# Tecnologia de Comunicações Móvel: Caso OniWay

José Faísca

*(Abril 2009)*

***Resumo* — Este texto analisa o conceito e as tecnologias que envolvem as comunicações móveis, bem como o caso OniWay, de modo a servir como ponto de partida para um entendimento dos acontecimentos.**

***Termos de Índex*— Tecnologia móvel, comunicações, OniWay**

## I. Introdução

Aos sistemas móveis analógicos de primeira geração seguiu-se o GSM. Surgia a terceira geração de comunicações móveis (3G), que combinava as tecnologias móveis sem fios com uma grande capacidade de transmissão de dados. Os sistemas 3G prometiam o acesso a serviços Internet adaptados às necessidades específicas dos utilizadores móveis através de aplicações multimédia para imagens, vídeo, som e voz. Assim, a convergência, materializada nas comunicações 3G, das duas principais tendências tecnológicas, a Internet e as comunicações móveis, teriam certamente grande importância social e económica.

O êxito do GSM conduziu a um trabalho contínuo de todos os interessados para preparar uma implantação coordenada e coerente das redes e serviços de 3ª geração. Tal implicou o desenvolvimento de uma plataforma tecnológica comum (UMTS), a harmonização do espectro de radiofrequências e a definição do ambiente regulamentar. Além disso, o dinamismo do mercado das comunicações móveis 2G favoreceu o surgimento de grandes operadores de redes e serviços capazes de se empenharem nas comunicações 3G em grande escala.

Os telefones celulares de primeira geração (hoje designados de 1G), que surgiram nos anos 80, utilizavam padrões analógicos, o que gerava distorções na voz e instabilidade na rede. Essa rede foi gradualmente substituída pela rede de segunda geração (2G) que digitalizou o tráfego. Além disso, com a introdução do sistema 2G, o sistema multiplexado – que divide a banda, permitindo que várias informações trafeguem sem que interfiram uma na outra – foi bastante aprimorado. A 2G não tem, no entanto, capacidade de transmissão de dados avançada. Esta capacidade avançada surge com as tecnologias 2.5G e 3G. A rede 2G não será no entanto substituída facilmente.

Em Portugal forma atribuídas quatro licenças para o sistema 3G (UMTS). As licenças foram obtidas pelos operadores já licenciados (TMN, Vodafone e Optimus) e ainda por um quarto operador, a OniWay.

## II. Comutação de pacotes

No contexto de redes de computadores, a comutação de pacotes (packet switching) é um paradigma de comunicação de dados em que pacotes (unidade de transferência de informação) são individualmente encaminhados entre nós da rede através de ligações de dados tipicamente partilhadas por outros nós. Este contrasta com o paradigma rival, a comutação de circuitos (circuit switching), que estabelece uma ligação virtual entre ambos os nós para seu uso exclusivo durante a transmissão (mesmo quando não haja nada a transmitir). A comutação de pacotes é utilizada para optimizar a largura de banda da rede, minimizar a latência (i.e., o tempo que o pacote demora a atravessar a rede) e aumentar a robustez da comunicação.

A comutação de pacotes é mais complexa, apresentando maior variação na qualidade de serviço, introduzindo atrasos vários; porém, utiliza melhor os recursos da rede, uma vez que são utilizadas técnicas de multiplexagem temporal estatística.

## III. Frequências de telefone celular

O termo celular refere-se ao facto de que uma área geográfica é dividida em várias áreas de cobertura geográfica, conhecidas como células. Cada célula contém uma estação-base que consiste de uma torre e uma pequena construção que contém o equipamento de rádio que se comunica com estações móveis (enviando ou recebendo sinais) dentro da sua célula. O alcance desses sinais depende de vários factores, como por exemplo, potência de transmissão da estação-base, potência de transmissão da estação móvel, obstáculos, como edifícios, na célula, e altura das antenas da estação-base.

Cada estação-base conecta-se a uma central de comutação de unidade móvel designada MSC (Mobile Switching Center), que gere o estabelecimento e o término de chamadas de e para utilizadores móveis. Um MSC contém muita das

funcionalidades encontradas numa central de comutação telefónica normal, mas ampliada com a funcionalidade adicional requerida para gerir a mobilidade dos seus utilizadores.

O engenho do sistema celular permite uma extensiva reutilização de frequências ao longo de uma cobertura geográfica, de modo que milhões de pessoas possam utilizar os seus telefones celulares de modo simultâneo. Num sistema de telefonia celular o operador de telefonia recebe uma gama de frequências para utilizar ao longo do país. O provedor divide o país em células. Cada célula tem dimensão de vários quilómetros quadrados. As células normalmente são imaginadas como hexágonos de uma grande grade hexagonal. Como os telefones celulares e as estações-base usam transmissores de baixa potência, as mesmas frequências podem ser reutilizadas em células não adjacentes. A abordagem celular requer assim um grande número de estações-base numa cobertura geográfica de qualquer dimensão. Uma grande cidade tem habitualmente centenas de torres.

## IV. Comunicações móveis

A partir da substituição da primeira geração pelos sistemas de segunda geração, passou-se a designar a rede de telefonia móvel por um número, seguido da letra G (1G, 2G, 2.5G, 3G,..).

### *i.Telefonia móvel de primeira geração **(1G)***

O sistema de telefonia móvel de primeira geração ou 1G surgiu em 1980 e caracterizava-se por ser analógico, utilizando modulação em frequência para voz e modulação digital FSK (Frequency Shift Keying) para sinalização. O acesso ao canal de comunicação é obtido através do acesso múltiplo por divisão de frequência, FDMA (Frequency Divison Multiple Access), neste tipo de acesso o espectro de frequências disponível é dividido em faixas relativamente estreitas (30KHZ), que são os canais. Cada um destes canais é alocado a um utilizador no momento de realização da chamada. Esta primeira geração já utilizava o cenceito de células, sendo cada célula servida pelo seu próprio conjunto de rádios transmissores e receptores de baixa potência. O tamanho das células eram na faixa entre 500 metros e 10 Km. O sistema disponibilizava igualmente o roaming (transferência automática de ligações entre sistemas) entre os diferentes operadores de serviço, desde que adoptassem o mesmo sistema.

Outra característica principal era a elevada dimensão do equipamento terminal móvel. Estes equipamentos 1G somente podem ser utilizados para comunicação por voz e têm uma qualidade de ligação muito variável devido à possibilidade de interferências. Outra desvantagem é a baixa segurança que proporcionam, já que é relativamente simples escutar ligações alheias através de um sintonizador de rádio assim como a usurpação de frequência.

### *ii.Telefonia móvel de segunda geração **(2G)***

A telefonia móvel de segunda geração (2G) não é um padrão ou um protocolo estabelecido, é uma forma de designar a mudança de protocolos de telefonia móvel analógica para sistema celular digital, utilizando comunicação por circuito.

