

ESTUDO DE AFERIÇÃO DA QUALIDADE DO SERVIÇO DE ACESSO À INTERNET
BANDA

ICP - ANACOM

Relatório Metodológico

Tabela de Conteúdos

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | Metodologia - Acessos Móveis | 3 |
| 1.1 | População Alvo | 3 |
| 1.2 | Definição e Selecção da Amostra | 3 |
| 1.3 | Controlo de qualidade dos resultados | 10 |
| 1.4 | Precisão dos resultados | 10 |
| 1.5 | Ponderação | 11 |
| 1.6 | Arquitectura Técnica, Modo de Funcionamento e Detalhe dos Componentes | 11 |
| 1.6.1 | Arquitectura Técnica | 11 |
| 1.6.2 | Modo de funcionamento | 13 |
| 1.6.3 | Detalhe dos componentes | 14 |
| 2. | Metodologia - Acessos Fixos | 16 |
| 2.1 | População Alvo | 16 |
| 2.2 | Definição e selecção da amostra | 16 |
| 2.3 | Controlo de qualidade dos resultados | 18 |
| 2.4 | Precisão dos resultados | 19 |
| 2.5 | Ponderação | 19 |
| 2.6 | Arquitectura Técnica, Modo de Funcionamento e Detalhe dos Componentes | 20 |
| 3. | Experiência do Utilizador | 24 |
| 4. | Indicadores | 27 |

1. Metodologia - Acessos Móveis

1.1 População Alvo

A população-alvo é composta por locais *indoor* e *outdoor* dos concelhos de Faro, Lisboa e Porto. Entende-se por locais *indoor* residências de particulares, ao passo que os *outdoors* são constituídos por locais públicos, como sejam áreas de comércio e lazer, aeroportos, escolas, em que existe uma elevada utilização de internet banda larga móvel.

Para cada elemento do painel foram testados os três operadores de serviço móvel – Optimus, TMN e Vodafone. O recrutamento do painel teve como critério a existência de cobertura UMTS adequada às ofertas a analisar.

1.2 Definição e Selecção da Amostra

Nos concelhos de Lisboa e Porto, onde o estudo já tinha sido efectuado em 2008, utilizou-se uma amostra longitudinal com rotação. Desta forma, foi constituída uma base de contactos com os elementos destes concelhos que participaram no estudo anterior e que revelaram interesse em participar novamente no mesmo. Esta metodologia foi aplicada sem prejuízo da distribuição amostral definida para o total das medições, que respeita a distribuição populacional de cada freguesia. Esta opção é particularmente adequada neste contexto pelo facto de conduzir a significativos ganhos de precisão no estudo da evolução face ao que seria obtido pela utilização de amostras independentes.

Para alimentar a parte da amostra não satisfeita pelo painel de 2008 e para o concelho de Faro, nos acessos *indoor*, foi utilizado um método de selecção constituído por três etapas. A primeira fase correspondeu à selecção das freguesias a incluir na amostra. Seguidamente foi determinado o número de pontos a observar em cada freguesia, sendo que este número foi distribuído proporcionalmente à população de cada freguesia. Posteriormente, a partir de uma base de contactos dos lares em cada concelho, foi seleccionada aleatoriamente uma primeira amostra de locais (correspondentes às primeiras observações). Seguidamente foram seleccionados os pontos de observação efectivos usando o método de *Bola de Neve*, garantindo que não havia selecção de mais do que um ponto em caso de Ruas, Praças, etc, e duas observações no caso de Avenidas. Os recrutamentos foram feitos por telefone.

A selecção dos acessos *outdoor* (no concelho de Faro e também na amostra não satisfeita pelo painel de 2008 nos concelhos de Lisboa e Porto) foi feita a partir de uma base de contactos destes locais em cada concelho, procurando assegurar dispersão geográfica entre os pontos avaliados e variedade por tipo de local (centros comerciais e outras zonas de lazer, universidades, escolas, aeroportos, outros).

Nos mapas seguintes apresentam-se os pontos de observações efectivos.

