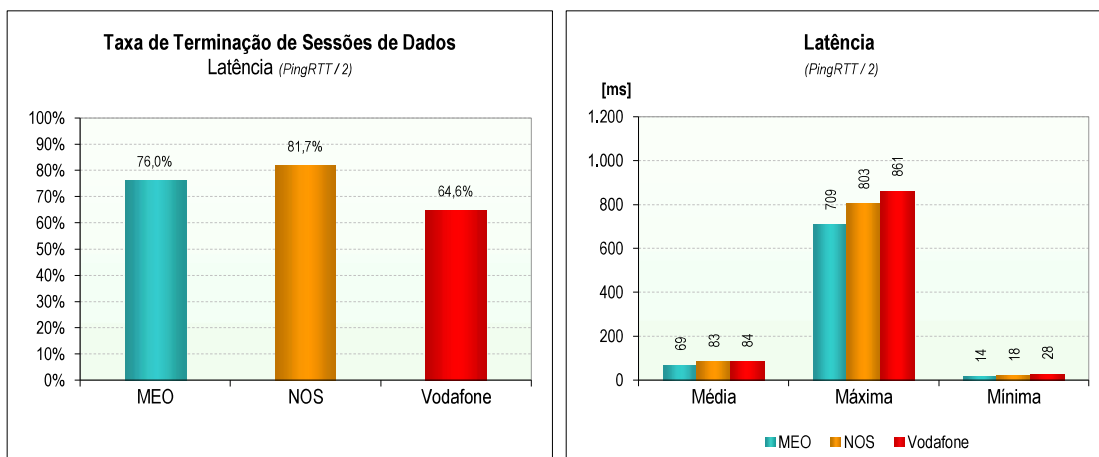
##### 4.2.3.2 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR DURAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DA PÁGINA WEB



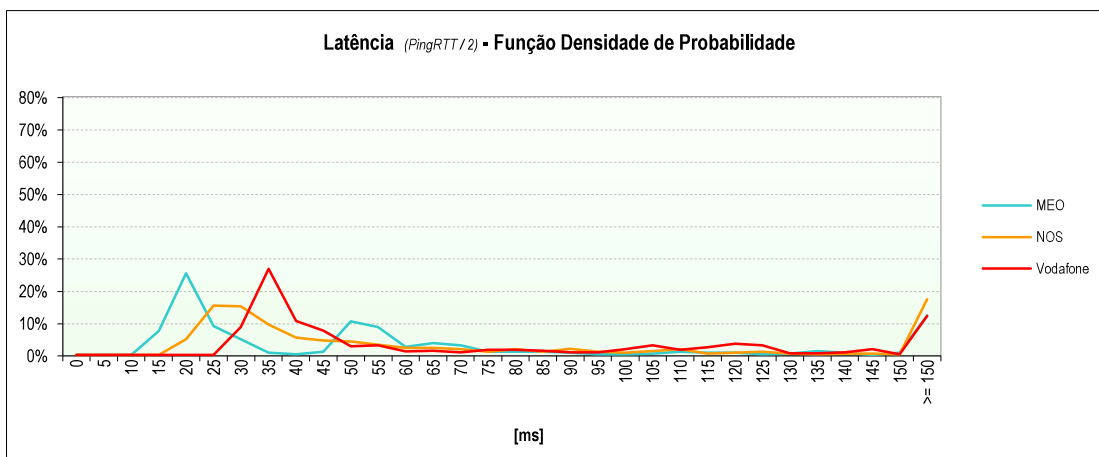
#### 4.2.4 LATÊNCIA DE TRANSMISSÃO DE DADOS

|                                             | MEO   | NOS   | Vodafone |
|---------------------------------------------|-------|-------|----------|
| <b>Latência</b><br>( $\text{PingRTT} / 2$ ) |       |       |          |
| Sessões Realizadas                          | 529   | 465   | 574      |
| Sessões com Sucesso                         | 402   | 380   | 371      |
| Sessões Falhadas                            | 127   | 85    | 203      |
| Taxa de Terminação de Sessões               | 76,0% | 81,7% | 64,6%    |
| Média [ms]                                  | 69    | 83    | 84       |
| Máxima [ms]                                 | 709   | 803   | 861      |
| Minima [ms]                                 | 14    | 18    | 28       |
| Desvio Padrão [ms]                          | 89    | 107   | 92       |