A chegada da segunda geração de telefonia móvel surgiu em 1990 e seu desenvolvimento deriva da necessidade de se conseguir ter um maior número de ligações simultâneas praticamente nos mesmos espectros de radiofrequência assignados à telefonia móvel. Foram então introduzidos protocolos de telefonia digital que além de permitir mais conexões simultâneas com a mesma largura de banda, permitiam integrar outros serviços, que anteriormente eram independentes, no mesmo sinal, como o envio de mensagens de texto SMS (Small Messages Service) e capacidade para transmissão de dados entre dispositivos de fax e modem.

O 2G abarca vários protocolos distintos desenvolvidos por várias companhias e incompatíveis entre eles, o que limita a área de utilização dos terminais móveis. Entre os protocolos mais utilizados destaca-se o GSM (Global System por Mobile Communications). A grande difusão do GSM deve-se, em grande parte, ao vasto número de operadoras que adoptaram essa tecnologia, possibilitando facilidades no roaming internacional, por meio de acordos. O GSM opera na faixa de frequência 935-960 MHz para recepção e 890-915 MHz para transmissão.

O GSM tem a estrutura básica dos sistemas celulares e oferece as mesmas funcionalidades básicas dos demais sistemas celulares associadas à mobilidade como roaming e handover entre células. A arquitectura de referência de um sistema GSM é apresentada na figura 1.

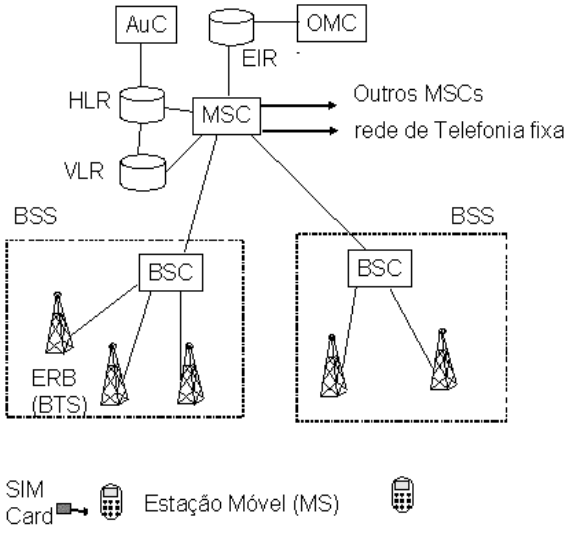


Figura 1: Arquitectura da rede 2G (GSM)

**MS** (Mobile Station) ou Estação Móvel é o terminal utilizado pelo assinante quando carregado com um cartão inteligente conhecido como SIM Card ou Módulo de Identidade do Assinante (Subscriber Identity Module). Sem o SIM Card a

Estação Móvel não está associada a um utilizador e não pode fazer nem receber chamadas.

Uma vez contratado o serviço junto a uma operadora o utilizador passa a dispor de um SIM card que ao ser inserido em qualquer terminal GSM faz com que este passe a assumir a identidade do proprietário do SIM Card. O SIM card armazena entre outras informações um número de 15 dígitos que identifica unicamente uma dada Estação Móvel denominado IMSI ou Identidade Internacional do Assinante Móvel (International Mobile Subscriber Identity). Já o terminal é caracterizado por um número também com 15 dígitos, atribuído pelo fabricante, denominado IMEI ou Identidade Internacional do Equipamento Móvel (International Mobile Station Equipment Identity).

**BSS** (Base Station System) é o sistema encarregado da comunicação com as estações móveis em uma determinada área. É formado por várias Base Transceiver Station (BTS) ou ERBs, que constituem uma célula, e um Base Station Controller (BSC), que controla estas BTSs.

**MSC** (Mobile-Services Switching Centre) é a central responsável pelas funções de comutação e sinalização para as estações móveis localizadas em uma área geográfica designada como a área do MSC. A diferença principal entre um MSC e uma central de comutação fixa é que a MSC tem que levar em consideração a mobilidade dos assinantes (locais ou visitantes), inclusive o handover da comunicação quando estes assinantes se movem de uma célula para outra. O MSC encarregado de rotear chamadas para outros MSCs é chamado de Gateway MSC.

**HLR** (Home Location Register) ou Registo de Assinantes Locais é a base de dados que contém informações sobre os assinantes de um sistema celular.

**VLR** (Visitor Location Register) ou Registo de Assinantes Visitantes é a base de dados que contém a informação sobre os assinantes em visita (roaming) a um sistema celular.

**AuC** (Authentication Center) ou Centro de Autenticação é responsável pela autenticação dos assinantes no uso do sistema. O Centro de Autenticação está associado a um HLR e armazena uma chave de identidade para cada assinante móvel registado naquele HLR possibilitando a autenticação do IMSI do assinante. É também responsável por gerar a chave para criptografar a comunicação entre MS e BTS.

**EIR** (Equipment Identity Register) ou Registo de Identidade do Equipamento é a base de dados que armazena os IMEIs dos terminais móveis de um sistema GSM.

**OMC** (Operational and Maintenance Center) ou Centro de Operação e Manutenção é a entidade funcional através da qual a operadora monitora e controla o sistema.

*iii.Telefonia móvel de segunda e meia geração* ***(2.5G)***

2.5G é a segunda e meia geração de padrões e tecnologias de telefonia móvel, iniciado em 2000, sendo uma versão melhorada do 2G, utilizando comunicação por pacotes (packet switching). É considerada o degrau de transição entre as tecnologias 2G e 3G, embora o termo "2.5G" tenha sido definido pelos mídia, e não oficialmente pela ITU (International Telecommunication Union). Este termo foi criado na verdade para descrever serviços de transmissão mais rápida de dados (banda larga) não oferecidos ainda pela tecnologia 2G, como as tecnologias EDGE (para o padrão GSM).

A 2.5G tem velocidades superiores à 2G e, através de tecnologias de pacotes, permite um acesso à Internet mais flexível e eficiente. Utiliza a tecnologia GPRS (General Packet Radio Service). O GPRS permite estender a arquitectura do padrão GSM, a fim de permitir a transferência de dados por pacotes, com débitos teóricos máximos de aproximadamente 171 kbit/s. Graças ao modo de transferência por pacotes, as transmissões de dados utilizam a rede apenas quando é necessário. O padrão GPRS permite por conseguinte facturar o utilizador de acordo com o volume de dados trocado ao invés da duração de conexão, que significa que o utilizador pode permanecer conectado sem custo adicional.

Assim, o padrão GPRS utiliza a arquitectura da rede GSM para o transporte da voz, e propõe aceder a redes de dados (nomeadamente Internet) que utilizam o protocolo IP (Internet Protocol) ou o protocolo X.25.

