

CNI
SENAI

SETOR TELECOMUNICAÇÕES

SÉRIE ESTUDOS SETORIAIS 4



Modelo SENAI de Prospecção

Brasília
2005

SETOR TELECOMUNICAÇÕES

Confederação Nacional da Indústria – CNI e Conselho Nacional do SENAI

Armando de Queiroz Monteiro Neto
Presidente

SENAI - Departamento Nacional

José Manuel de Aguiar Martins
Diretor-Geral

Regina Maria de Fátima Torres
Diretora de Operações



Confederação Nacional da Indústria
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Departamento Nacional

SETOR TELECOMUNICAÇÕES

SÉRIE ESTUDOS SETORIAIS 4



Modelo SENAI de Prospecção

Brasília
2005

© 2005. SENAI – Departamento Nacional

Qualquer parte desta obra poderá ser reproduzida, desde que citada a fonte.

UNITEP – Unidade Tendências e Prospecção

Ficha Catalográfica

048s

Setor Telecomunicações - Brasília: SENAI/DN, 2003

79 p. : il. ; 29cm. (Série Estudos Setoriais, 4)

ISBN 85-7519-132-2

1. Telecomunicações-tecnologia 2. Telecomunicações-mercado I

CDU 654

SENAI
Serviço Nacional de
Aprendizagem Industrial
Departamento Nacional

Sede
Setor Bancário Norte
Quadra 1 – Bloco C
Edifício Roberto Simonsen
70040-903 – Brasília – DF
Tel.: (061) 317-9000
Fax: (061) 317-9190
<http://www.senai.br>

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 1	– Mercado Mundial de Serviços de Telecomunicações	15
Tabela 2	– Mercado de telefonia fixa – receitas e usuários	16
Tabela 3	– Serviços móveis e outros serviços 1992-2003 (US\$ bilhões)	18
Tabela 4	– Composição do mercado mundial de serviços (1992-2003)	19
Tabela 5	– Receita Líquida do setor de telecomunicações no Brasil – 1999/2003 (em R\$ milhões de 2003, deflacionados pelo IGP-DI)	24
Tabela 6	– Composição do mercado	25
Tabela 7	– Valor da chamada em telefones pré-pagos (US\$ por minuto em horário de pico)	25
Tabela 8	– No de usuários por serviço e Receita Média por usuário	26
Tabela 9	– Participação das receitas de dados móveis nas receitas móveis totais: amostra de operadoras (2001-2003)	27
Tabela 10	– Investimentos no setor de Telecomunicações – 1999/2003	29
Tabela 11	– Composição dos investimentos – 1999/2003	30
Tabela 12	– Investimentos das Operadoras Fixas em serviços de dados	31
Tabela 13	– Operadoras Fixas e Móveis: No de empregados	32
Tabela 14	– No empregados – operadoras móveis	33
Tabela 15	– Operadoras Fixas e Móveis: usuários/empregados	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	O modelo de camadas de Fransman	37
Figura 2:	Tecnologias Emergentes em Telecomunicações	40
Figura 3:	Os cinco estágios da universalização	68