##### 4.2.4.1 INDICADORES TAXA DE TERMINAÇÃO DE SESSÕES DE DADOS E LATÊNCIA



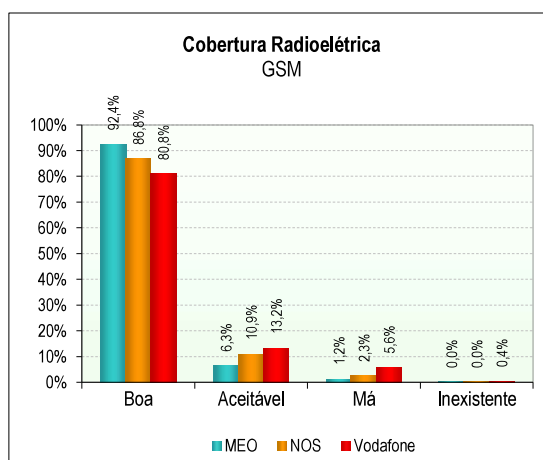
##### 4.2.4.2 FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO INDICADOR LATÊNCIA



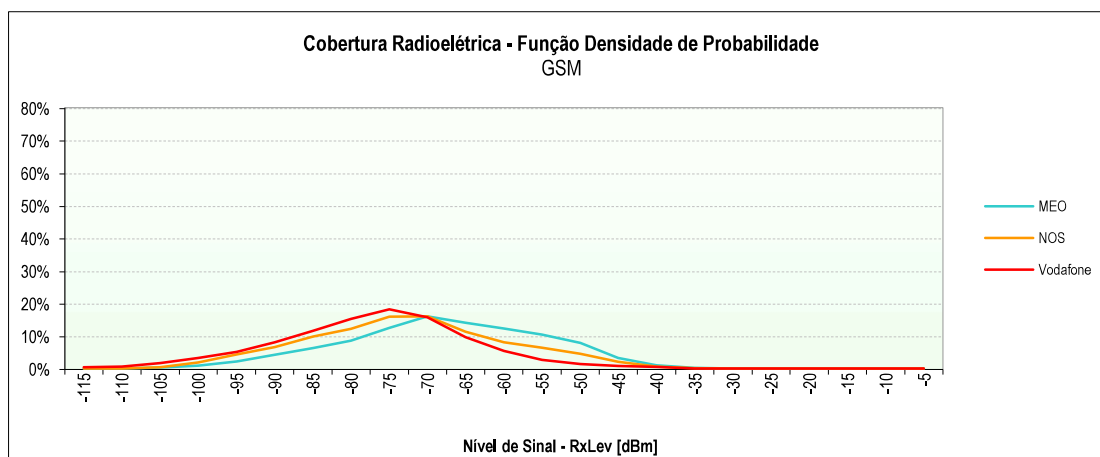
#### 4.2.5 COBERTURA RADIOELÉTRICA

|                               | GSM    |        |          | UMTS   |        |          | LTE    |        |          |
|-------------------------------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|
|                               | MEO    | NOS    | Vodafone | MEO    | NOS    | Vodafone | MEO    | NOS    | Vodafone |
| Número de Amostras (Medições) | 89,460 | 89,460 | 89,460   | 90,725 | 90,724 | 90,725   | 90,610 | 90,608 | 90,610   |
| Nível Médio de Sinal [dBm]    | -66    | -70    | -75      | -86    | -89    | -80      | -109   | -111   | -121     |
| Nível Máximo de Sinal [dBm]   | -24    | -23    | -31      | -41    | -47    | -30      | -74    | -75    | -85      |
| Nível Mínimo de Sinal [dBm]   | -115   | -115   | -121     | -125   | -125   | -125     | -145   | -145   | -145     |
| Desvio Padrão [dBm]           | 13     | 13     | 12       | 17     | 15     | 12       | 16     | 18     | 17       |
| Boa                           | 92,4%  | 86,8%  | 80,8%    | 73,9%  | 70,4%  | 90,2%    | 45,8%  | 45,6%  | 20,2%    |
| Aceitável                     | 6,3%   | 10,9%  | 13,2%    | 12,6%  | 13,6%  | 7,6%     | 22,0%  | 19,3%  | 20,9%    |
| Má                            | 1,2%   | 2,3%   | 5,6%     | 6,8%   | 9,2%   | 2,0%     | 20,2%  | 17,0%  | 23,0%    |
| Inexistente                   | 0,0%   | 0,0%   | 0,4%     | 6,6%   | 6,9%   | 0,3%     | 12,1%  | 18,1%  | 35,9%    |