O GPRS permite novas utilizações que não permitia a norma GSM, geralmente categorizadas pelas seguintes classes de serviços:

- Serviços PTP: A capacidade de conectar em modo cliente-servidor a uma máquina de uma rede IP;
- Serviços PTMP: A aptidão de enviar um pacote a um grupo de destinatários (Multicast);
- Serviços SMS: mensagens de texto.

A arquitectura GPRS é o primeiro passo para a introdução do UMTS, utilizando toda a estrutura já montada na rede GSM, incluindo-se novos elementos de rede e interfaces, além de modificar alguns já existentes, como mostra a figura 2.

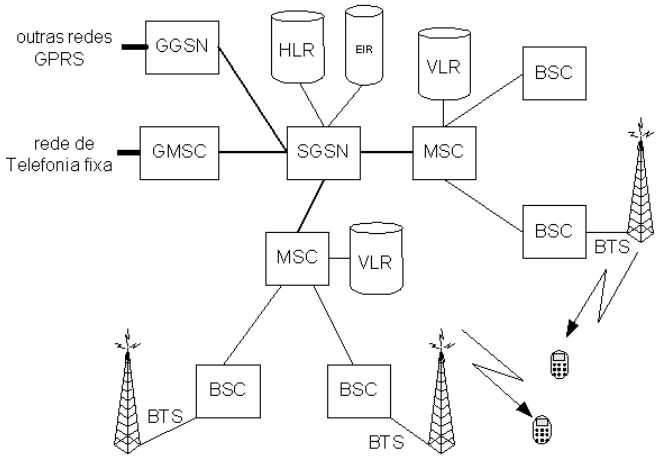


Figura 2: Arquitectura da rede 2.5G (GPRS)

As principais modificações foram :

**MS**: As MSs da geração 2G não conseguem aceder ao sistema de comutação por pacotes. As novas MSs são totalmente compatíveis com o sistema de comutação de circuitos;

**BTS**: Actualização de software nas BTSs existentes;

**BSC**:Actualização de software e instalação de hardware novo, chamado PCU (Packet Control Unit – unidade de controle de pacote), que direcciona o tráfego de dados para a rede GPRS;

**SGSN** (Serving GPRS Support Node) trata-se de um novo elemento de rede. Tal como a MSC era o coração de uma rede GSM, o SGSN é o coração da rede GPRS. Em última análise, o advento do GPRS dividiu o tráfego de voz e dados (que era junto, no sistema GSM) em tráfego de voz, que continua sendo tratado como antes, e tráfego de dados, tratado pela nova arquitectura GPRS;

**GGSN** (Gateway GPRS Support Node) trata-se de um novo elemento de rede que funciona como um gateway do nó de suporte GPRS que provê a conexão com as redes de pacotes externas;

**VLR**, **HLR**, **AuC**, **EIR** e demais bases de dados: actualização do software que forneça as funções do GPRS.

*iv.Telefonia móvel de terceira geração **(3G)***

3G é a terceira geração de padrões e tecnologias de rede celular digital, utilizando comunicação por pacotes (packet switching), iniciado em 2001, substituindo o 2G. É baseado na família de normas da ITU (International Telecommunication Union). A família de sistemas 3G inclui três tipos de tecnologia de rede base:

- GSM
- ANSI-41 (protocolos para sinalização)
- Protocolo Internet (IP)

A ITU definiu as redes móveis 3G com o padrão IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000). Uma organização chamada 3GPP (3rd Generation Partnership Project) continuou esse trabalho definindo um sistema móvel compatível com o padrão IMT-2000. Esse sistema é designado de Sistema Universal de Telecomunicações Móveis (Universal Mobile Telecommunications System – UMTS).

As redes de comunicações 3G IMT-2000 constituíram o mais ambicioso projecto da ITU de todos os tempos. As redes 3G deveriam ser uma das ferramentas do novo milénio que aumentariam a produtividade e o conforto do cidadão da Sociedade da Informação. Em termos práticos o projecto pretendia colocar a comunicação multimédia móvel, de alta qualidade, ao alcance do cidadão comum, da mesma maneira que a comunicação celular se tornou disponível à população. Para fazer frente às colossais dimensões e desafios deste projecto, a UIT estabeleceu para o IMT2000 o emprego de produtos e de faixas de frequências padronizados. A ideia central era a de promover a competição da indústria em todos os mercados mundiais, de modo a que os preços dos serviços 3G fossem acessíveis para o consumidor final, inclusive nos países menos desenvolvidos.

A característica mais importante da tecnologia móvel 3G é a capacidade de suportar um número maior de clientes de voz e dados, especialmente em áreas urbanas, além de maiores taxas de transferência de dados a um custo incremental menor que na 2G. O 3G tem uma capacidade de transmissão de dados entre 144 kbit/s a 2Mb/s. O sistema foi concebido de modo a permitir que os utilizadores tenham roaming global e serviços consistentes entre diferentes operadores 3G.

As funcionalidades de maior destaque no 3G prendem-se precisamente com o aumento de capacidade o que possibilita a prestação de serviços que ultrapassam a mera transmissão da voz, incidindo em aplicações multimédia que envolvem a transmissão de vídeo e a capacidade de fornecer o acesso à Internet com mobilidade.

O Japão foi o primeiro país a implementar o 3G nacionalmente. A empresa Japonesa NTT DOCOMO iniciou o serviço comercial FOMA (Freedom Of Mobile Multimedia Access) de comunicações móveis 3G, baseado na tecnologia UMTS em Outubro 2001.

Na Europa, os serviços comerciais 3G foram introduzidos a partir de Março de 2003, começando pelo Reino Unido e Itália. O Conselho da União Europeia sugeriu às operadoras 3G cobrirem 80% das populações nacionais europeias até ao final de 2005.

A implantação das redes 3G foi tardia em alguns países devido a enormes custos adicionais para licenciamento do espectro. Em muitos países, as redes 3G não usam as mesmas frequências de rádio que as 2G, fazendo com que as operadoras tenham que construir redes completamente novas e licenciar novas frequências; uma excepção são os Estados Unidos em que as empresas operam serviços 3G na mesma frequência que outros serviços. Os custos com licença em alguns países europeus foram particularmente altos devido a

leilões do governo de um número limitado de licenças e a leilões com propostas confidenciais, além da excitação inicial sobre o potencial do 3G. Outros atrasos devem-se a despesas com actualização dos equipamentos para os novos sistemas.

Ao contrário do GSM, o UMTS é baseada num serviço dividido em camadas. No topo está a camada de serviços, que oferece organização rápida de serviços e localização centralizada. No meio está a camada de controlo, que ajuda a actualizar os procedimentos e que capacita a rede a se alocar dinamicamente. Na base está a camada de conectividade onde qualquer tecnologia de transmissão pode ser utilizada e onde o canal de áudio trafega por conexões baseadas na comutação de pacotes de dados, caso do ATM (Asynchronous Transfer Mode), ou IP (Internet Protocol).