Estudo de Aferição da Qualidade do Serviço de Acesso à Internet Banda Larga

Figura 1 - Pontos de observações no concelho de Faro

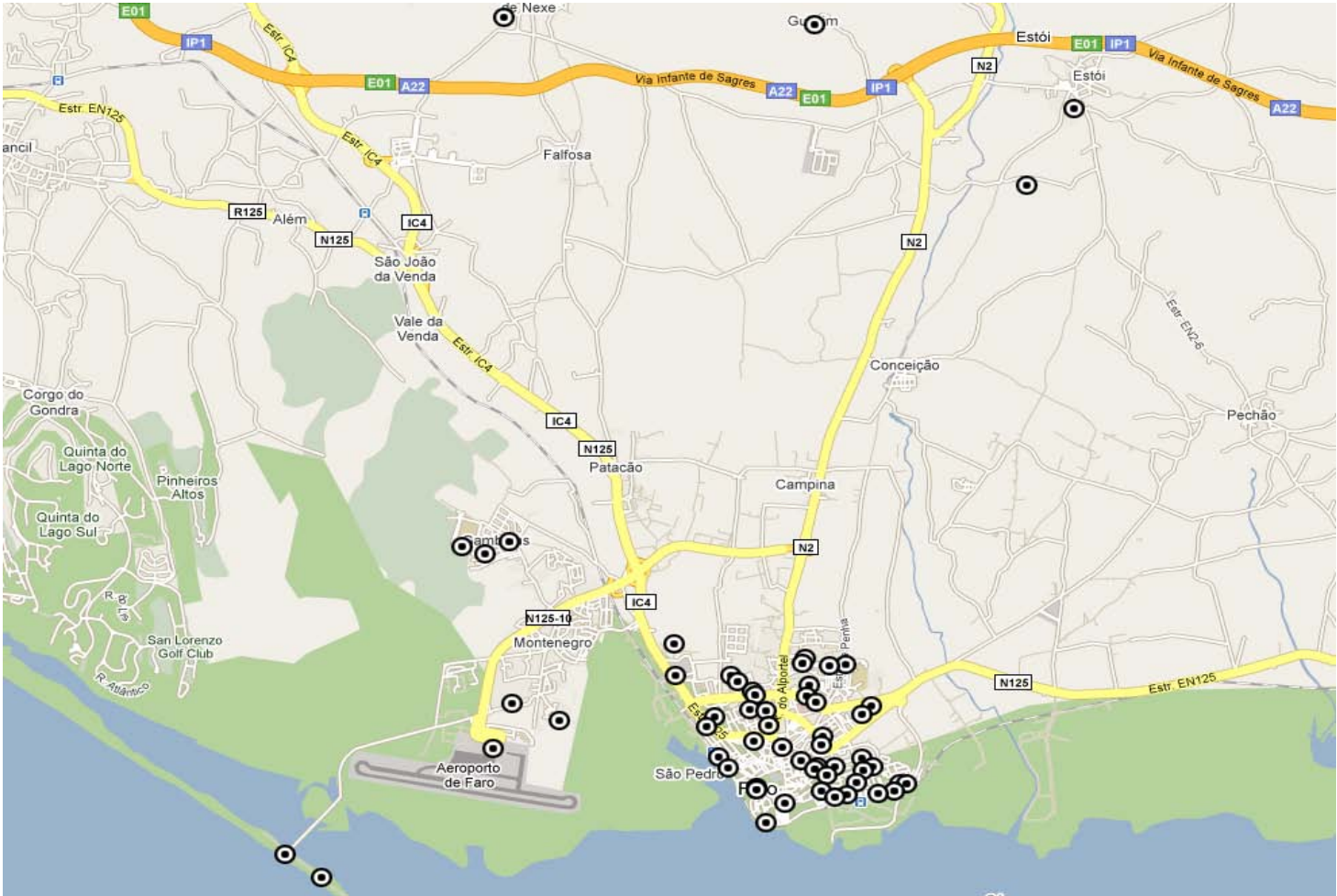
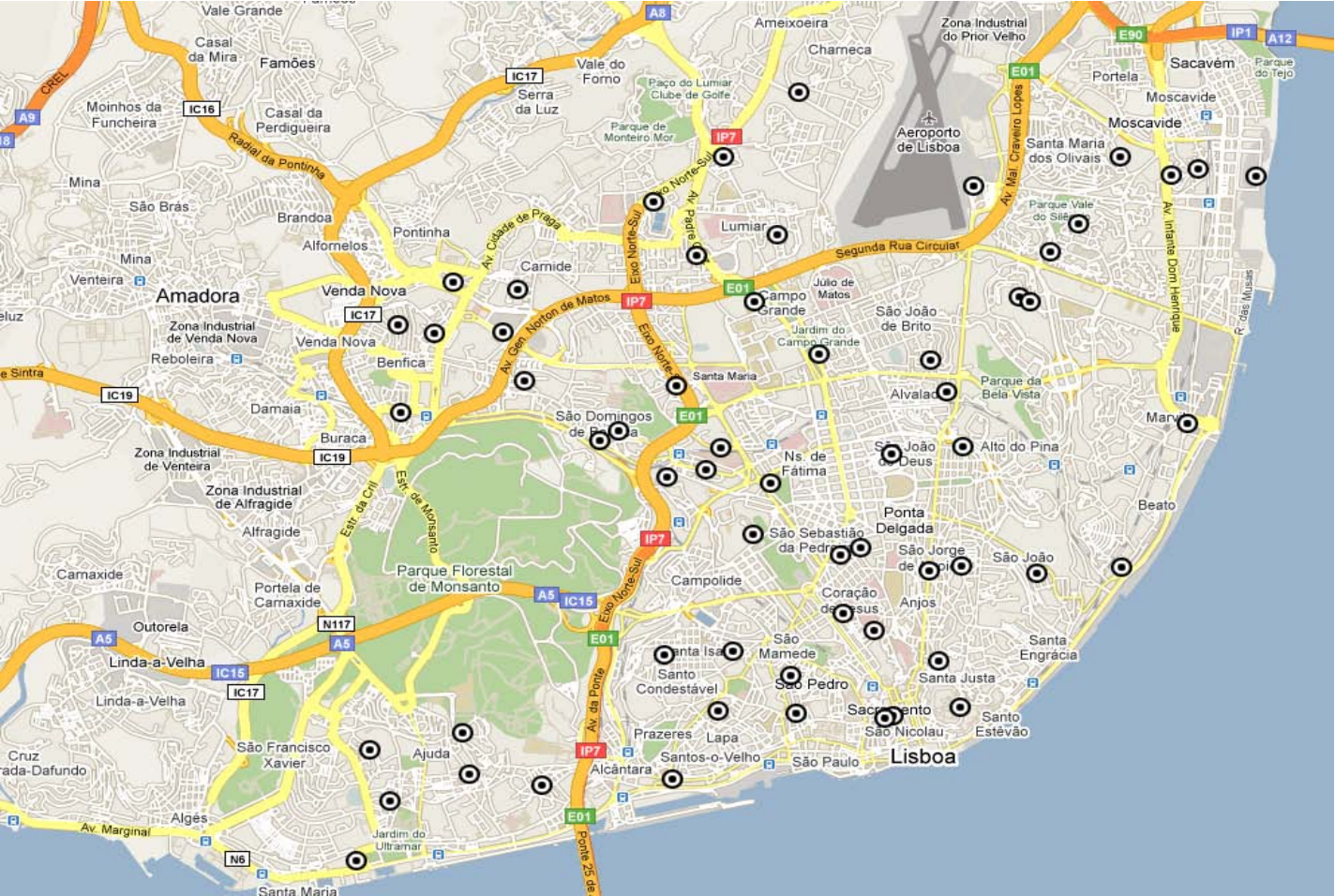
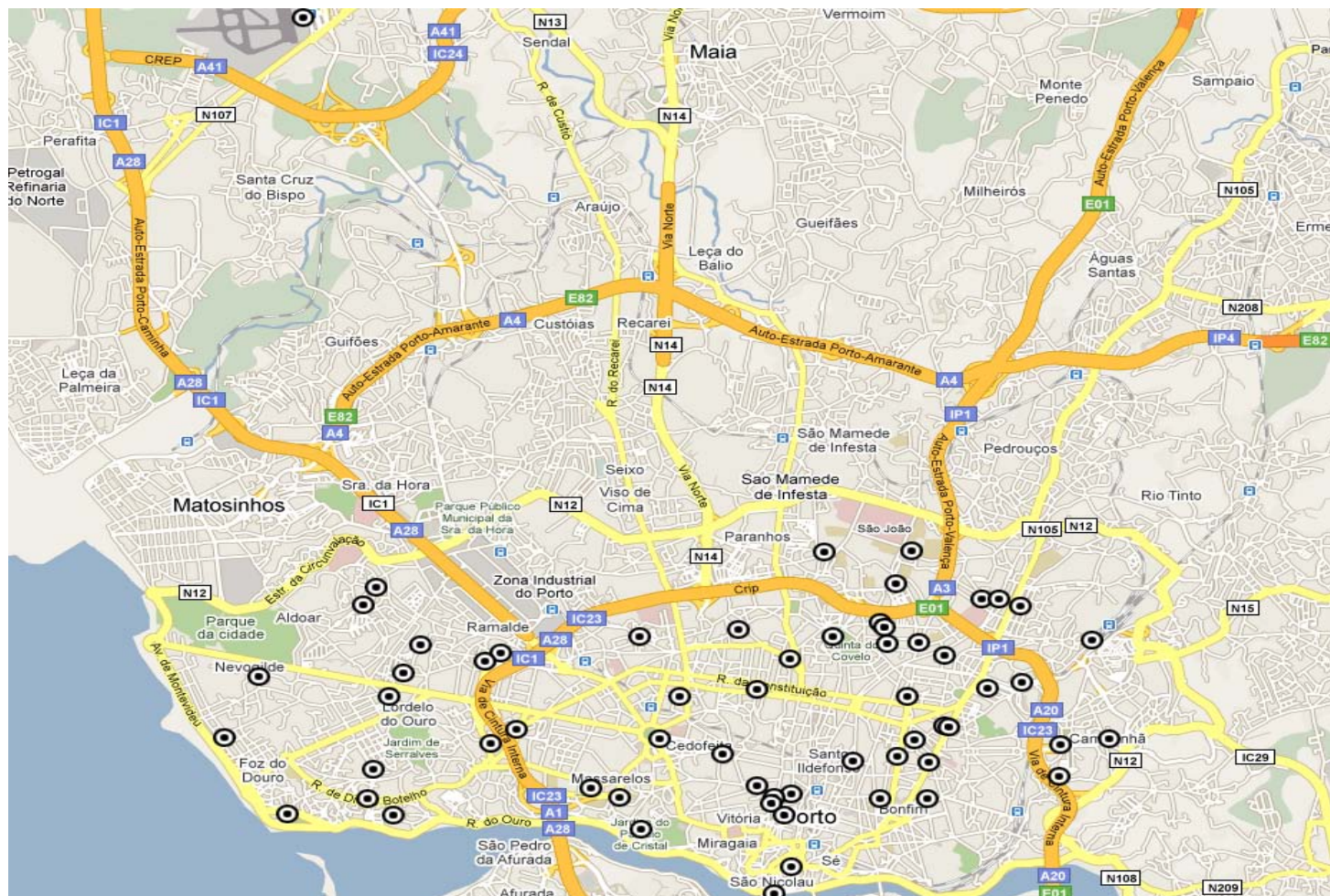


Figura 2 - Pontos de observações no concelho de Lisboa



Estudo de Aferição da Qualidade do Serviço de Acesso à Internet Banda Larga

Figura 3 - Pontos de observações no concelho de Porto



Na Tabela 1 apresenta-se as dimensões amostrais obtidas. Deve-se ter em conta que em cada local do painel foi realizado um total de 61 medições: 9 por cada dia da semana e 8 por cada dia de fim-de-semana.