SUMÁRIO

1	Introdução	9
2	Tendências Econômicas das Telecomunicações	13
2.1	Evolução do Mercado Internacional	13
2.1.1	O mercado de Serviços de Dados Móveis	20
2.1.2	Os Serviços Wi-Fi	21
2.2	O Setor de Telecomunicações no Brasil	22
2.2.1	Mercado brasileiro – crescimento e composição	23
2.3	Investimentos em Telecomunicações	29
2.4	Emprego	31
3	Tendências Tecnológicas nas Telecomunicações	35
3.1	O Contexto de Convergência Tecnológica em Telecomunicações	35
3.1.1	O modelo de camadas de Fransman	36
3.1.2	A Interoperabilidade nas Redes de Comunicações	38
3.2	Análise Prospectiva das Tecnologias Emergentes em Telecomunicações	39
3.2.1	A Mobilidade e o Acesso Sem Fio	41
3.2.2	A Banda Larga e o Acesso com Fio	47
3.2.3	A Banda Larga na Rede Tronco (Backbone)	51
3.2.4	As Redes de Próxima Geração (NGN) e os Serviços IP	53
3.2.5	Os Serviços e as Aplicações de Telecomunicações	55
3.2.6	A TV Digital por Radiodifusão	57
3.2.7	Segurança na Comunicação	58
3.2.8	As Plataformas e os Dispositivos de Comunicação	60
3.3	A Prospecção Tecnológica na Evolução das Telecomunicações nos Próximos Anos (panorama internacional)	64
3.4	As Perspectivas Tecnológicas do Setor de Telecomunicações no Brasil	66
4	Conclusões	69
4.1	Perspectivas para o Mercado de Telecomunicações Brasileiro	69
4.2	Tendências Tecnológicas	74
	Referências	77

APRESENTAÇÃO

Dando continuidade à divulgação da Série Estudos Setoriais, temos o prazer de disponibilizar o estudo sobre o setor de Telecomunicações. O Estudo Setorial é parte integrante da metodologia de prospecção tecnológica e organizacional do Modelo SENAI de Prospecção.

A série se concentra em apresentar a contextualização dos setores estudados, através de uma revisão de seu desempenho recente (produção, exportação, emprego, capacidade de investimentos), da estrutura da indústria (concentração, tamanho de empresas, distribuição geográfica), das políticas públicas para cada um deles e das perspectivas de crescimento do mercado doméstico e externo.

Este volume da série objetivou identificar as principais mudanças estruturais e econômicas ocorridas no setor de Telecomunicações brasileiro, a partir do processo de privatização promovido na década de 1990, e listar as principais tecnologias emergentes disponíveis, relacionando as tendências tecnológicas do setor como um todo. Para isso, lançou mão de informações relacionadas à estrutura do mercado interno e externo, ao dinamismo dos segmentos que compõem o setor e às tendências de mercado e de tecnologia.

Espera-se que este estudo possa ser mais um importante instrumento de informação sobre o mercado de trabalho e da educação para as empresas e entidades representativas de empregadores e de trabalhadores, bem como de tomada de decisão quanto à formulação de políticas de formação profissional.

José Manuel de Aguiar Martins

Diretor-Geral



INTRODUÇÃO

O objetivo deste estudo é oferecer uma análise integrada das tendências econômicas e tecnológicas das telecomunicações visando contextualizar os esforços de Prospecção de Tecnologias Emergentes no Setor de Telecomunicações realizados pela UNITEP/SENAI-DN com apoio do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IE-UFRJ).

O modelo SENAI de Prospecção tem por base a análise da dinâmica econômica e tecnológica de cada setor prospectado. A forma como uma tecnologia se difunde e se integra ao sistema produtivo depende diretamente das características dos diferentes setores, da natureza dos produtos e processos, da trajetória das inovações, da escala típica e da intensidade do conhecimento incorporado ao processo produtivo. Os setores também apresentam características econômicas que influenciam a dinâmica de difusão tecnológica, tais como intensidade da competição, concentração da produção, barreiras à entrada, abertura à competição internacional e regime de regulação.

Os setores podem ser agrupados segundo suas características técnicas e econômicas. De acordo com a taxonomia proposta por Ferraz, Kupfer e Haguenauer (1996), o setor de telecomunicações pode ser definido como *Difusor de Progresso Técnico* pelo fato de suprir tecnologia para os demais setores industriais através de equipamentos e software. A definição de um elenco de tecnologias a serem prospectadas requer uma visão prévia das características do setor e de suas principais rotas tecnológicas. Algumas tecnologias têm aplicação multissetorial, exigindo uma visão mais ampla do processo de difusão. Em alguns casos, pode ser necessária a visão da cadeia produtiva do setor, segundo a intensidade tecnológica e sua segmentação prática.