Para a implementação da rede UMTS, é acrescentada à infra-estrutura do GPRS um conjunto de equipamentos que permitirão o fornecimento destes novos serviços (figura3):

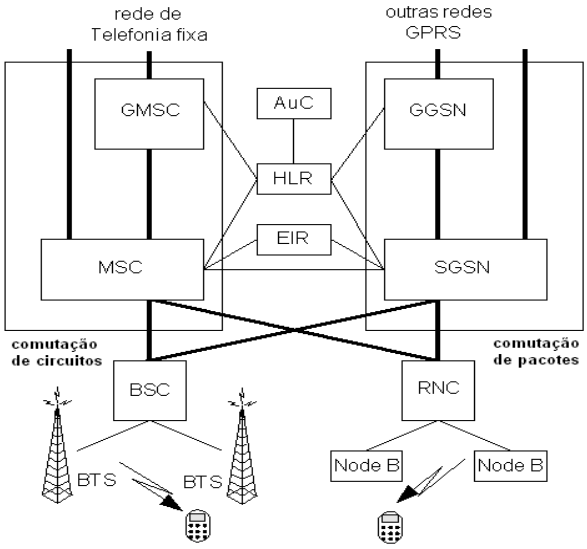


Figura 3: Arquitectura 3G (UMTS)

O padrão UMTS pode ser visto como uma extensão das redes existentes. A arquitectura UMTS utiliza a mesma rede de suporte dos sistemas GPRS, o que consiste numa estratégia de migração muito interessante, de fácil implementação. A principal diferença entre esses sistemas está nos protocolos e interfaces da componente de transmissão aérea.

Quando da migração do GPRS para UMTS apenas os elementos **BSC** e **BTS** não podem ser reutilizados. No entanto eles devem permanecer na rede de modo a permitir dupla operação onde redes 2G e 3G co-existem enquanto a rede de migração e os novos terminais 3G não se encontrarem disponíveis.

A rede UMTS introduz novos elementos da rede que funcionarão como especificado pelo 3GPP:

**Node B** (estação rádio base), é a unidade física de transmissão e recepção de rádio nas células. Uma ou mais células podem ser servidas por um Node B. A sua principal tarefa é a conversão de dados. É análogo à BTS dos sistemas celulares 2G. O Node B é portanto o elemento de redes 3G (UMTS) responsável pela implementação da interface aérea de comunicação com as unidades móveis;

**RNC** (Radio Network Controller), trata-se de um controlador da rede responsável por gerir recursos de radiofrequência, controlar as estações rádio base (Node B), localizar o equipamento dos utilizador e gerir a sua mobilidade.

## V. Terminais UMTS

A complexidade técnica de um telefone 3G depende da sua necessidade de itinerância no legado das redes 2G. Nos primeiros países a implementar a tecnologia, o Japão e a Coreia do Sul, não havia necessidade de incluir capacidades de roaming mais velhos, tais como redes GSM, de forma que os terminais 3G eram pequenos e leves. Na Europa e na América, os fabricantes e operadores de rede necessitavam de terminais 3G dual/multi banda, que operassem em redes 2G e 3G (por exemplo, UMTS e GSM), que acrescentou complexidade, tamanho, peso e custo do handset. Como resultado, no início os telefones europeus UMTS eram significativamente maiores e mais pesados que os terminais UMTS comparáveis no mercado japonês.

## VI. Breve história das comunicações móveis em Portugal

O serviço móvel terrestre, então assente em tecnologia analógica, foi lançado em Portugal em 1989 por um operador constituído pelos CTT e TLP, em consórcio, que mais tarde deu origem à TMN - Telecomunicações Móveis Nacionais, S.A.. Nunca se assistiu a uma grande adesão de clientes ao serviço analógico, em parte devido aos elevados preços então praticados e também à elevada dimensão e peso dos equipamentos terminais disponíveis. O número máximo de aderentes que o serviço analógico teve foi 31.126, em Fevereiro de 1994.

Em 1991, foi aberto um concurso público para atribuição de uma licença de GSM (faixa dos 900 MHz), tendo a Telecel obtido a referida licença. Este operador, que após aquisição pela Vodafone Group PLC se tornaria “Vodafone Telecel - Comunicações Pessoais, S.A.”, iniciou a sua actividade em 1992; nesse mesmo ano a TMN também iniciou a actividade de operador móvel de 2º geração (GSM na faixa dos 900 MHz), tendo-lhe sido atribuída uma licença GSM para esse efeito.

Em 1997, foi lançado um novo concurso público para a atribuição de uma terceira licença no âmbito do GSM (faixa dos 900 MHz e dos 1800 MHz). A Sociedade Main Road, S.A., única entidade presente a concurso, obteve a licença, e iniciou a sua actividade comercial no ano seguinte com a designação de Optimus - Telecomunicações S.A..

Na sequência da atribuição à Optimus desta licença, foram também atribuídas à TMN e à então Telecel frequências na faixa dos 1800 MHz. No final de Outubro de 1999, a TMN,

que era o único operador que prestava o serviço móvel terrestre analógico, abandonou esta tecnologia.

Em Agosto de 2000, foi aberto um concurso público para a atribuição de quatro licenças para os Sistemas de Telecomunicações Móveis Internacionais (UMTS). As licenças foram obtidas pelos operadores já licenciados para a prestação do serviço móvel terrestre (TMN, Vodafone e Optimus) e ainda por um quarto operador, a OniWay - Infocomunicações S.A, que nunca iniciou a sua actividade.

A Vodafofe foi o primeiro operador a disponibilizar comercialmente serviços 3G/UMTS em Portugal, com o lançamento do "Vodafone Mobile Connect Card" em Fevereiro de 2004, seguindo-se a TMN em Abril 2004 e a Optimus em Junho de 2004.

## VII. Mercado de comunicações móveis

No início de 2001, 63% dos cidadãos comunitários possuíam telefone móvel e eram, na sua esmagadora maioria (235 milhões), assinantes de serviços GSM. O mercado comunitário dos serviços de telecomunicações "valia" mais de 200.000 milhões de euros e apresenta uma taxa de crescimento anual de 12,5%. As comunicações móveis, que cresceram cerca de 38% em 2000, representavam cerca de 30% das receitas totais do sector dos serviços de telecomunicações na UE. Assim, a UE tornou-se líder mundial nas comunicações móveis e os seus operadores e fabricantes de equipamentos estavam entre as empresas do sector mais inovadoras e de crescimento mais rápido.