Tabela 1 - Dimensão amostral por segmento

| Segmento | Amostra |
|--|---------|
| Utilizadores UMTS | 540 |
| Utilizadores UMTS por Operador | 180 |
| Medições: por indicador e operador | 32.940 |
| Medições: por indicador, operador e cidade | 10.980 |

Da análise do quadro anterior é possível verificar que se constituiu um painel de 180 locais, distribuídos equitativamente entre os concelhos de Lisboa, Porto e Faro (60 utilizadores por concelho). Em cada local, foram avaliados os três operadores já referidos, o que permitiu definir uma amostra total de 540 utilizadores.

No caso das medições por indicador e operador, por cada período horário foram realizados pelo menos três testes (um teste para o servidor na FCCN e dois para os servidores em ISP internacionais, sendo eles um na Europa e um nos E.U.A.), desta forma tem-se 3 testes X 61 períodos X 180 lares, obtendo-se 32.940 medições por indicador e operador e 10.980 medições por indicador, operador e cidade (3 testes X 61 períodos X 60 lares).

O estudo incidiu sobre as ofertas comerciais de cada operador apresentadas seguidamente.

Tabela 2 - Oferta comercial estudada por operador de acesso móvel¹

| Operador Móvel | Tecnologia | Designação da oferta comercial | Velocidade máxima de Download (Mbps) | Velocidade máxima de Upload (Kbps) |
|----------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| Optimus | UMTA-HSDPA ² | Kanguru Basic | 2 | 384 |
| TMN | UMTS-HSDPA | Banda Larga pré-paga 10/25 | 2 | 384 |
| Vodafone | UMTA-HSDPA | Vita Net Plus | 2 | 384 |

A realização dos testes decorreu nos dias úteis e fins-de-semana entre 27 de Novembro de 2009 e 7 de Fevereiro de 2010³, conforme a seguinte distribuição horária:

¹ Os operadores têm diferentes interpretações relativamente à velocidade máxima de download das ofertas em estudo. Apesar da oferta comercial analisada indicar velocidades máximas até 2 Mbps em *downlink*, e 384 Kbps em *uplink*, os perfis registados no HLR têm velocidades diferentes dependendo do operador. Os SIM cards da TMN têm velocidades definidas de 2560 Kbps no *downlink* e 5824 Kbps no *uplink*. A Vodafone configura os perfis associados aos SIM cards com velocidades máximas de 2432 Kbps no *downlink* e 384 Kbps no *uplink*. Já a Optimus têm como velocidades máximas definidas 2432 Kbps no *downlink* e 576 Kbps no *uplink*. É possível verificar que todos os operadores permitem velocidades de download superiores às anunciadas em termos comerciais, e que a TMN e a Optimus permitem igualmente velocidades de *uplink* superiores às definidas comercialmente.

² High-Speed Downlink Packet Access

³ Interrupção de medições entre os dias 23 de Dezembro de 2009 e 3 de Janeiro de 2010 por se considerar como um período atípico.

Tabela 3 - Distribuição dos testes para o acesso móvel

| Ordem | Dias Úteis | Fins-de-Semana |
|--------------------|------------|----------------|
| Das 8 às 10 horas | X | X |
| Das 10 às 12 horas | X | X |
| Das 12 às 16 horas | X | X |
| Das 16 às 18 horas | X | X |
| Das 18 às 20 horas | X | X |
| Das 20 às 21 horas | X | X |
| Das 21 às 23 horas | X | X |
| Das 23 à 1 hora | X | X |
| Da 1 às 4 horas | X | X |

1.3 Controlo de qualidade dos resultados

Foi assegurado um rigoroso controlo de qualidade do trabalho realizado em todas as etapas. Na fase de recolha da informação, foram monitorizados regularmente os dados recolhidos, com vista a detectar situações anómalas que afectassem a qualidade das medições. Posteriormente, o controlo de qualidade da informação recolhida passou pela análise de valores atípicos. Foram identificados *Outliers* em várias medidas que se justificaram por downtime de servidor(es). Estes valores foram excluídos.

1.4 Precisão dos resultados

A precisão dos resultados⁴ obtida para uma média, com um nível de confiança de 95%, para um dos indicadores recolhidos (neste caso a velocidade de *Download*) descreve-se no seguinte quadro:

⁴ A *Precisão Absoluta* dos resultados, também designada por Margem de Erro (Absoluta), corresponde a metade da amplitude do intervalo de confiança para a variável em estudo. A *Precisão Relativa* corresponde à percentagem da Precisão Absoluta sobre a estimativa obtida para essa mesma variável.

Tabela 4 – Precisão (absoluta e relativa) para a velocidade de transferência em *Download*, por operador, servidor e concelho

| | | Precisão Absoluta (kbps) | | | Precisão Relativa | | |
|--------|----------|--------------------------|------|----------|-------------------|------|----------|
| | | OPTIMUS | TMN | Vodafone | OPTIMUS | TMN | Vodafone |
| FARO | USA | 5,05 | 2,44 | 4,86 | 0,5% | 0,3% | 0,5% |
| | UK | 17,49 | 5,75 | 16,66 | 1,1% | 0,5% | 1,0% |
| | Nacional | 19,77 | 7,27 | 19,90 | 1,3% | 0,6% | 1,2% |
| LISBOA | USA | 4,61 | 2,15 | 5,17 | 0,4% | 0,3% | 0,5% |
| | UK | 18,19 | 5,82 | 17,15 | 1,0% | 0,5% | 0,9% |
| | Nacional | 19,36 | 7,00 | 19,09 | 1,0% | 0,5% | 1,0% |
| PORTO | USA | 4,79 | 1,83 | 4,24 | 0,5% | 0,3% | 0,4% |
| | UK | 13,84 | 6,36 | 12,17 | 0,9% | 0,5% | 0,7% |
| | Nacional | 13,19 | 7,58 | 15,07 | 0,8% | 0,6% | 0,7% |

De notar que, para o cálculo da margem de erro, se utilizou a fórmula correspondente a uma amostragem aleatória simples uma vez que não se conhecem os pesos das variáveis de cruzamento.

Para uma leitura mais detalhada das Margens de Erro consultar o Relatório no Anexo 4.1.

1.5 Ponderação

Os resultados foram ajustados de modo que as observações amostrais ponderadas pelas modalidades das variáveis *Dia da semana* e *Período*, após o ajustamento, fiquem com o mesmo peso dentro de cada operador, servidor e concelho.

1.6 Arquitectura Técnica, Modo de Funcionamento e Detalhe dos Componentes

1.6.1 Arquitectura Técnica

A solução técnica usada para a aferição da qualidade do serviço de acesso à banda larga móvel foi o TEMS™ Automatic.

O TEMS™ Automatic é um sistema autónomo que possibilita a aferição da qualidade percebida pelo utilizador final, disponibilizando um volume elevado de informação que pode ser usada para uma comparação estatística isenta e precisa do desempenho

de vários operadores móveis ou de várias ofertas comerciais dentro de um operador móvel. Permite obter também detalhes para a identificação/resolução de problemas e análises. As medidas são efectuadas sem intervenção humana.