A incorporação de novas tecnologias está diretamente associada ao dinamismo setorial. Os investimentos em novas tecnologias são geralmente realizados em fases de expansão do mercado, quando a capacidade instalada se mostra insuficiente para atender à demanda projetada. Consideradas as características



estruturais das telecomunicações, foi possível delimitar áreas críticas de desenvolvimento tecnológico, de forma a selecionar tecnologias cujo processo de difusão foi posteriormente monitorado.

Este relatório está dividido em duas partes. A primeira analisa a evolução econômica da indústria de telecomunicações no plano internacional e no Brasil, de forma a balizar o estudo da difusão de tecnologias emergentes nos principais mercados de serviços que integram o setor e seus possíveis impactos sobre a geração de emprego no país. Para isso, foram levantados indicadores quantitativos de crescimento e feita uma análise qualitativa mostrando a significativa redefinição das fronteiras de expansão do setor, caracterizado pela mudança na composição das receitas em favor de “novos serviços”. São também analisadas as trajetórias das receitas, investimentos e emprego no setor de telecomunicações brasileiro nos últimos cinco anos, procurando-se, com isso, avaliar em que medida as tendências observadas no plano mundial têm se processado no Brasil. Finalmente, é desenvolvido um breve esforço de formulação de hipóteses quanto às perspectivas de evolução do mercado brasileiro de telecomunicações para os próximos anos.

A segunda parte do relatório está focada nas transformações tecnológicas. Inicialmente são abordados a questão da convergência tecnológica no âmbito das telecomunicações e seu impacto sobre a segmentação do mercado, destacando os serviços e aplicações da internet baseados no protocolo IP, que se superpõem à infra-estrutura das redes de telecomunicações e seus equipamentos associados. Em seguida, é apresentada uma visão prospectiva abrangendo as tecnologias emergentes selecionadas pelo Grupo Executor do SENAI que deverão ter influência na evolução do setor de telecomunicações nos próximos anos. Nesse contexto, enquadra-se a difusão dos serviços tecnológicos associados, tanto em equipamentos de hardware como nas tecnologias de software. Por fim, são apresentados cenários e visões futuras para as telecomunicações.

O resultado da consulta *Delphi* a um painel de especialistas gerou uma lista de tecnologias emergentes com maior potencial de difusão no Brasil nos próximos oito anos e que têm impacto sobre a formação profissional. As tecnologias com suas respectivas descrições estão relacionadas no Anexo I.





TENDÊNCIAS ECONÔMICAS DAS TELECOMUNICAÇÕES

2.1 Evolução do Mercado Internacional

Durante a maior parte do século XX, o setor de telecomunicações compreendeu um leque bastante limitado de mercados, notadamente aqueles associados aos serviços baseados na rede de telefonia fixa (telefonia local e de longa distância). Embora existissem outros serviços (o telex, por exemplo), as telecomunicações eram praticamente identificadas à telefonia fixa, segmento que assumia posição central no setor ao responder pela geração da quase totalidade de suas receitas.

Nas duas últimas décadas, esse quadro foi radicalmente alterado. Como reflexo dos desenvolvimentos tecnológicos ocorridos principalmente nos campos da microeletrônica e do software, desde os anos 1980 o setor testemunha o surgimento de um leque mais ampliado de alternativas. Nesse período, tem-se uma segunda etapa na trajetória de evolução das telecomunicações, na qual outros mercados, notadamente o de serviços móveis e de comunicação de dados por pacotes¹, despontam como fronteiras de expansão adicionais, incentivando a realização de novos investimentos e alterando, com isso, a condição de quase exclusividade que antes caracterizava a situação da telefonia fixa dentro do setor.

Inicialmente, o surgimento desses “novos serviços” constituiu apenas um processo de criação de mercados antes inexistentes. Ao longo do tempo, porém, a evolução das tecnologias que lhe davam suporte, combinada à percepção da utilidade associada às possibilidades delas derivadas, acabou por conferir aos serviços móveis e de dados uma importância econômica cada vez maior. No primeiro caso, por exemplo, os avanços alcançados no que concerne à qualidade das transmissões em redes sem fio viabilizaram uma rápida conversão da mobilidade à condição de funcionalidade essencial nas comunicações interpessoais.