Á semelhança do que acontecia na UE, Portugal tinha um mercado de comunicações móveis bastante maduro. No primeiro trimestre de 2002 a taxa de penetração era de 77,9% (representando 8.071.300 assinantes), acima da média europeia que apresentava em 30 de Março de 2002, 75,6%. A taxa média anual de crescimento de subscritores correspondia a 19,7%. De referir ainda que a taxa de penetração alcançou 95% no final de 2004.

Segundo um estudo da ITU (International Telecommunication Union) realizado em 2002, Portugal tinha potencial para liderar a Internet móvel: Este estudo concluía que Portugal era um dos países com melhores condições de crescimento ao nível de mercado de Internet móvel. A China, Hong Kong, Dinamarca, Suécia, Suíça e Estados Unidos lideravam o ranking da ITU, que avaliou cada país segundo as infra-estruturas, níveis de utilização e a estrutura de mercado. Em Portugal, os jovens seriam os maiores consumidores neste novo mercado.

Os operadores móveis em Portugal desenvolviam uma ampla gama de produtos dirigidos a diversos tipos de clientes e procuravam responder às suas necessidades de comunicações, para além de os motivarem para outras através de campanhas publicitárias bastante fortes. O acesso e as comunicações eram adquiridos num pacote único, e os operadores frequentemente subsidiavam os equipamentos terminais.

Os vendedores de equipamentos terminais comercializados em Portugal disponibilizavam as últimas novidades dos fabricantes internacionais que ofereciam novas funcionalidades. Para além do estabelecimento das chamadas telefónicas, alguns equipamentos associados a determinados planos tarifários permitiam, nomeadamente, a identificação, a retenção, o reencaminhamento de chamadas e a sua colocação em espera ou chamadas em conferência envolvendo três ou mais utilizadores. Outras funcionalidades que também podem ser referidas incluíam as agendas electrónicas e a disponibilização de jogos diversos.

Por outro lado, o envio de mensagens escritas - SMS - era uma funcionalidade muito utilizada, sobretudo junto das camadas mais jovens da população. Entre o final de 2002 e 2003 houve um acréscimo de SMS de 12%. Em 2003, o total de SMS enviados ascendeu a 2.295 milhões.

Ao mesmo tempo foram sendo introduzidas as mensagens multimédia - os EMS (Enhanced Messaging Service) e os MMS (Multimedia Messaging Service). Os EMS permitem o envio/recepção de SMS combinados com elementos sonoros, gráficos, animações, etc., enquanto que os MMS permitem combinar as mensagens de texto com sons, imagens e vídeos.

## VIII. Estado do sistema UMTS em Dezembro 2002

Atendendo a que o lançamento das redes 3G/UMTS constitui uma componente essencial na consecução dos objectivos da Sociedade de Informação, o critério mais importante (50%) considerado na avaliação das candidaturas ao concurso de UMTS foi a "Contribuição para o desenvolvimento da sociedade de informação", no qual se aferiu, em particular, a prestação de serviços, a população/área coberta e o respectivo faseamento. Por outro lado, tiveram também destaque na apreciação das propostas outros aspectos tais como a Diversidade/diferenciação da gama de serviços e a qualidade de serviço. Resultou assim que as licenças de UMTS vinculam os operadores à disponibilidade de Cobertura e à Oferta de serviços inovadores (incluindo serviços multimédia avançados), entre outros.

É indiscutível que para um desenvolvimento sustentado do mercado UMTS é fundamental que no arranque da exploração comercial estejam reunidas as condições técnicas mínimas que permitam às entidades licenciadas a oferta dos serviços, cobertura e níveis de qualidade estáveis a que as entidades licenciadas se vincularam através das propostas apresentadas a concurso, e que são determinantes para o desenvolvimento e penetração dos serviços. Neste aspecto, não era de ignorar a necessidade de maior maturação dos serviços de transmissão de dados nos sistemas GSM/GPRS, em particular nos que exploram a transmissão por pacotes.

Colocando-se em questão na altura, o estado de implementação das redes, estas garantias, e atendendo também às dificuldades financeiras que os operadores enfrentavam, a adopção de medidas que promoviam as condições anteriormente referidas poderiam contribuir para facilitar e

acelerar a introdução do UMTS e, consequentemente, da Sociedade de Informação, em Portugal.

É notório também, embora tal não fosse enfatizado pelos operadores, que a tecnologia que suportava os acessórios do terminal não estava suficientemente madura, por exemplo, em termos de compromisso de design, disponibilização de ecrãs coloridos e autonomia das baterias. Neste último aspecto - um dos mais negativamente referenciados no serviço FOMA, implementada no Japão pela NTT DoCoMo – era importante ter em conta que os novos serviços eram mais exigentes em termos de velocidade de processamento e utilização intensiva do visor. Não tendo sido, por outro lado, visível uma evolução no domínio de terminais dual/multi banda (terminais 3G com uma capacidade bimodal 2G+3G) devido às dificuldades que se colocava na integração de componentes electrónicos que incluam GSM /GPRS e UMTS. Uma dificuldade acrescida para o desenvolvimento de redes 3G prendia-se com o atraso na obtenção de autorizações para instalação de estações de base derivada, em particular, dos eventuais efeitos na saúde, resultantes da exposição aos campos electromagnéticos. Por forma a contribuir para minorar esta dificuldade - aquisição de locais por parte dos operadores - poderia ser equacionada uma maior informação sobre este tema ao público em geral .

Considerando que o lançamento das redes UMTS teria necessariamente, de se alicerçar numa oferta que, desde logo, assegurasse o interesse dos utilizadores e a confiança do mercado - eliminando eventuais cepticismos em torno desta plataforma - era de reconhecer que os requisitos mínimos para a introdução sustentável do sistema UMTS assentavam em:

- Disponibilidade de terminais dual/multi banda (2G+3G) ;
- Plataformas de serviços multimédia avançados;
- Oferta de serviços, cobertura e níveis de qualidade estáveis;
- Interoperabilidade nos terminais e/ou infra-estrutura de rede.

A argumentação apresentada pelos detentores de licenças UMTS para descrever a situação de implementação dos respectivos projectos recorria, fundamentalmente, a estes aspectos. Em particular, para além do "ambiente financeiro" que se vivia - arrefecimento do mercado das telecomunicações, dívidas de vários operadores - destacam as questões tecnológicas e de mercado como sendo impeditivas de um lançamento sustentável - sem "falsas partidas". Basicamente, a argumentação apresentada pelos titulares de licenças UMTS resume-se a:

- Indisponibilidade de equipamentos: em particular, salientavam por um lado, a indisponibilidade de terminais dual/multi banda (GSM/GPRS e UMTS) e por outro, as questões de implementação, estável, do standard nos equipamentos da infraestrutura de rede e terminais;
- Interoperabilidade: indicam que a estabilidade de funcionamento da rede passava, necessariamente, pela realização dos testes globais de interoperabilidade os quais não estavam totalmente desenvolvidos;
- Plataformas de serviços: referiam que as soluções existentes eram escassas e pouco estáveis, não sendo possível dispor de uma oferta atractiva de serviços multimédia que inclua por exemplo, Serviços de videostreaming;
- Data de arranque prevista: como corolário das contrariedades apresentadas, os operadores (exceptuando a Vodafone) sugeriam que a data praticável para o lançamento comercial do UMTS seria o final de 2003.