A arquitectura do sistema TEMS™ Automatic implementada para este estudo consistiu em:

- a. 30 Unidades remotas de medida: MTU
- b. 1 Servidor central para colecta de dados e processamento
- c. 1 Servidor FTP/HTTP instalado na FCCN
- d. 2 Servidores internacionais (Houston, Londres)

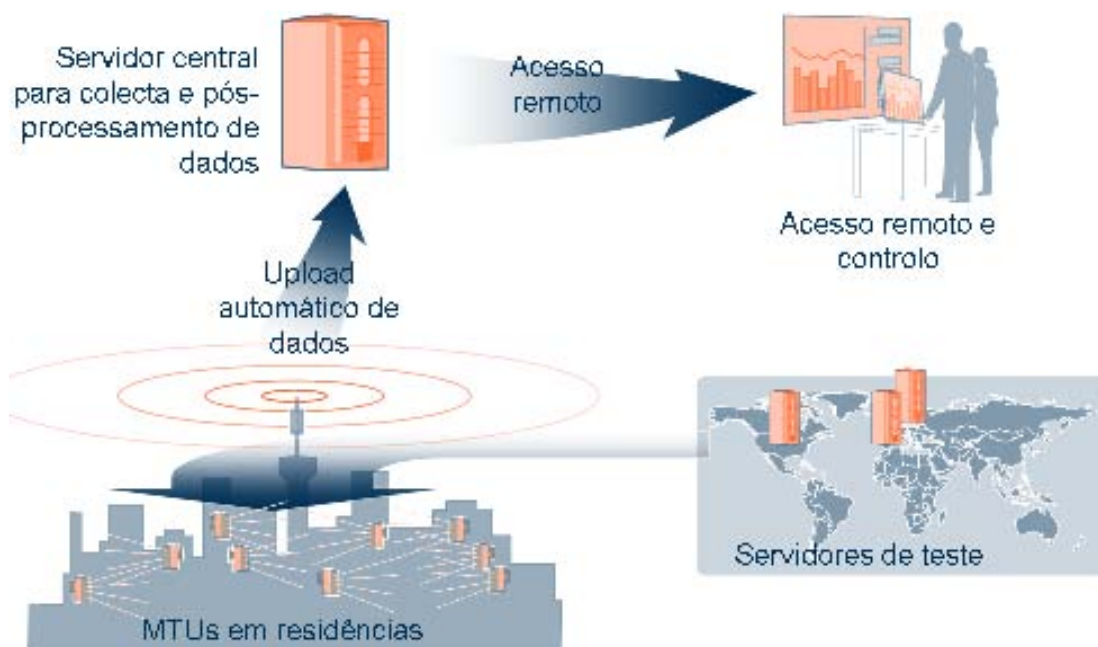


Figura 4 - Arquitectura de Testes

As unidades remotas de medida (doravante designadas por MTU) foram colocadas em modo estático nos diversos acessos *indoor* e *outdoor*, efectuando os testes pretendidos de forma automática nos momentos previamente determinados.

Os testes foram efectuados aferindo as ligações do MTU a cada um dos três servidores. Após o MTU colectar os dados dos testes, estes são enviados para o servidor central, para pós-processamento.

As ordens de trabalho foram enviadas para os MTU de forma automática, após estes terem sido instalados nos vários acessos. O envio dos dados colectados para o servidor central é também automático, efectuado em intervalos regulares.

O pós-processamento dos dados é efectuado no momento em que estes são recebidos no servidor central, sendo adicionados à base de dados do sistema para posterior análise. A partir daqui foi criada uma base de dados massivamente populada considerando todos os dados recolhidos que possibilitem uma comparação estatística robusta entre operadores.

1.6.2 Modo de funcionamento

A colocação dos MTU foi precedida de uma verificação de cobertura, garantindo que a potência (RSCP – Received Signal Code Power) mínima para o sinal UMTS de -90dBm. Verificou-se também a existência de tecnologia HSDPA para os três operadores.

Cumprida esta condição, seguiu-se a execução dos testes por um período de uma semana por local, cumprindo o mesmo critério para todos os acessos que fizeram parte da amostra para as cidades de Faro, Lisboa e Porto, 60 locais em cada um dos concelhos num total de 180.

As unidades mantiveram-se imóveis (estáticas) durante o período de colecta e desobstruídas.

As sequências de testes, efectuados pelas unidades de medida, usaram aplicações informáticas que permitiram aferir os indicadores apresentados neste estudo para cada operador, com recurso a ligações a todos os servidores de teste, nacionais e internacionais.

Pelo facto de ser usada uma única placa de dados 3G com antena externa na unidade de medidas, foram garantidas as mesmas condições de propagação para os três operadores. Os testes foram separados no tempo com intervalos mínimos, fazendo uso

da função “SIM Multiplexing” da unidade de medidas. Assim, um SIM de cada operador usou alternadamente uma única placa de dados 3G para transferência da página HTTP, “upload” ou “download” do ficheiro binário por *FTP*, efectuar o Ping, ou os testes de Streaming aos servidores alvo de teste.

1.6.3 Detalhe dos componentes

Unidade remota de medidas MTU

A unidade MTU utilizada no estudo foi a MTU750.

Uma única antena externa ligada à placa de dados da unidade garante exactamente as mesmas condições rádio para os 3 operadores em análise. Cada uma destas unidades foi geo-referenciada por forma a localizar o acesso *indoor* ou *outdoor*.

A placa de dados incluída no MTU750 é compatível com as especificações 3GPP, permitindo débitos HSDPA até 7,2 Mbps e HSUPA até 2Mbps (*Option Globetrotter data card used in MTU750 is a 7,2 Mbps/2Mbps capable data card*).

No MTU estavam instalados 3 SIMs de dados, para efectuar os testes a cada um dos operadores (Optimus, Vodafone e TMN).

Figura 5- MTU750



Servidores *FTP/HTTP* Nacional e Internacionais

Para a aferição dos indicadores para cada um dos operadores, os MTU efectuaram testes de HTTP, FTP, Streaming e PING a um servidor nacional e 2 servidores internacionais com as seguintes características:

| | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| Portugal (Lisboa FCCN): | Sun Solaris 10 |
| | RAM 16GB |
| USA (Houston): | Microsoft Windows Server 2003 SP2 |
| | Intel Xeon CPU 2.4GHz |
| | RAM 2GB |
| UK (Londres): | Microsoft Windows Server 2003 SP2 |
| | Intel Core2 Duo CPU 2.93GHz |
| | RAM 2GB |

2. Metodologia - Acessos Fixos

2.1 População Alvo

A população-alvo é constituída pelos lares de Portugal Continental onde resida pelo menos um indivíduo que utilize a Internet a partir de sua casa, tendo como ISP (Internet Service Provider) um dos seguintes Operadores e Pacotes correspondentes:

Tabela 5 – Oferta Comercial estudada por Operador de Acesso Fixo

| ISPs Alvo | Tecnologia | Oferta Comercial a Analisar | |
|------------------|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| | | Velocidade máxima de <i>Download</i> | Velocidade máxima de <i>Upload</i> |
| Cabovisão | Cabo | 10Mbps | 512Kb |
| Clix | ADSL | 24Mbps | 1Mbps |
| Sapo | ADSL | 4Mbps | 1Mbps |
| Vodafone | ADSL | 12Mbps | 1Mbps |
| Zon | Cabo | 10Mbps | 512Kb |

As ofertas analisadas correspondem à Oferta mais representativa do Operador.