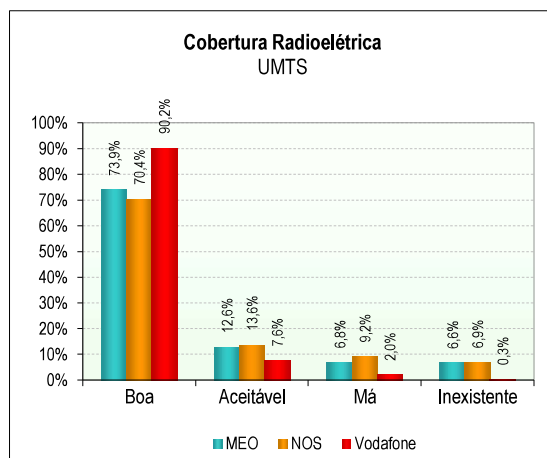
##### 4.2.5.1 GSM



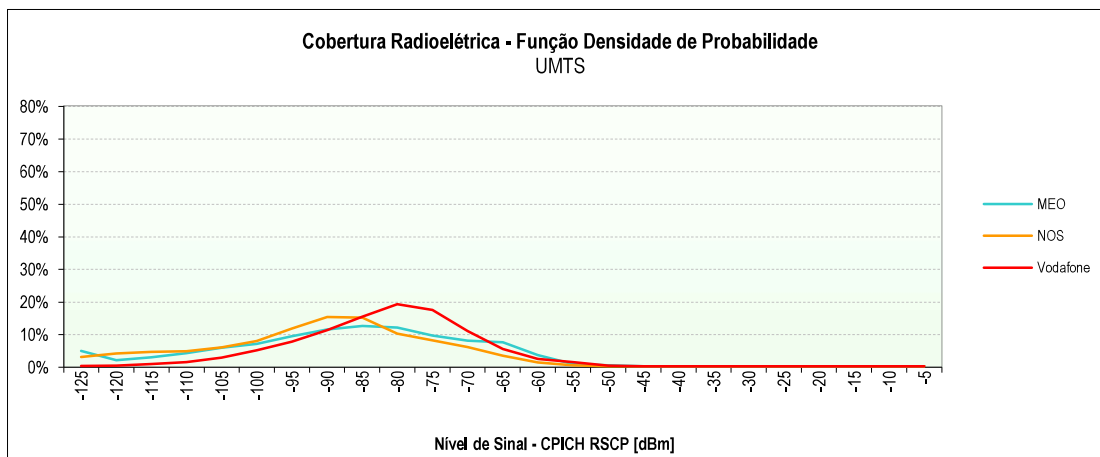
##### 4.2.5.2 GSM – FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



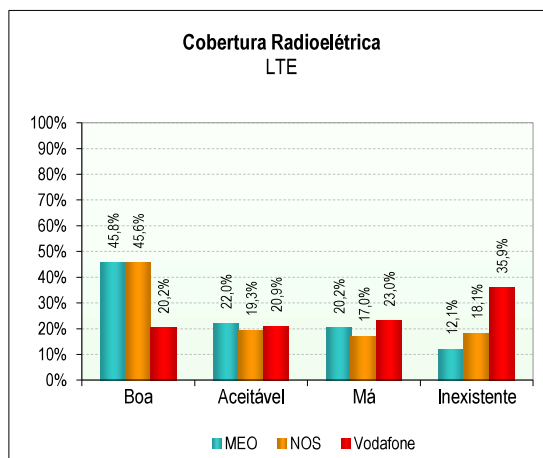
#### 4.2.5.3 UMTS



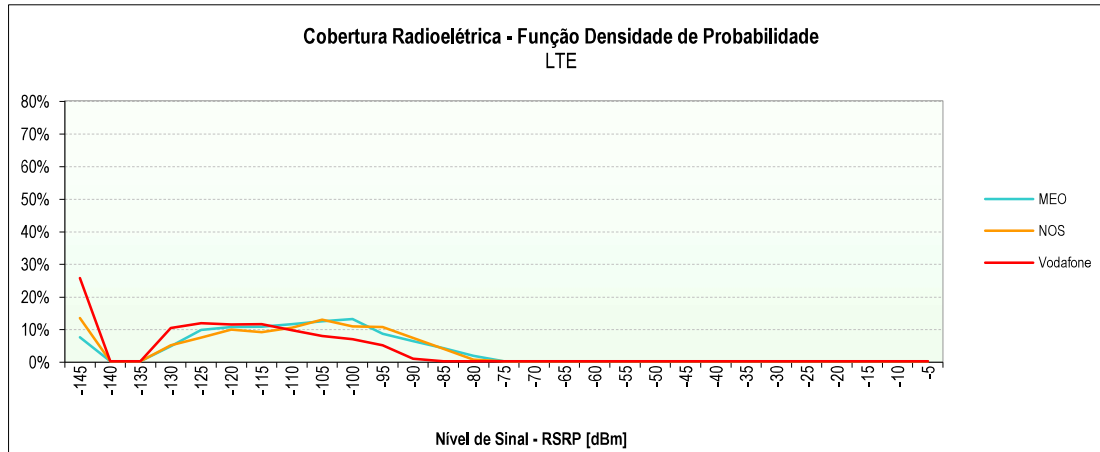
#### 4.2.5.4 UMTS – FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



#### 4.2.5.5 LTE



#### 4.2.5.6 LTE – FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE



#### 4.2.5.7 MAPAS DE COBERTURA RADIOELÉTRICA

(Páginas seguintes)