¹Referimo-nos aqui aos serviços de comunicação de dados suportados por redes baseadas nas tecnologias de comutação por pacotes. Essas redes se diferenciam das redes de telefonia tradicionais, baseadas em tecnologias de “comutação por circuitos”, por viabilizarem o transporte de informações sob formato digital e, não, analógico.



Contemporaneamente, a consolidação desses mercados tem se manifestado em um claro deslocamento do que poderíamos designar como “centro dinâmico” do setor de telecomunicações. Como se verá em maior detalhe no item seguinte, os mercados de telefonia fixa progressivamente passaram a apresentar taxas de crescimento mais reduzidas em face daqueles associados aos serviços móveis e de comunicação de dados, os quais respondem neste momento por um ritmo de expansão bem mais acentuado, seja no que se refere ao número de usuários, seja no que se refere às receitas geradas.

Desde o início da década de 1990, o setor de telecomunicações tem apresentado taxas de crescimento superiores àquelas observadas na evolução do produto global. De acordo com as estatísticas da *International Telecommunications Union* (ITU), entre 1992 e 2003, o mercado de serviços de telecomunicações registrou expansão anual média da ordem de 8,2%, valor consideravelmente superior aos 3,5% observados em termos do crescimento econômico mundial.²

Esse resultado espelha dois processos paralelos. De um lado, a substancial ampliação das infra-estruturas de telefonia fixa, motivada pela sucessão de reformas institucionais que culminaram na privatização dos operadores monopolistas históricos em todo o mundo, e pela introdução da concorrência nesses mercados. De outro, o surgimento e posterior expansão dos serviços móveis, de internet e de comunicação de dados em alta velocidade. Tomados em conjunto, esses processos levaram a que as dimensões do setor de telecomunicações, em termos de faturamento, alcançassem US\$ 1.137 bilhões ao final de 2003, isto é, cerca de 2,3 vezes o valor registrado em 1992 (US\$ 491 bilhões).

É de se notar, entretanto, que ao longo dessa trajetória o crescimento do setor assumiu intensidades e contornos distintos. No que respeita à evolução temporal do ciclo expansivo das telecomunicações na última década, dois momentos claramente distintos podem ser identificados, conforme ilustra a Tabela 1. O primeiro deles corresponde ao intervalo 1992-2000, período que coincide com o forte crescimento da economia mundial liderado pela expansão norte-americana,



sobretudo a partir de 1995, e no qual os dois vetores de expansão acima indicados – execução de reformas institucionais e surgimento de novos serviços – atuam de forma simultânea em favor da manutenção de taxas de crescimento elevadas. É nesse intervalo que o setor de telecomunicações apresenta um ritmo de expansão mais elevado, alcançando taxas médias de crescimento de 9,3% ao ano.

O segundo momento, por seu turno, corresponde ao triênio 2001-2003. Nesse intervalo, a forte expansão verificada no período anterior é arrefecida, reduzindo-se o ritmo de crescimento para pouco mais de 5,0% ao ano. As causas que explicam essa queda são conhecidas: de uma parte, decorrem da própria desaceleração da economia mundial, em particular dos EUA; de outra, refletem a queda de preços decorrente do sobreinvestimento realizado no período anterior (sobretudo em infraestrutura), assim como a ruptura do ciclo de valorização das ações das empresas de alta tecnologia de forma geral, responsável pela imposição de perdas patrimoniais significativas que acabariam por acarretar a retração dos investimentos no setor.