Sendo de acolher as questões relevadas pelos operadores, particularmente as que estavam associadas à indisponibilidade de terminais, à inexistência de plataformas de serviços diferenciadoras do 2/2.5 G e à imaturidade tecnológica dos equipamentos (p.ex. em termos de versões do standard e à interoperabilidade) o ICP-ANACOM consultou os potenciais fornecedores de equipamento por forma a, inequivocamente, estabelecer o cenário em termos de desenvolvimento tecnológico. Da análise da informação constante das respostas enviadas à ANACOM, concluiu que o estado de desenvolvimento das redes UMTS das entidades licenciadas estava bastante aquém do que seria necessário para permitir o lançamento comercial de serviços UMTS na data previamente definida (31 de Dezembro de 2002), nos termos previstos nas propostas apresentadas a concurso e assegurando o cumprimento das obrigações constantes nas respectivas licenças.

Na Europa, não se encontrava ainda disponível qualquer serviço 3G comercial, excepto os serviços piloto de pequena escala lançados a título experimental.

Em termos de infra-estrutura de rede salienta-se que:

- A NEC afirmava ter disponível infra-estrutura de rede de acesso de acordo com as especificações 3G de Junho de 2001;
- A Alcatel referia que a sua infra-estrutura 3G estava conforme com as especificações 3G de Junho de 2001 e encontrava-se disponível para implementação, sendo conduzidos em paralelo testes de optimização. Encontrava-se a trabalhar na versão compatível com as normas 3G de Março de 2002.
- A Ericsson dispunha de soluções de rede de acesso e core disponíveis do ponto de vista técnico. Estas infra-estruturas cumpriam as especificações 3G de Março de 2002, tendo inclusivamente efectuado diversos testes de interoperabilidade com os principais fornecedores de tecnologia, encontrando-se a efectuar testes Rádio-Rádio e handover com GSM.

Relativamente aos equipamentos terminais:

- A NEC estimava que a partir de Outubro de 2003 estaria em condições de fornecer, em quantidades comerciais, equipamentos terminais NEC dual/multi

banda (2G+3G), implementando as especificações 3G de Março de 2002.

- A Nokia indicava a disponibilidade comercial de terminais duais/multi banda para o 1º semestre de 2003, permitindo vários serviços (p.ex. Videotelefonia, Videostreaming). Indicando capacidades de 128/64 kbit/s para Uplink/Downlink, respectivamente.

Mais tarde surgiram o Motorola A820 dual/multi banda (anunciado em Fevereiro, 2002) e o Nokia 6650 dual/multi banda (anunciado em Setembro, 2002).

## IX.Caso OniWay

A OniWay planeava iniciar a sua actividade com a utilização dos terminais móveis de terceira geração em Janeiro de 2003. O arranque estava marcado, mesmo que se verificassem adiamentos por parte do ICP-ANACOM. A Oniway estaria preparada para o arranque da operação de UMTS dentro da data prevista pelo regulador, 31 de Dezembro de 2002.

Na realidade a OniWay realizou testes com a tecnologia 3G, utilizando o centro técnico em Ermesinde, que alojava o equipamento tecnológico que ia gerir a rede no norte de Portugal, havendo noticias oficiais de que a primeira chamada foi realizada em Novembro 2001, na presença de um representante do ICP-ANACOM. A chamada de voz efectuada utilizou a norma europeia de comunicações UMTS, produzida pelo comité 3GPP (3rd Generation Partnership Project), tendo sido utilizado um terminal de terceira geração da Nortel, ainda em protótipo na altura. Na sequência deste teste, a OniWay demonstrou a interoperabilidade da rede UMTS com a rede fixa e rede GSM.

A OniWay não chegou no entanto a iniciar a sua actividade, tendo a sua licença de UMTS sido revogada em Janeiro de 2003. A OniWay não estava licenciada pelo ICP-ANACOM para estabelecer uma rede GSM, no entanto, contornou esta dificuldade ao estabelecer um acordo de itinerância nacional com a TMN para roaming e partilha de infra-estruturas de rede GSM, GPRS e UMTS, que lhe permitia a prestação de serviços UMTS sobre a rede GSM daquele operador.

Paralelamente solicitou a interligação com as redes GSM da Vodafone e a da Optimus. A OniWay pretendia também ter acesso às redes dos outros operadores móveis e nesse âmbito também prestar serviços suportados em GSM, que lhe davam a possibilidade de lançar a sua actividade durante o primeiro semestre de 2002.

O ICP-ANACOM considerou que a introdução em condições competitivas de serviços inovadores de 2.5G pela OniWay, contribuiriam para o desenvolvimento de serviços avançados que, numa óptica do utilizador, são serviços em muitos casos semelhantes aos de 3G, embora prestados a partir de diferentes redes de acesso.

Ao mesmo tempo, o ICP-ANACOM queria evitar que a instalação de uma nova rede GSM, através da atribuição de frequências pelo período de 15 anos, constituísse um factor de desincentivo ao desenvolvimento da rede UMTS, ao contrário de toda a orientação europeia nesta matéria.

No entanto, apesar das deliberações do ICP-ANACOM (de 20 e 27 de Junho, de 24 de Setembro e de 18 de Outubro de 2002) para que a Vodafone e a Optimus assegurassem a interligação à OniWay, esta nunca se viria a concretizar.

A licença UMTS da OniWay, a pedido da empresa, veio a ser revogada, por despacho do Ministro da Economia, de 13 de Janeiro de 2003, fundamentado em parecer do ICP-ANACOM, que entendeu então o seguinte: "... no momento actual, o interesse público não é prejudicado com a decisão daquele operador (OniWay) de não lançamento da actividade.

Nesta avaliação a ANACOM tem em conta, quer o estádio actual de desenvolvimento do UMTS - ausência de início de exploração comercial por parte dos demais licenciados, quer a possibilidade de actuação efectiva do regulador no mercado móvel em Portugal, tal como actualmente configurado, através dos instrumentos de regulação disponíveis, cujo reforço se verificará no presente ano em virtude do novo quadro regulamentar das comunicações electrónicas".