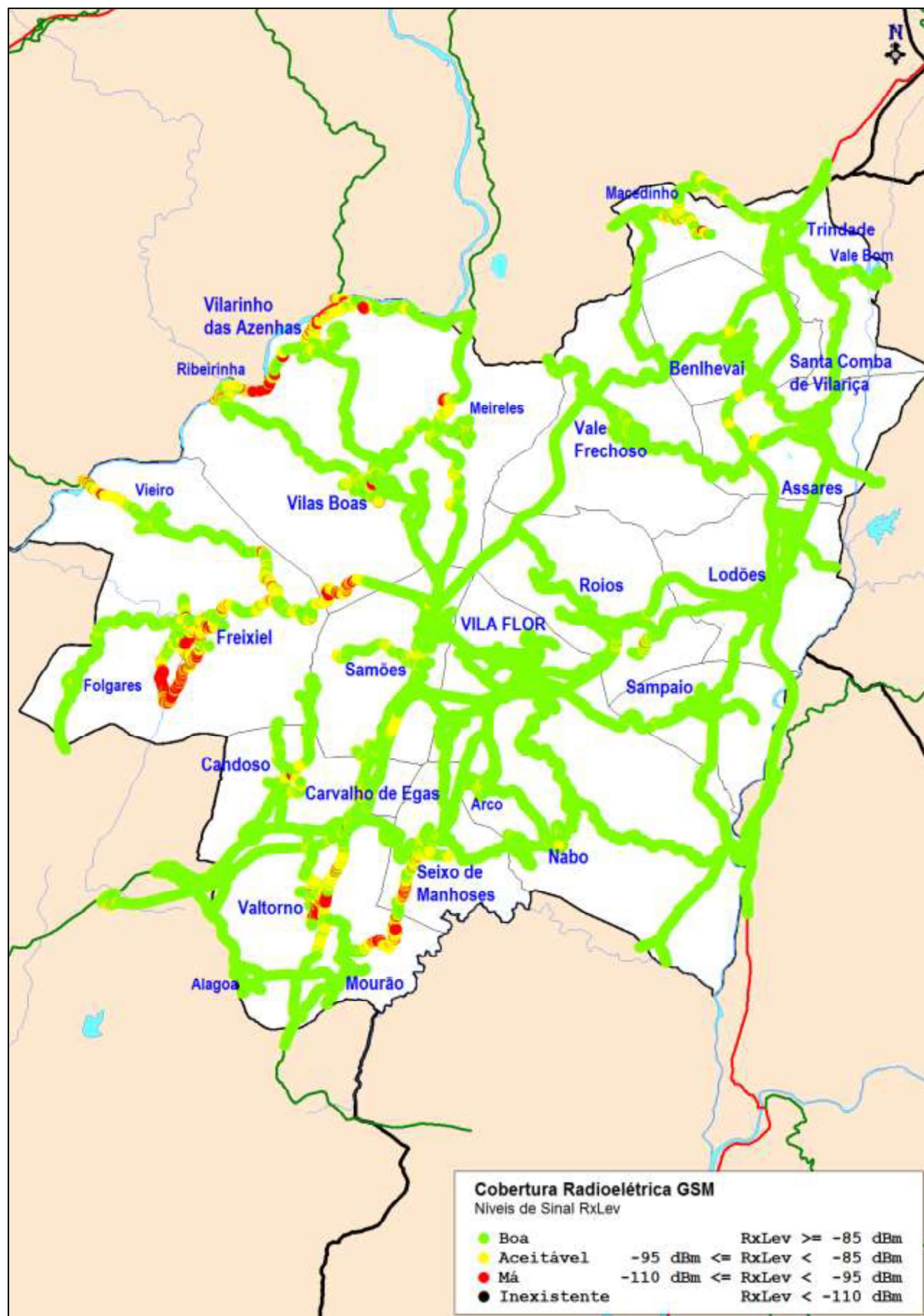
## CONCELHO DE VILA FLOR

MEO – Cobertura Radioelétrica GSM



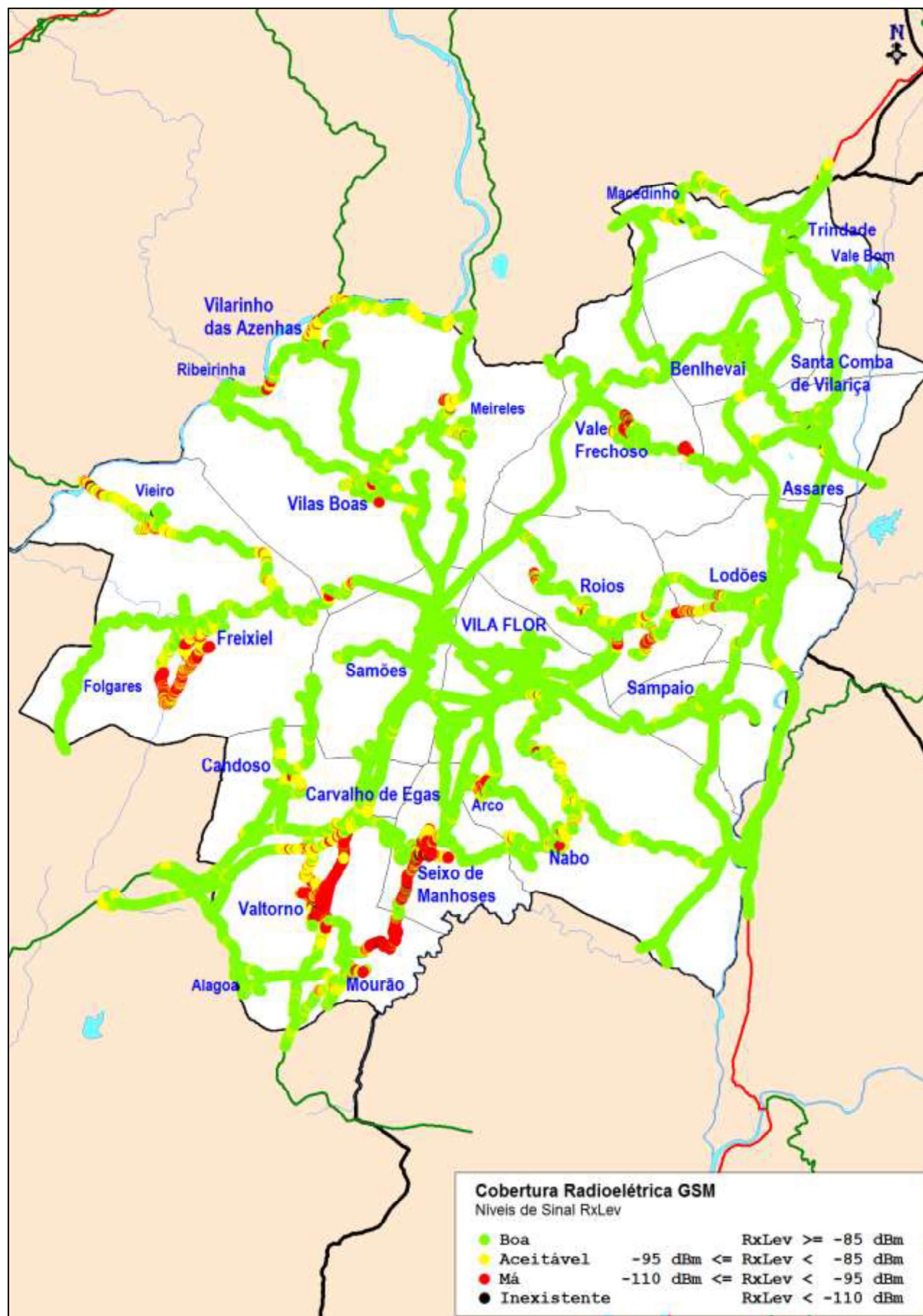