Tabela 1: Mercado Mundial de Serviços de Telecomunicações

Dimensões e taxas de crescimento (1992-2003) US\$ bilhões

Ano	Mercado Global	
	US\$	tx. a.a
1992	491	11,6%
1993	517	5,3%
1994	564	9,1%
1995	648	14,9%
1996	725	11,9%
1997	766	5,7%
1998	823	7,4%
1999	912	10,8%
2000	980	7,5%
2001	1.032	5,3%
2002	1.084	5,0%
2003	1.137	4,9%
Período	Média de crescimento a.a	
92-03	8,0%	
92-00	9,3%	
01-03	5,1%	

Fonte: *International Telecommunications Union*



Ainda mais intensas, entretanto, foram as inflexões que afetaram a composição do mercado mundial de serviços de telecomunicações ao longo da última década. Conforme já indicado acima, os últimos dez anos têm testemunhado uma profunda transformação que, ainda em curso, tem se expressado na contínua modificação da importância relativa dos diversos mercados que integram o setor.

O traço mais destacado dessa transformação é, certamente, o maior dinamismo que os mercados associados aos serviços móveis e de comunicação de dados em alta velocidade (“*banda larga*”) passaram a apresentar frente ao mercado tradicional de telefonia fixa comutada. Ao longo da última década, com efeito, observa-se um claro enfraquecimento da capacidade de geração de receitas dos serviços de telefonia fixa, resultado que contrasta com a expansão acelerada das receitas de comunicações dados e, principalmente, das receitas geradas pelos serviços móveis.

Tabela 2: Mercado de telefonia fixa – receitas e usuários

Ano	Receitas		Usuários	
	US\$ bilhões	Tx. a.a	Nº de linhas	tx. a.a
1992	393	6,8%	572	4,8%
1993	405	3,1%	604	5,6%
1994	433	6,9%	643	6,5%
1995	481	11,1%	689	7,2%
1996	497	3,3%	738	7,1%
1997	491	-1,2%	792	7,3%
1998	512	4,3%	846	6,8%
1999	491	-4,1%	905	7,0%
2000	537	9,4%	983	8,6%
2001	535	-0,4%	1053	7,1%
2002	530	-0,9%	1129	7,2%
2003	523	-1,3%	1210	7,2%
Período	Crescimento da receita	Crescimento acumulado	Crescimento do número de linhas	Crescimento acumulado
1992/2003	33,0%	37%	111,7%	82,4%

Fonte: *International Telecommunications Union*

A perda de dinamismo dos serviços de telefonia fixa é notável. Conforme demonstra a Tabela 2, entre 1992 e 2003, ocorreu uma expansão contínua do nú-

mero de linhas em todo mundo, alcançando-se, neste último ano, um crescimento acumulado superior a 111% nas dimensões da infra-estrutura de telefonia fixa. Quando se observa a evolução das receitas geradas por esse serviço, o resultado é, porém, bastante inferior: no mesmo período, as receitas apresentam crescimento acumulado de apenas 33%, registrando-se, em 1997, 1999, 2001, 2002 e 2003, retração frente aos anos anteriores.

São dois os fatores que explicam essa trajetória: em primeiro lugar, a redução das tarifas de telefonia local e, principalmente, de longa distância, resultado decorrente da modernização das infra-estruturas privatizadas, da introdução da competição nos mercados mais rentáveis e, também, da implementação de esquemas de regulação tarifária favoráveis à universalização do serviço. E, em segundo lugar, o intenso efeito-substituição associado ao deslocamento do tráfego de voz para infra-estruturas *wireless*, processo que, acentuado no último triênio, tem levado à queda persistente das receitas médias por usuário nos serviços de telefonia fixa. Mais recentemente, soma-se a esses fatores o maior uso de redes IP para a realização de chamadas telefônicas (voz sobre IP, ou VoIP), principalmente nas ligações internacionais e/ou interurbanas feitas por usuários corporativos, processo que deve se estender nos próximos anos também a usuários residenciais.