2.2 Definição e selecção da amostra

O método para a selecção da amostra corresponde a uma amostragem probabilística. Foi desenhada uma amostra aleatória estratificada por região (Tabela 6) e, dentro de cada uma destas, por NUTIII, tendo sido seleccionada a partir de listagens de endereços incluídos nas regiões consideradas neste estudo. A estratificação por região foi distribuída proporcionalmente ao número de lares clientes dos operadores e das ofertas em estudo em cada uma das regiões.

Dentro do lar foi seleccionado um dos principais decisores pela contratação do serviço de Internet. Foram excluídos do estudos todos os lares em que pelo menos um dos elementos trabalhasse em entidade ou departamentos relacionados com: ICP-ANACOM, telecomunicações ou estudos de mercado. O recrutamento foi feito por telefone.

Em cada lar foi seleccionado apenas um acesso que durante o período de testes (sete dias), permaneceu reservado à realização dos testes (consultar ponto 2.6 Após controlo

de qualidade, foram consideradas 258 medições válidas, que se distribuem da seguinte forma:

Tabela 6 - Dimensão amostral por segmento (ISP e Região)

| ISP | Nº de medições | Região | Nº de medições |
|-----------|----------------|--------------------|----------------|
| Cabovisão | 52 | Algarve e Alentejo | 25 |
| Clix | 52 | Centro | 57 |
| Sapo | 51 | Lisboa | 102 |
| Vodafone | 53 | Grande Porto | 39 |
| Zon | 50 | Norte | 35 |

Note-se que a distribuição por região teve por único objectivo garantir uma dispersão geográfica das medições e não a obtenção de representatividade estatística.

As regiões apresentadas correspondem a uma agregação das regiões NUTIII:

- **Algarve a Alentejo:** Alentejo Central; Alentejo Litoral; Alto Alentejo; Baixo Alentejo; Lezíria do Tejo; Algarve.
- **Centro:** Baixo Mondego; Baixo Vouga; Beira Interior Norte; Beira Interior Sul; Cova da Beira; Dão-Lafões; Médio Tejo; Oeste; Pinhal Interior Norte; Pinhal Interior Sul; Pinhal Litoral; Serra da Estrela.
- **Lisboa:** Grande Lisboa; Península de Setúbal.
- **Grande Porto**
- **Norte:** Alto Trás-os-Montes; Ave; Cávado; Douro; Entre Douro e Vouga; Minho-Lima; Tâmega.

Em cada lar foi realizado um total de 61 medições (9 por dia da semana e 8 por cada fim-de-semana). Em cada indicador, operador e período horário foram realizados pelo menos 3 testes (um teste para o servidor na FCCN e dois para os servidores em ISP internacionais), desta forma tem-se 3 testes X 61 períodos X 52 lares, obtendo-se 9.516 medições por indicador e operador, em média.

A realização dos testes decorreu durante os dias úteis e fins-de-semana entre 5 de Dezembro de 2009 e 17 de Março de 2010⁵, conforme a seguinte distribuição horária:

Tabela 7 - Distribuição dos testes para o acesso fixo

| Ordem | Dias Úteis | Fins-de-Semana |
|--------------------|------------|----------------|
| Das 8 às 10 horas | X | X |
| Das 10 às 12 horas | X | X |
| Das 12 às 16 horas | X | X |
| Das 16 às 18 horas | X | X |
| Das 18 às 20 horas | X | X |
| Das 20 às 21 horas | X | X |
| Das 21 às 23 horas | X | X |
| Das 23 à 1 hora | X | X |
| Da 1 às 4 horas | X | X |

2.3 Controlo de qualidade dos resultados

Em todas as etapas do estudo foi feito um rigoroso controlo de qualidade do trabalho realizado. Na primeira fase, durante o período de recolha dos dados, foi feita uma monitorização regular dos dados recolhidos com vista à detecção de situações anómalas. Alguns exemplos passam pela identificação de velocidades máximas superiores às declaradas pelos participantes, estando, por isso, fora do Universo em estudo, ou velocidades muito baixas justificadas por causas imputáveis ao painelista. Paralelamente, foi solicitado a todos os painelistas, e não apenas nos casos que suscitaram dúvidas, o envio da factura para confirmar a oferta comercial em análise durante o período de testes.

Após as medições, foi feita a identificação de *Outliers* para posterior análise. Foram eliminados os valores extremos justificados por *downtime* de servidor(es) ou falhas

⁵ Interrupção de medições entre os dias 23 de Dezembro de 2009 e 3 de Janeiro de 2010 por se considerar como um período atípico.

imputáveis aos painelistas. Os restantes valores, apesar de extremos, foram mantidos uma vez que não foram atribuíveis a outras fontes que não o serviço do operador.

2.4 Precisão dos resultados

A precisão dos resultados obtida para uma média, com um nível de confiança de 95%, para um dos indicadores recolhidos (neste caso a velocidade de Download) descreve-se no seguinte quadro:

Tabela 8 – Precisão (absoluta e relativa) para Velocidade de Transferência em Download, por operador e servidor

| | | Precisão Absoluta (kbps) | | | | | Precisão Relativa | | | | |
|----------|----------|--------------------------|--------|-------|----------|--------|-------------------|------|------|----------|------|
| | | Cabovisão | Clix | Sapo | Vodafone | Zon | Cabovisão | Clix | Sapo | Vodafone | Zon |
| Servidor | USA | 42,18 | 34,53 | 45,44 | 20,30 | 55,74 | 2,3% | 1,8% | 2,2% | 1,0% | 2,6% |
| | UK | 68,69 | 64,95 | 57,78 | 59,74 | 92,58 | 1,7% | 2,0% | 2,4% | 1,5% | 2,3% |
| | Nacional | 102,98 | 164,45 | 59,17 | 186,08 | 120,04 | 1,4% | 2,6% | 2,2% | 2,0% | 1,5% |

De notar que, para o cálculo da margem de erro, se utilizou a fórmula correspondente a uma amostragem aleatória simples uma vez que não se conhecem os pesos das variáveis de cruzamento.

Para uma leitura mais detalhada das Margens de Erro deve ser consultado o Anexo 6.1.

2.5 Ponderação

A cada elemento da amostra foi atribuído um peso que permitiu a inferência estatística para o conjunto da população alvo. O método utilizado para a determinação destes pesos, ou factores de extrapolação, foi o ajustamento por margens que acerta os resultados obtidos a totais conhecidos de variáveis auxiliares com o objectivo de corrigir eventuais distorções observadas na amostra.

Numa primeira fase ponderou-se cada painalista tendo em conta a região e operador a que pertence tendo por base a informação fornecida pelos ISP quanto ao peso de cada região no total dos clientes respectivos da Oferta em análise.

Posteriormente, procedeu-se a um ajustamento que consistiu em substituir os ponderadores iniciais dos indivíduos da amostra pelos ponderadores finais ajustados, sendo estes tão próximos quanto possível dos iniciais, utilizando uma função distância que satisfizesse as seguintes restrições: para as variáveis *Dia da semana* e *Período*, as observações ponderadas das modalidades destas variáveis na amostra, após o ajustamento, ficaram com o mesmo peso dentro de cada operador e servidor.

A determinação destes ponderadores assume-se então como um problema de optimização cujo objectivo é a minimização da distância entre os pesos iniciais e os finais ajustados, sujeita às condições que garantem que as variáveis auxiliares extrapoladas com os pesos finais ajustados sejam iguais aos totais populacionais conhecidos.