## CONCELHO DE VILA FLOR

NOS – Cobertura Radioelétrica GSM



## CONCELHO DE VILA FLOR

Vodafone – Cobertura Radioelétrica GSM



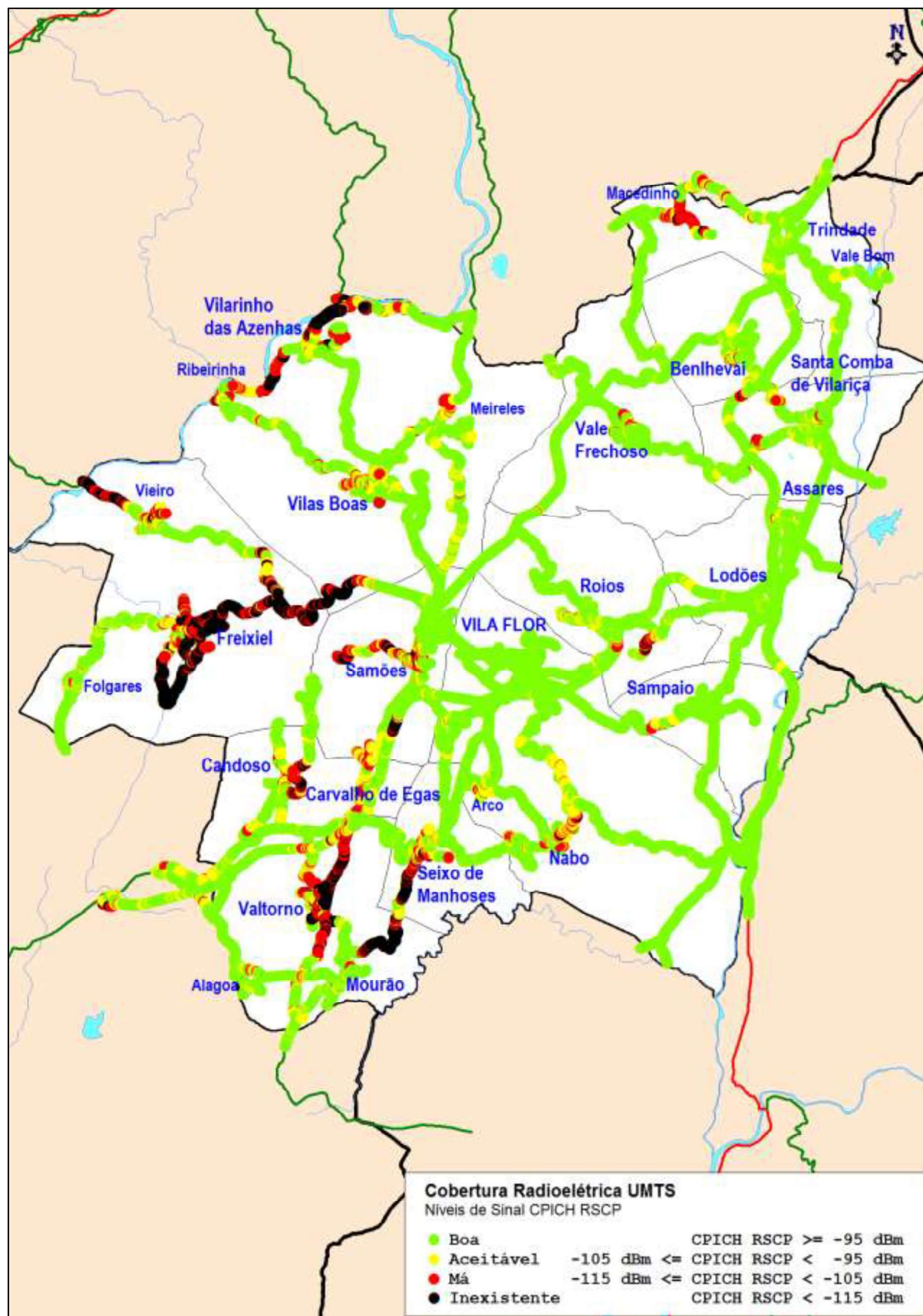
CONCELHO DE VILA FLOR