O comportamento dos mercados móveis e de comunicações de dados, em contrapartida, vem ostentando grande dinamismo. Como se pode observar na Tabela 3, no caso das telecomunicações móveis, o período 1992-2003 testemunhou elevação ininterrupta das receitas geradas, registrando-se taxas de crescimento anuais sempre superiores a 13%. Situação análoga aplica-se aos serviços de comunicações de dados, os quais respondem pela parcela majoritária das receitas geradas por “outros serviços de telecomunicações”:³ No mesmo intervalo foram alcançadas taxas de expansão sempre positivas e nunca inferiores a 5% ao ano para as receitas desses serviços.

³ Infelizmente, as estatísticas disponibilizadas pela ITU não permitem desagregar as receitas associadas a cada um dos serviços incluídos.

Tabela 3: Serviços móveis e outros serviços 1992-2003 (US\$ bilhões)

Ano	Serviços Móveis				Outros Serviços*	
	US\$	tx. a.a	Nº usuários	tx. a.a	US\$	tx. a.a
1992	26	36,8%	23	43,8%	72	35,8%
1993	35	34,6%	34	47,8%	77	6,9%
1994	50	42,9%	56	64,7%	81	5,2%
1995	78	56,0%	91	62,5%	89	9,9%
1996	114	46,2%	145	59,3%	114	28,1%
1997	142	24,6%	215	48,3%	133	16,7%
1998	172	21,1%	318	47,9%	139	4,5%
1999	223	29,7%	490	54,1%	155	11,5%
2000	278	24,7%	740	51,0%	165	6,5%
2001	317	14,0%	955	29,1%	180	9,1%
2002	364	14,8%	1155	20,9%	190	5,6%
2003	414	13,7%	1329	15,1%	200	5,3%

Fonte: *International Telecommunications Union*

*Incluem circuitos alugados, serviços de comunicação de dados, telex e telégrafo.

O maior dinamismo desses mercados (*wireless* e de comunicações de dados) e a perda de dinamismo dos serviços de telefonia fixa revelam uma autêntica mutação estrutural no setor de telecomunicações. Por um lado, e conforme apontamos anteriormente, a extraordinária expansão dos serviços *wireless* expressa a afirmação da mobilidade como um atributo essencial às comunicações interpessoais, tendência que já se mostra claramente consolidada nas comunicações-voz. Por outro, a ampliação dos serviços de dados encerra a diversificação das formas de comunicação viabilizada por infra-estruturas apropriadas ao transporte de conteúdos de natureza diversa, processo impulsionado pelo uso crescente das redes corporativas na organização das atividades empresariais e pela penetração exponencial da internet.

A Tabela 4 apresenta a evolução da composição do mercado de telecomunicações nos últimos anos. Conforme se pode notar, os serviços de telefonia fixa ainda respondem pela fatia maior do mercado, detendo uma participação de 46% em 2003, contra 36,4% dos serviços móveis e 17,6% de outros serviços. Note-se, todavia, que há menos de dez anos a parcela correspondente à telefonia fixa somava mais de $\frac{3}{4}$ do mercado mundial.

Tabela 4: Composição do mercado mundial de serviços (1992-2003)

	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2003
Mercado Global	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Telefonia Fixa	80,0%	76,8%	68,6%	62,2%	54,8%	48,9%	46,0%
Serviços Móveis	5,3%	8,9%	15,7%	20,9%	28,4%	33,6%	36,4%
Outros Serviços	14,7%	14,4%	15,7%	16,9%	16,8%	17,5%	17,6%

Fonte: *International Telecommunications Union*

É então no bojo dessa transformação que se vem concretizando o que se convencionou designar como “convergência tecnológica”, fenômeno que, ainda inconcluso, encerra a expectativa de que as diferentes infra-estruturas de telecomunicações tornem-se equivalentes quanto à sua capacidade de ofertar serviços de telecomunicações distintos (texto, voz, imagens e vídeo) à medida que integrarem uma “arquitetura única”. Com efeito, e sob a percepção de que o dinamismo futuro do setor de telecomunicações estará cada vez mais vinculado à evolução dos “serviços convergentes”, tem-se assistido a um esforço generalizado de operadores já estabelecidos e de entrantes no sentido de converter os sistemas de comutação e transmissão utilizados em cada uma das redes existentes a um protocolo comum, a saber: o protocolo IP⁴, padrão hoje já prevalecente nas redes de comutação por pacotes que dão suporte à internet.