Entretanto, por despacho do Ministro da Economia, precedido de um parecer do ICP-ANACOM, foi decidido atribuir aos 3 operadores móveis, a 28 de Janeiro de 2003, 2x5 MHz de espectro emparelhado adicional para a exploração do UMTS, que havia sido atribuído anteriormente à OniWay.

Relativamente ao início da actividade do UMTS, após solicitação dos operadores licenciados, o arranque foi adiado para 31 de Dezembro de 2002. No final de 2002, o ICP-ANACOM considerou que ainda não se encontravam reunidas as condições adequadas para o início da actividade, pelo que o prazo para o seu início foi novamente prorrogado até 31 de Dezembro de 2003. Já em 2004, o ICP-ANACOM decidiu que estavam reunidas as condições para dar início à exploração do sistema UMTS, no dia 1 de Janeiro de 2004. Contudo, atendendo à limitada disponibilidade de equipamentos terminais e de infra-estruturas de rede no mercado, admitiu a existência de uma fase pré-comercial, após a qual deveria ter início a oferta comercial do UMTS, em 1 de Julho de 2004.

### *i.Interligação de redes*

A maioria dos licenciadores internacionais UMTS consideram o roaming global e transparente como um assunto de máxima importância. Para disponibilizar um alto grau de interoperabilidade a maioria dos telefones UMTS suportam várias frequências diferentes, incluindo GSM.

Em Portugal o ICP-ANACOM estabelece no Decreto-Lei n.º 415/98, de 31 de Dezembro o regime de interligação entre redes públicas de telecomunicações num ambiente de mercados abertos e concorrenciais, por forma a permitir a interoperabilidade de serviços de telecomunicações de uso público.

*ii.Obrigatoriedade de roaming nacional*

Pese embora todas as obrigações emergentes dos termos do concurso público e das propostas apresentadas constituírem parte integrante das licenças atribuídas aos operadores de UMTS, a obrigatoriedade de roaming nacional fazia parte das principais obrigações.

A oferta de roaming nacional entre os sistemas UMTS e os sistemas de segunda geração (GSM) foi especialmente valorizada. O roaming foi definido no Caderno de Encargos do concurso como "a possibilidade de um operador prestar o serviço aos seus clientes numa determinada zona geográfica, no território nacional, onde não dispõe de cobertura através de meios próprios, entre os sistemas UMTS e os sistemas de segunda geração móvel (GSM)".

Todos os licenciados, também detentores de licença de GSM, propuseram-se oferecer roaming nacional ao novo entrante (a OniWay), tendo aquela oferta ficado sujeita aos seguintes requisitos:

- Duração não inferior a cinco anos, a contar da data de emissão da licença;
- Disponibilização de todos os serviços e facilidades que forem oferecidos pelos operadores de GSM aos seus próprios utilizadores, assegurando as mesmas condições de qualidade de serviço;
- Implementar uma política de preços para o roaming nacional de acordo com os princípios subjacentes nas condições de oferta constantes das propostas apresentadas a concurso.

As condições de oferta de roaming apresentadas pelos licenciados deixariam de ser vinculativas caso o novo entrante viesse a ser declarado com poder de mercado significativo.
De notar ainda que as condições de oferta de roaming ficaram sujeitas a reavaliação, pelo ICP, decorridos dois anos sobre a data de emissão das licenças UMTS.

## X.Compatibilidade e transição da tecnologia

A migração das redes comutadas por circuito (optimizadas para a comunicação de voz) para as redes comutadas por pacotes (estas mais apropriadas para a comunicação multimédia) realizou-se com a transição do 2G para o 2.5G.

Considerando que a prioridade dos sistemas 3G UMTS era a prestação de serviços multimédia, decidiu-se que um dos seus pilares arquitectónicos seria a comutação por pacotes. Devido à maturidade ainda relativa deste tipo de comutação, decidiu-se ainda que os sistemas UMTS contariam com uma interface adicional para comutadores de circuitos, compatíveis com a 2G. Isto por um lado viabilizava o desejado roaming 2G-3G para a era de transição 2G-3G que ora se anunciava, e por outro lado assegurava a prestação do serviço de voz com alta qualidade, no início ainda fora das possibilidades da comutação por pacotes. Numa perspectiva a longo prazo, entretanto, os sistemas 3G UMTS deveriam apoiar-se exclusivamente na comutação por pacotes.

Vale aqui também lembrar os esforços paralelos que se desenvolveram para estender a vida útil das redes 2G, originalmente concebidas para o funcionamento com comutadores de circuitos. Essas redes incorporaram progressivamente novos comutadores de pacotes.

Sendo assim, o UMTS não pode ser visto como um substituto das tecnologias de 2a geração, que continuou a evoluir até ao seu potencial máximo. A rede GSM continua a operar, tendo o UMTS sido gradualmente adicionada ao panorama móvel. As redes GSM/GPRS são assim compatíveis com as redes UMTS.

Os sistemas utilizam diferentes bandas de frequências, de modo que as BTSs (antenas) não interferem entre si. Algumas BTSs podem inclusivamente incluir partes rádio UMTS, utilizando o mesmo suporte físico. As especificações UMTS são desenvolvidas de modo a que haja o máximo de compatibilidade entre os sistemas GSM/GPRS e UMTS. Em 2002 estavam disponíveis telefones dual/multi banda que poderiam ser utilizados em redes 2G e 3G.

## XI.Conclusão

Para financiar os investimentos necessários para as comunicações 3G (bem como o processo em curso de concentrações à escala mundial no sector), os operadores recorreram em grande medida aos mercados financeiros. A subsequente procura de fundos externos, em simultâneo com o alto nível de endividamento dos operadores de telecomunicações, conduziu, em vários casos, à degradação da sua notação de risco de crédito e a diferenciais substanciais nas taxas de juro. Por outro lado, esta deterioração da notação de risco de crédito teve influência na capitalização dos operadores no mercado, o que afecta ainda mais a sua capacidade de financiar os investimentos necessários.

As perspectivas financeiras reajustadas para o sector tiveram implicações para o desenvolvimento de um mercado concorrencial, dado que os encargos financeiros eram especialmente pesados para os novos operadores, como a OniWay, que ainda não criara rede nem presença no mercado. Do mesmo modo, estas pesadas despesas iniciais afectaram negativamente os investimentos previstos para o desenvolvimento de novos serviços 3G, minando o crescimento de uma grande base de consumidores.

O mercado dos novos serviços 3G continuava, em grande medida, por testar, embora houvesse indicações de que os novos serviços móveis de dados poderiam gerar rapidamente uma forte procura no mercado. Esta perspectiva era comprovada com a forte implantação dos novos serviços de dados sem fios no Japão e com o crescimento exponencial do serviço de mensagens SMS na Europa, que representa já 10% das receitas de alguns operadores 2G. Era fundamental que todos os interessados (fabricantes de equipamentos, operadores, fornecedores de serviços e consumidores) adquirissem experiência com as novas aplicações de dados

sem fios. Neste contexto, os operadores e fornecedores de serviços GSM europeus estavam já a utilizar a tecnologia intermédia 2.5G para lançar serviços inovadores.