MEO – Cobertura Radioelétrica UMTS



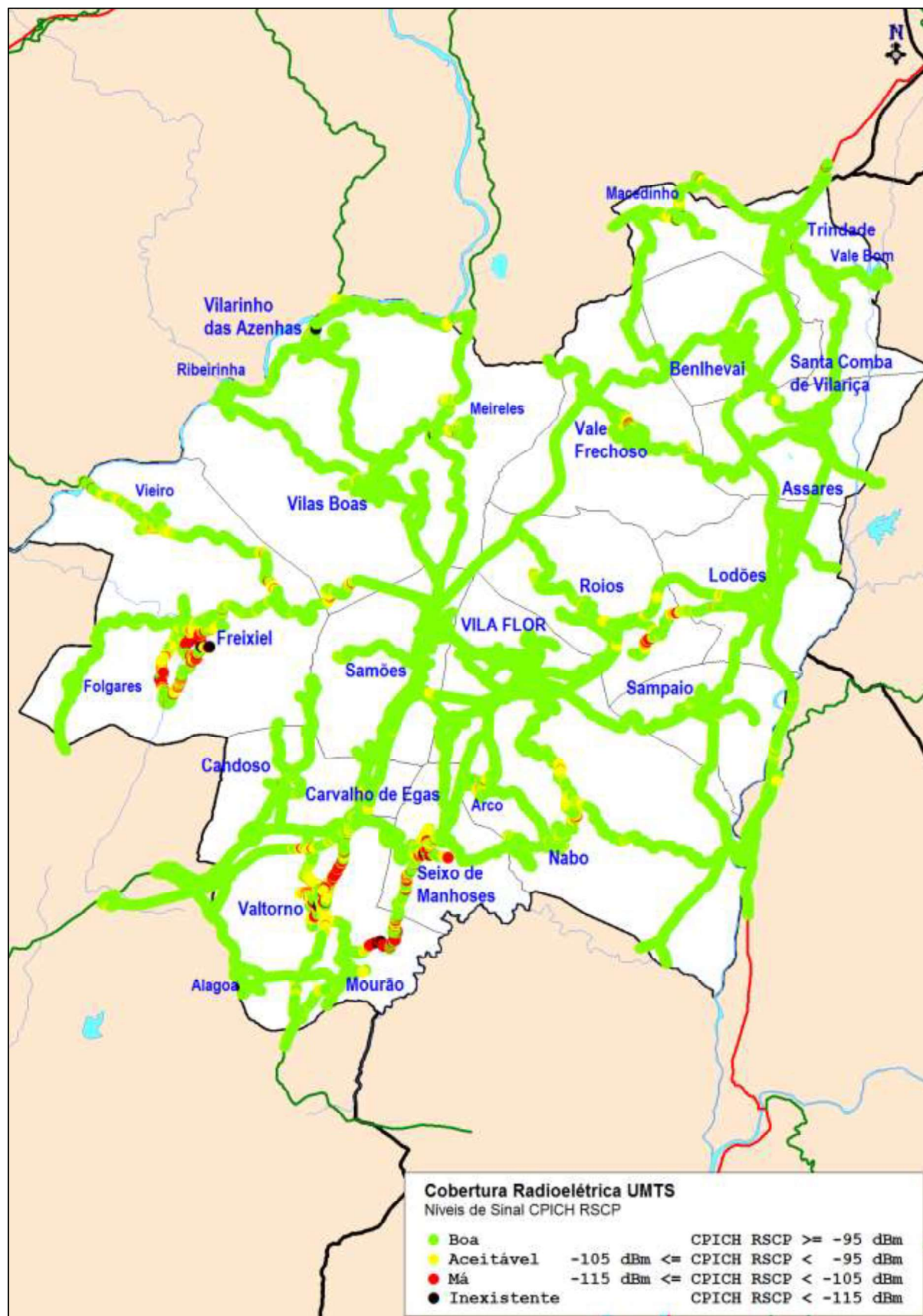
## CONCELHO DE VILA FLOR

NOS – Cobertura Radioelétrica UMTS