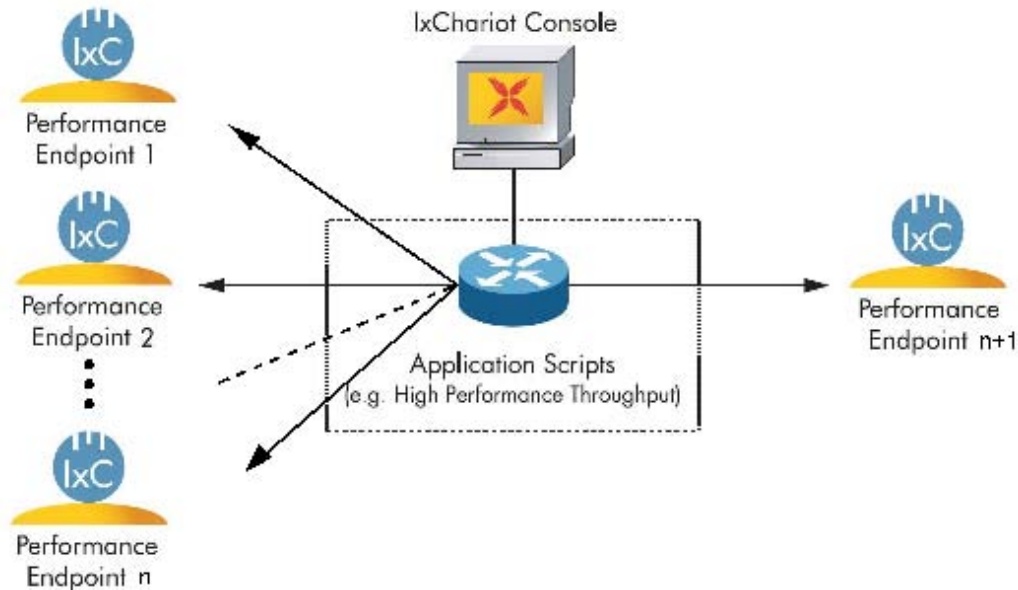
2.6 Arquitectura Técnica, Modo de Funcionamento e Detalhe dos Componentes

A solução utilizada para a aferição da qualidade do serviço de acesso à banda larga fixa foi a ferramenta IxChariot.

Tendo como objectivo de teste a aferição de qualidade de serviço de ISPs, o IxChariot permitiu medir o desempenho do serviço de acesso à Internet de forma a identificar características descritivas da experiência do utilizador.

IxChariot é uma solução geradora e analisadora de tráfego criando com precisão fluxos de dados entre transacções cliente/servidor, oferecendo fluxos de tráfego reais entre pontos terminais de rede (endpoints) para os mais relevantes protocolos de transporte (TCP, UDP, RTP, IPX).

Figura 6- Componentes do sistema IxChariot



Na Figura 6 estão representados os componentes do sistema IxChariot. Os testes são efectuados de um “Endpoint” para outro “Endpoint”, o agendamento e as ordens de execução dos testes são enviados pela “IxChariot Console”. O Performance Endpoint n+1 corresponde aos agentes de *software* instalados nos servidores nacionais e internacionais.

Para este serviço a solução consistiu em colocar um “Performance Endpoint” nos servidores alvo nacionais e internacionais, alocados para esta aferição. Os restantes Endpoints são agentes de *hardware* que foram instalados nos lares dos painelistas com ligações banda larga a aferir. A “IxChariot Console” fez a gestão e agendamento dos testes entre os vários “Performance Endpoints” distribuídos nas redes e o “Performance Endpoint” instalado nos servidores nacionais e internacionais (Performance Endpoint n+1) cuja descrição já foi incluída no detalhe dos testes móveis (servidores alvo comuns).

A “IxChariot Console” efectuou o agendamento, colecta e armazenamento dos dados obtidos através dos testes efectuados, em conjunto com a aplicação “Aptixia Test Conductor”.

Como resultado, obtêm-se medidas detalhadas da experiência do utilizador final, assim como medidas indicadoras do desempenho da rede.

O tráfego aplicacional numa rede é dinâmico, o que se traduz numa variedade estatística de medidas de desempenho em constante mudança. Através da distribuição de pontos finais de rede (IxChariot endpoints), o IxChariot permite obter uma imagem da rede em cada instante, permitindo identificar eventuais problemas de desempenho da mesma.

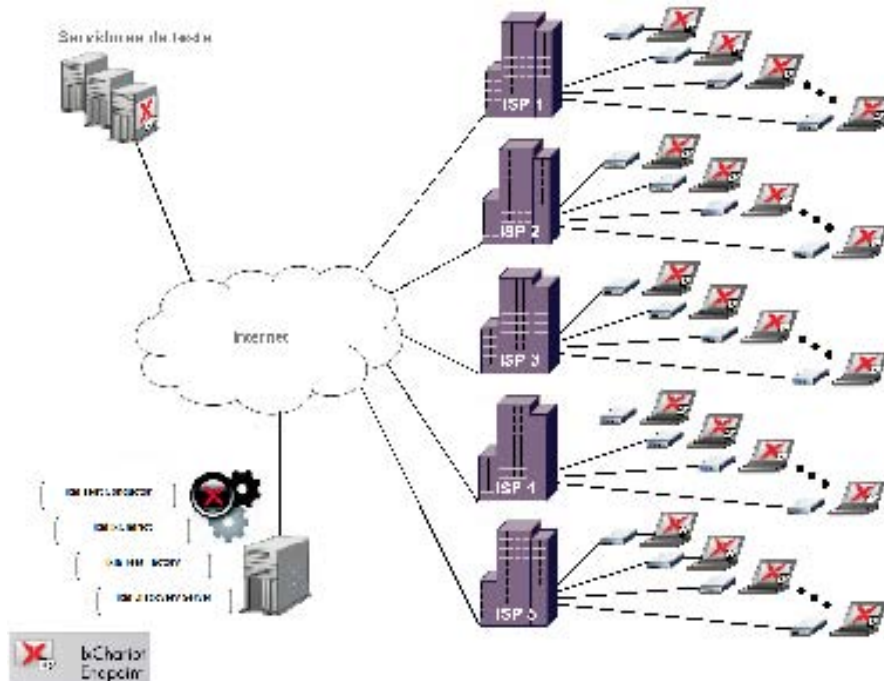
No caso particular das transferências de ficheiros através do *Bittorrent* (testes *Peer-to-Peer*) foi implementado uma topologia de teste semelhante a uma transferência por *FTP*, ou seja incluiu-se em cada transferência apenas 2 *peers* (um ficou instalado num cliente teste/residência, o outro num servidor alvo). Os testes foram realizados à semelhança dos restantes através do *IxChariot* (emulação de *Bittorrent*). Não existe um controlo de largura de banda centralizado da ferramenta, em vez disso cada *peer* é responsável por tentar maximizar a sua largura de banda de *download* através de uma variante de um conhecido mecanismo intitulado “tit-for-tat”⁶. Este mecanismo baseia-se simplesmente num efeito de reciprocidade entre *peers* quando todos colaboram na partilha dos ficheiros. Ou seja se um *peer* que inicie um *download* de um ficheiro mostrar vontade de cooperar, deixando que outros *peers* realizem em simultâneo o *upload* desse mesmo ficheiro, vai automaticamente beneficiar de mais velocidade no *download*. Quando o processo de *download* é iniciado pela primeira vez os *peers* por defeito são optimistas e contam todos com a colaboração entre si. Após os primeiros segundos de trocas de ficheiros, caso este optimismo inicial não seja confirmado para alguns *peers* (disponibilidade para *upload*), então será exercido o mecanismo chamado de asfixia (*choking*) da velocidade de *upload* de uns que significa o *download* para outros. No caso concreto dos testes efectuados foram utilizados apenas 2 *peers* configurados da forma mais optimista para que fosse maximizada a largura de banda em ambos os sentidos. Em termos de publicação de resultados foram apresentados os testes referentes ao sentido de *download* em analogia à transferência por *FTP*.