Esperava-se que a anunciada migração para a gama de serviços 2.5G incentivasse a adopção de novos serviços de dados sem fios. Muitos operadores modernizaram as suas redes GSM a fim de fornecerem serviços GPRS, que ofereciam a função "sempre activo" (modo pacotes comutados) e proporcionam débitos de transmissão de dados superiores aos das redes GSM, mas inferiores aos das futuras redes 3G. A disponibilidade atempada de terminais 3G era importante, mas não era fundamental, além disso, um pico na procura poderia conduzir a preços mais elevados do que numa introdução faseada.

O lançamento dos serviços 2.5G revelava-se uma etapa crucial para uma implantação satisfatória dos serviços 3G, proporcionando um desenvolvimento faseado do mercado e ensaios exaustivos de aplicações semelhantes às 3G, o que permitia adquirir uma perspectiva fiável do futuro mercado dos verdadeiros serviços 3G e criar uma primeira base de clientes através de investimentos relativamente reduzidos no melhoramento das redes GSM.

A OniWay poderia prestar serviços inovadores de 2.5G através do seu acordo com o operador TMN para roaming e partilha de infra-estruturas de rede GSM, no entanto, seria necessária a interligação com as redes GSM da Vodafone e Optimus, algo que tecnicamente era possível. No entanto, apesar da obrigatoriedade de roaming nacional entre os sistemas UMTS e GSM fazer parte das principais obrigações dos termos do concurso público da licença UMTS e apesar das deliberações do regulador ICP-ANACOM para que os outros operadores assegurassem a interligação à OniWay, esta nunca se viria a concretizar.

A licença UMTS que havia sido atribuída anteriormente à OniWay, a pedido da empresa, veio a ser revogada a 13 de Janeiro de 2003 e atribuída aos 3 operadores móveis concorrentes, a 28 de Janeiro de 2003. A OniWay nunca iniciou a sua actividade apesar de um elevado esforço humano e financeiro.

É sabido que um dos principais objectivos da política comunitária consiste em trazer todos os europeus para a sociedade da informação, o critério mais importante considerado na avaliação das candidaturas ao concurso de UMTS era exactamente a "Contribuição para o desenvolvimento da sociedade de informação", neste caso, tal objectivo não se verificou.

## Referencias


[1] "Deliberação Complementar do Conselho de Administração da ANACOM Relativa ao Acordo Celebrado Entre a TMN e a ONIWAY", ANACOM, 29 Maio 2002. http://www.anacom.pt/streaming/Acordotmn_oniway.pdf

[2] "Revogada licença 3G da OniWay", ANACOM, 12 Fevereiro 2003. http://www.anacom.pt/render.jsp?categoryId=53633

[3] "Despacho n.º 1704/2003, de 28 de Janeiro". ANACOM, 28 Janeiro 2003. http://www.anacom.pt/render.jsp?contentId=85958

[4] "IMT-2000/UMTS", ANACOM http://www.anacom.pt/template15.jsp?categoryId=38310

[5] "LICENÇA Nº ICP–03/UMTS", ANACOM, 11 Janeiro 2001. http://www.icp.pt/streaming/onyway.pdf?contentId=351873&field=ATTACHED_FILE

[6] "Licença ICP-01/UMTS" (Vodafone), ANACOM, 11 Janeiro 2001.http://www.anacom.pt/streaming/telecel.pdf?contentId=351871&field=ATTACHED_FILE

[7] "Licença ICP-02/UMTS" (TMN), ANACOM, 11 Janeiro 2001. http://www.anacom.pt/streaming/tmn.pdf?contentId=351872&field=ATTACHED_FILE

[8] "Licença ICP-03/UMTS" (Optimus), ANACOM, 11 Janeiro 2001. http://www.anacom.pt/streaming/optimus.pdf?contentId=351874&field=ATTACHED_FILE

[9] Atribuição de frequências adicionais aos três operadores UMTS", ANACOM , http://www.anacom.pt/template12.jsp?categoryId=51237

[10] "Despacho n.º 1704/2003", ANACOM, 28 Janeiro 2003. http://www.anacom.pt/template12.jsp?categoryId=51241

[11] "Cronologia das Comunicações Móveis em Portugal", ANACOM, 24 Abril 2007. http://www.anacom.pt/render.jsp?categoryId=38428

[12] "Exploração de sistemas UMTS", ANACOM, 10 Fevereiro 2004. http://www.anacom.pt/template31.jsp?categoryId=208936

[13] "3G Licensing In Portugal ...and Beyond" - Sofie Maddens Toscano. ITU/EC Regulatory Capacity Building Project for ECOWAS countries

[14] Decreto-Lei n.º 415/98, de 31 de Dezembro http://www.anacom.pt/render.jsp?contentId=11988

[15] "MVNOs: virtual barbarians at the gates of the mobile arena". NCB 2005. http://ftp.ncb.ie/equities/MVNOs290605.pdf

[16] "Apreciação do Estado Actual do Sistema UMTS" - ANACOM 7 Janeiro 2003. http://www.anacom.pt/render.jsp?categoryId=50169

[17] "Estado e Previsão de implementação de sistemas UMTS" - ANACOM, 5 Dezembro 2002. http://www.anacom.pt/render.jsp?categoryId=50309

[18] "Principais Introduções Tecnológicas" - Vodafone Portugal, http://www.vodafone.pt/NR/rdonlyres/C626EC9F-AC2C-495F-B560-443C088A2795/0/090320Evolu%C3%A7%C3%A3oTecnol%C3%B3gicanaVodafonePortugal.pdf

[19] "Introdução das comunicações móveis de terceira geração na União Europeia: ponto da situação e via a seguir" - 2001, EUR-Lex, Parlamento Europeu, Comité Económico e Social e Comité das Regiões. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52001DC0141:PT:HTML

[20] "Fundamentals of Cellular Network Planning and Optimisation: 2G/2.5G/3G ... Evolution to 4G", Ajay R. Mishra, John Wiley and Sons, 2004, ISBN 047086267X

[21] "Telecommunication System Engineering", Roger L. Freeman, Wiley - IEEE Press, Wiley Series in Telecommunications and Signal Processing, 2004, ISBN 0471451339

[22] "UMTS - Mobile Communications for the Future", Flavio Muratore, WileyBlackwell, 2000, ISBN 0471498297

[23] "World Telecommunication Development Report", International Telecommunication Union, Março 2002. http://www.itu.int/ITU-D/ict/publications/wtdr_02/material/WTDR02-Sum_E.pdf