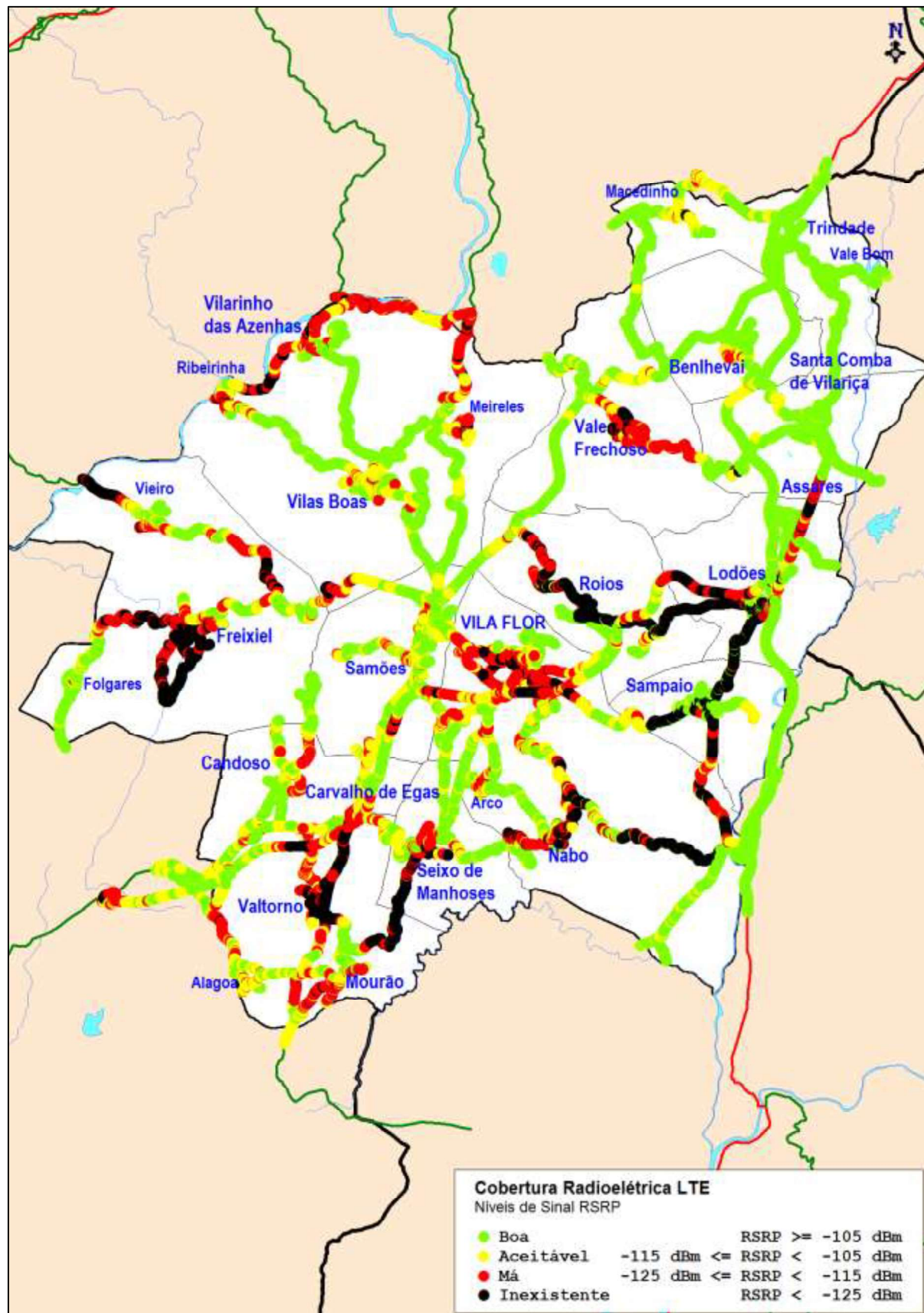
## CONCELHO DE VILA FLOR

Vodafone – Cobertura Radioelétrica UMTS



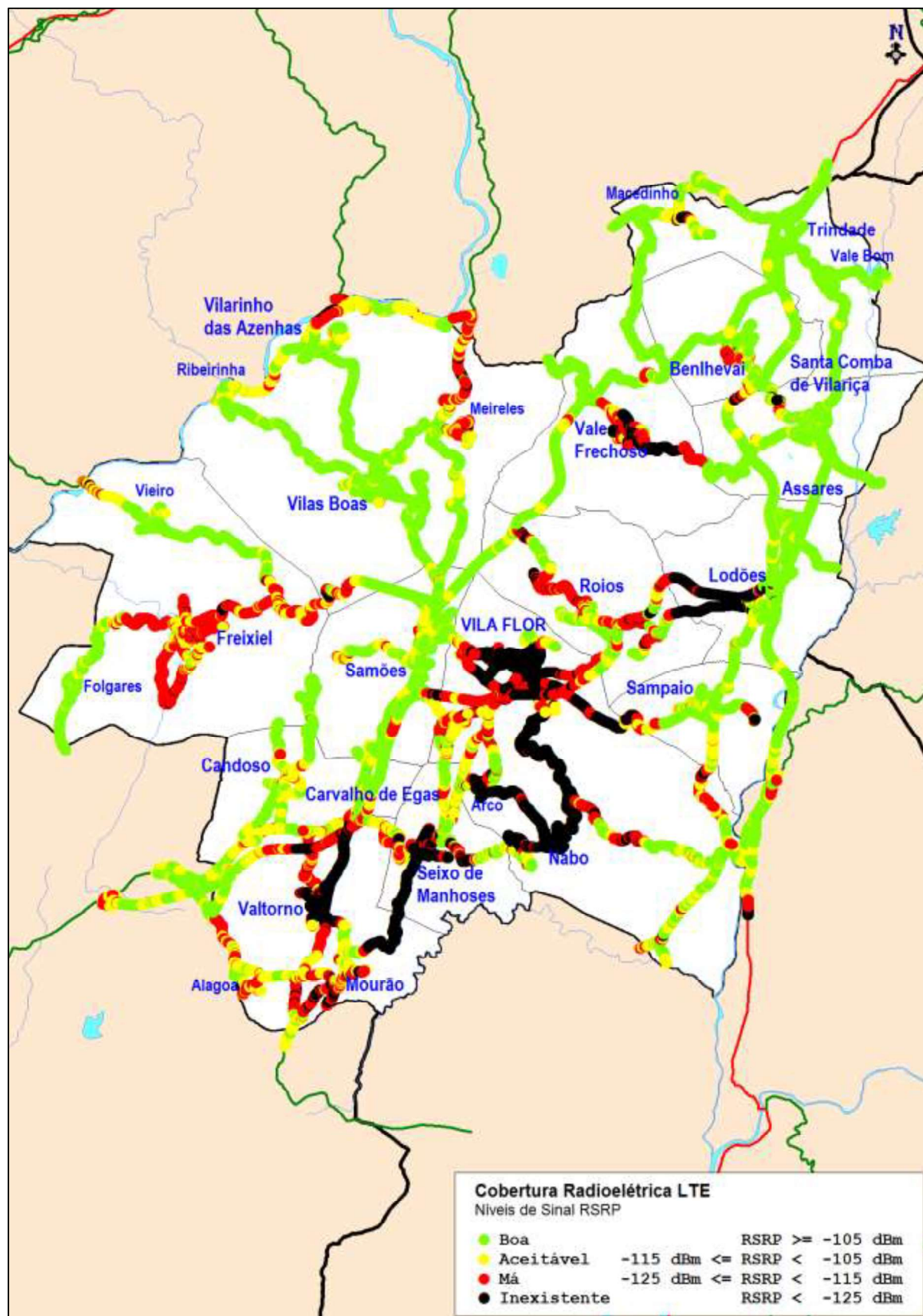
## CONCELHO DE VILA FLOR

MEO – Cobertura Radioelétrica LTE



## CONCELHO DE VILA FLOR

NOS – Cobertura Radioelétrica LTE



## CONCELHO DE VILA FLOR

Vodafone – Cobertura Radioelétrica LTE