Arquitectura do Sistema

⁶ http://en.wikipedia.org/wiki/Nice_Guys_Finish_First

As unidades de medida (agentes de hardware) foram instaladas em casa dos painelistas, através de envio dos agentes de *hardware*. Os agentes serão detectados pela solução *Discovery Server* após instalação correcta.

Figura 7 - Arquitectura do sistema proposto



O controlo remoto de cada um dos agentes de *software* foi feito através do “IxChariot Console”, canto inferior esquerdo da Figura 7, instalado numa máquina independente, proporcionando em conjunto com o “Aptixia Test Conductor” o agendamento detalhado através de ordens de trabalho nos domínios do tempo, operador, tecnologia, tipo de aplicação, etc.

Identificação do agente

A solução oferecida identificou cada um dos clientes através do IP atribuído. A eventual alteração do IP por refrescamento automático do ISP ou outra situação como a reinicialização da máquina, foi contemplada através de um serviço de DNS dinâmico.

Foi também usado um código único no momento da instalação para verificação do registo a cada execução da aplicação.

3. Experiência do Utilizador

O conhecimento e experiência do público em serviços de telecomunicações e uso de Internet estão a aumentar, aumentando também a expectativa no bom desempenho dos serviços contratados. Num mercado de telecomunicações em crescimento, em que novos serviços são criados e implementados com rapidez, os utilizadores finais avaliam os operadores pela oferta disponível de serviços e pelo desempenho dos mesmos.

A qualidade de serviço percebida pelo utilizador (vulgarmente chamada de QoE – “*Quality of Experience*”) é parcialmente determinada por factores gerais tais como tempo de activação/estabelecimento da ligação, sucesso no acesso ao serviço e parcialmente pela ligação efectiva, ou seja, velocidade, tempos de *download*, *upload* e latência.

A qualidade de serviço está também relacionada com diferentes indicadores consoante o tipo de aplicação usada, dado que aplicações diferentes têm requisitos diferentes.

Apresentam-se de seguida as transacções mais frequentes bem como os factores diferenciadores para o seu bom desempenho.

Web Browsing

A qualidade de *Web Browsing* está normalmente associada ao tempo de localização e *download* de páginas de Internet através de um qualquer *Web Browser*. A velocidade ou largura de banda e latência são factores que contribuem para uma melhor experiência neste tipo de transacções.

Transferência de ficheiros

Consiste no típico *download* de ficheiros, normalmente de aplicações, documentos, músicas, imagens, com recurso a um protocolo de comunicações específico para a transferência de ficheiros, como o *FTP*, ou por vezes o *HTTP*. O factor diferenciador para uma boa percepção de transferência de ficheiros é a velocidade de *download* e *upload*.

Partilha de ficheiros (P2P)

A partilha de ficheiros ou *Peer-to-peer (P2P)* é um modo comum para transferência de ficheiros de vários tipos, tais como música e filmes⁷. Este tipo de tráfego, normalmente associado a *happy hours*, resulta em volumes elevados de informação, reduzindo de forma geral a largura de banda disponível nesses períodos horários durante os quais também é comum os operadores implementarem políticas de controlo de largura da banda (mecanismos de gestão de tráfego). Neste caso são factores diferenciadores a velocidade de *download* e *upload*.

Gaming

Existe actualmente uma variedade significativa de jogos *on-line*, tanto para terminais móveis como para PC, que necessitam de ligações à Internet que garantam interactividade com outros utilizadores. A latência e perda de pacotes constituem características diferenciadoras dessas ligações, de forma a garantir uma boa percepção do ponto de vista do utilizador. Nesta perspectiva são também importantes as velocidades de *upload* e *download*.

Neste estudo foram usadas aplicações habitualmente usadas para aferição efectiva de indicadores de desempenho do ponto de vista do utilizador final, nomeadamente:

- a. Transferência de ficheiros – protocolo *FTP*

⁷ A referência ao *download* de música e filmes é realizada num contexto de utilização legítima. Não é objectivo deste estudo efectuar quaisquer considerações acerca dos conteúdos transferidos ou de apropriação ilegal de direitos de autor. O enquadramento da aferição deste indicador é estritamente realizado no âmbito da neutralidade de rede, cujo princípio fundamental está claramente expresso no quadro regulatório europeu no domínio das telecomunicações através da emenda 46 do *Telecom Package*. Actualmente decorre também ao nível do *BEREC* o trabalho acerca da futura definição das práticas aceitáveis e das inaceitáveis, no domínio da gestão do tráfego, que são actualmente adoptadas pelos ISPs.

- b. Transferência de ficheiros – protocolo *P2P*
- c. *Web Browsing* - protocolo *HTTP*
- d. Latência – *PING* (protocolo *ICMP*)

Apresentamos de seguida algumas **definições** para uma melhor percepção do conteúdo técnico deste documento.

Download

Transferência de conteúdos a partir de uma localização na Internet para o computador pessoal.

Upload

Transferência de conteúdos a partir do computador pessoal para uma qualquer localização na Internet.

kbps (kbit/s)

Unidade para medida da velocidade (de *download* e *upload*).

kB (kByte)

Unidade para medida de volume de dados.

Velocidade de transferência / Velocidade em *Web Browsing*

Velocidade a que os dados são transmitidos entre computadores. Dado que os volumes de dados a transferir são cada vez maiores, pretende-se uma velocidade elevada de forma a reduzir os tempos de transferência. A página *Web* usada nos testes é composta por uma página inicial e páginas secundárias implementadas separadamente, em conformidade com o W3C (*World Wide Web Consortium*), com uma mistura de imagens, desenhos e texto, com a dimensão aproximada de 150kB. Associada a essa página estavam quatro *links* a partir da homepage, cada uma delas com texto e imagem com um tamanho aproximado de 100kB.

Pacote de dados

O pacote de dados é composto por uma sequência bits transmitidos segundo uma estrutura de dados bem definida. Quando têm que ser transmitidos, os dados são divididos de acordo com essas estruturas de dados (pacotes) que contêm, entre outra, a informação que lhes permite chegar ao destino (computador destino). No destino, os pacotes são agrupados de forma a recuperar a informação original.

Latência

Numa rede de dados, a latência é definida como o tempo que um pacote de dados demora para chegar de um ponto a outro (da origem até ao destino). É bastante comum medir a latência através da aplicação *PING*. Esta aplicação permite o envio de um pacote *ECHO Request* cuja resposta consiste num *ECHO Reply*, proveniente do destino. O tempo entre o envio do *ECHO Request* e a recepção do *ECHO reply* dividido por dois define-se como latência ou *one-way delay*.

4. Indicadores

Nesta secção são apresentados os indicadores analisados no âmbito deste estudo, incluindo medidas de fiabilidade do acesso à internet e desempenho aplicacional, nomeadamente Web Browsing, transferência de ficheiros, etc.

Insucesso no acesso ao serviço

Havendo disponibilidade de serviço numa área (possibilidade de fazer acessos à Internet, garantido por cobertura existente do operador e disponibilidade da tecnologia necessária para o efeito) é importante saber que o serviço está pronto a ser usado em qualquer momento.

Este indicador fornece a percentagem dos casos em que não se consegue efectuar uma ligação à rede de dados. As causas de falha podem estar relacionadas com condições da rede.

Causas de falha no acesso ao serviço

Este indicador detalha qual a falha responsável pelo insucesso no acesso ao serviço.

A conectividade das redes móveis a redes externas (Internet) é baseada na criação e manutenção de “contextos PDP”, para os móveis e redes de dados relevantes. *PDP* significa *Packet Data Protocol*. Por forma a enviar e receber dados, o dispositivo móvel (telemóvel ou placa) cria o que é chamado de “Contexto PDP”. Este contexto PDP permite a transferência de dados entre o dispositivo móvel e o acesso à Internet (mecanismo que estabelece, perante o sistema, a autenticação e a autorização do utilizador para beneficiação do serviço).

IP significa “*Internet Protocol*”, e especifica como segmentar a informação em pacotes de dados de modo que possam ser transferidos de um ponto para outro, especificando inclusivamente os endereços de origem e destino de e para onde devem ser transferidos os pacotes.

Resumindo e simplificando todo o processo à forma de análise efectuada, o dispositivo móvel garante conectividade entre si e a rede de dados do operador através do “Contexto PDP”, e a conectividade da rede de dados do operador à Internet é garantida através da “Ligação IP”.

Tempo de activação/estabelecimento da ligação

Este indicador representa o tempo necessário para aceder ao serviço com sucesso, isto é, activar o “Contexto PDP” e efectuar um acesso ao serviço específico.

Latência

A latência é o tempo decorrido entre o início de uma transacção e a primeira resposta a essa mesma transacção. É uma das propriedades fundamentais que afecta a eficiência dos protocolos de comunicação *HTTP* e *TCP*.

Para garantir o bom desempenho das ligações, convém que a latência seja baixa (quanto mais baixa for a latência, melhor desempenho). A latência determina com que rapidez se consegue estabelecer uma ligação *TCP* e, em alguns casos, a velocidade máxima da transferência de dados.

Para o utilizador final este indicador significa que, se a latência for muito elevada, pode não se atingir a velocidade pretendida ou demorar mais tempo a atingi-la. Este indicador é particularmente importante no carregamento de páginas (*web browsing*) constituídas por vários objectos.

O *PING* é uma forma de medir latência numa rede, usando o comando *Echo* do protocolo *ICMP*. Envia um padrão de dados para um ponto da rede e requisita ao ponto para enviar a resposta com o mesmo padrão. Este processo permite ao *PING* medir o tempo decorrido entre o pedido e a resposta. O tamanho do pacote *PING* usado neste estudo foi de 256bytes

NOTA: a latência medida com PING é usada como um indicador genérico. Há muitos factores que afectam a latência de diferentes protocolos e aplicações.

Tempo de carregamento de página (*Web Browsing*)

Os tempos de *Download* de página em *Web Browsing* são, regra geral, mais perceptíveis para o utilizador final, uma vez que representam o tempo de espera para a visualização total da página pretendida. É usada a porta 80 (habitual para *HTTP* sobre *TCP*).

Velocidade de transferência de ficheiro

A velocidade de transferência de ficheiro é definida como o volume de dados transferido de um ponto da rede para outro no tempo. É tipicamente medido em Kilobit/s (Kbps) ou Mbit/s (Mbps). É importante notar que devem ser usados ficheiros de volume relativamente elevado face à velocidade do acesso de forma a correctamente aferir a velocidade. Isto deve-se ao facto de que, por exemplo, para cada sessão *FTP*, existem um número de atrasos constantes devidos ao tempo de estabelecimento da ligação e a arranques dos protocolos subjacentes (*TCP*), cujo impacto deve ser minimizado relativamente ao tempo real de transferência. No caso das transferências através do *Bittorrent* apesar da aplicação dividir a totalidade do ficheiro a transmitir em porções iguais de 250 kB ou ainda em sub-porções de 16 kB (em caso do acesso ser lento) foi usado um ficheiro de dimensão total idêntico ao usado no *FTP*.

Assim para garantir uma aferição rigorosa das transferências em *Upload* e *Download*, os ficheiros de teste deverão possuir uma dimensão (em kB) recomendada de pelo menos duas vezes o tamanho máximo da ligação em kbps. Todavia sempre que possível foi implementada uma razão quatro vezes superior.

No entanto, devido ao facto de se ter verificado alguma variabilidade das velocidades reais (velocidades mais reduzidas) relativamente às anunciadas, com a consequência imediata sobre o comprometimento das janelas temporais disponíveis para realização das baterias de testes foi implementado um esquema de dimensões de ficheiros adaptativas. Sendo assim e relativamente aos ficheiros de teste utilizados para os acessos fixos, a dimensão dos mesmos teve em consideração o valor médio da velocidade, *download* e *upload*, obtida para cada um dos acessos em teste (tendo em conta a regra respeitante ao tamanho dos ficheiros anteriormente descrita).

No caso dos acessos da rede móvel foram usados ficheiros binários gerados aleatoriamente, com a dimensão de 4 MB em *download* e 1,6 MB em *upload*. O ficheiro utilizado foi o mesmo para todos os operadores, dado que as velocidades anunciadas entre todos seriam semelhantes.

NOTA: a velocidade em transferência de ficheiro (protocolo FTP) é muito diferente da velocidade em WEB Browsing (protocolo HTTP). A velocidade atingida ao longo de uma

sessão HTTP é muito mais baixa do que a conseguida ao longo de uma sessão FTP. A razão para este facto é que o protocolo HTTP é muito afectado pela latência (RTT), principalmente em redes móveis. As transferências HTTP requerem múltiplas conexões TCP, assim como “DNS lookup”. Cada ligação TCP requer vários RTT’s para abrir totalmente a janela de envio de TCP, e cada “DNS lookup” requer vários RTT’s antes de mapear o nome do domínio ao IP. Estes RTT’s de TCP/DNS degradam significativamente o desempenho do HTTP. À luz desta diferença, a velocidade em WEB Browsing e a velocidade de transferência de ficheiros não são comparáveis directamente.

Perda de Pacotes

A perda de pacotes pode ser causada por vários factores, incluindo corrupção de dados, largura de banda insuficiente e entrega de pacotes fora de ordem. Qualquer perda de pacotes afecta a qualidade de serviço, no entanto o seu impacto varia com a aplicação em causa. Para aferição da perda de pacotes é usado um script de streaming, aplicação para a qual a perda de pacotes tem impacto na qualidade de serviço.

Jitter

Quando um datagrama é enviado, o emissor adiciona-lhe um timestamp. Quando é recebido, o receptor adiciona outro timestamp. Estes dois timestamps são usados para calcular o tempo de trânsito do datagrama. Se o tempo de trânsito dos datagramas para o mesmo teste entre diferentes sessões for diferente, o teste experimenta jitter. Na prática os efeitos do *Jitter* são semelhantes aos da perda de pacotes, visto que o *jitter* provoca “*buffer starvation*” cujo efeito é equivalente à perda de pacotes.

A quantidade de *jitter* num teste depende do grau de diferença entre os tempos de trânsito dos datagramas. Se o tempo de trânsito para todos os datagramas for semelhante (independentemente do tempo de trânsito), o teste não experimenta *jitter*.

Tempo de resolução de DNS (Domain Name System)

A qualidade da experiência de utilização em *Web Browsing* é geralmente atribuída ao tempo associado à localização (resolução do endereço de página) e ao carregamento da página desejada pela aplicação *Web Browser*.

Um dos parâmetros que mais contribui para o bom desempenho desta aplicação é o tempo de resposta do servidor de resolução de página (*DNS – server response time*). Uma das suas utilizações mais correntes é a tradução de nomes de máquinas nos seus endereços IP e vice-versa.

De modo a se poder aferir o tempo de resolução do servidor de *DNS*, a cada bateria de testes foi realizado o acesso a cerca de cem *Web Pages* (Top 100 das páginas mais visitadas por utilizadores Portugueses).

O objectivo deste teste seria aferir o desempenho percebido pelos utilizadores residenciais que normalmente utilizam os servidores *DNS* fornecidos pelos seus ISPs utilizando para o efeito uma configuração *DHCP* (*Dynamic Host Configuration Protocol*) nos seus interfaces de rede. Desta forma foram eliminados todos os mecanismos de *cache* locais para resolução *DNS* (sistema operativo e Internet *browser*).