Nesse contexto, duas grandes tendências tecnológicas ganham destaque. Em primeiro lugar, a geração de tecnologias que permitam aos operadores/detentores de redes de telefonia fixa realizarem a progressiva atualização (*overlay*) de suas infra-estruturas de maneira a adequá-las às exigências da convergência. Nessa direção, o que se tem observado é o surgimento e difusão de tecnologias que buscam conferir às redes tradicionais de telefonia capacidades mais elevadas de processamento e transmissão de dados em alta velocidade, tais como as novas gerações das tecnologias xDSL, no que se refere às redes de acesso, ou, no caso das redes de transporte, o conjunto dos novos desdobramentos derivados da fotônica, por exemplo. Com isso, os tradicionais operadores de telefonia fixa têm buscado compensar a crescente perda de rentabilidade observada nos mercados de serviços de voz por meio da criação de capacidade de oferta de um leque mais amplo de serviços, baseados na transmissão de dados em alta velocidade.

⁴Entre essas tecnologias, destacam-se opções de transição, como as soluções IP/ATM ou IP/SDH, ou, ainda, soluções mais recentes, como o IP DSLAM (xDSL).



Uma segunda tendência diz respeito à criação de capacidades mais elevadas de transmissão e processamento de informações em redes de telecomunicações móveis, de forma a torná-las aptas a também suportar o transporte de dados em maior largura de banda. Aqui nos referimos não apenas aos desenvolvimentos associados à 3ª geração da telefonia móvel (3ªs gerações), como também a tecnologias mais recentes, como aquelas baseadas nos padrões 802.11 que dão suporte a serviços como o *Wireless Fidelity* (*Wi-Fi*), ou às redes em banda larga vinculadas à tecnologia *Wi-Max* (*World Interoperability for Microwave Access*), cujas funcionalidades permitem combinar mobilidade e transmissão de dados à internet, viabilizando, assim, a oferta de novos serviços. No item seguinte procuraremos ilustrar alguns dos desenvolvimentos dessa tendência.

2.1.1 O mercado de Serviços de Dados Móveis

O desenvolvimento dos serviços de dados-móveis compõe uma nova rodada de criação de mercados no setor de telecomunicações, que vem se intensificando nos últimos anos, ainda que de forma desigual, conforme a região geográfica. Em verdade, pode-se dizer que ela ainda se encontra em um estágio bastante incipiente entre os países em desenvolvimento, apresentando taxas mais elevadas de crescimento entre os países asiáticos e da Europa ocidental. Mesmo nos EUA, que se encontram em um estágio mais avançado quando comparados aos países em desenvolvimento, o estágio de incorporação do serviço é ainda modesto.

De acordo com estimativas de consultorias especializadas⁵, em fins de 2002 a participação das receitas com serviços de dados nas receitas móveis totais era maior entre as operadoras japonesas, notadamente a NTT DoCoMo, com quase 20%, valor que até o final de 2003 foi ligeiramente elevado para 21%. Em seguida, situavam-se as operadoras européias, com participações médias entre 12% e 14% da receita móvel, em alguns casos pouco superiores a 15% já no final de 2003. No caso das operadoras norte-americanas, por outro lado, os serviços de dados representavam pouco menos de 2% das receitas móveis totais, participação também menor que aquela registrada pelas operadoras sul-coreanas – cerca de 9,5%. Não há infor-

⁵"Mobile data services: paving the way for post-SMS". www.idate.fr (Idate News).



mações disponíveis que permitam estimar as dimensões do mercado mundial de dados móveis. De toda forma, as informações referentes ao mercado europeu permitem que se tenha uma idéia mínima sobre a dinâmica recente desse serviço.

Segundo o Idate, o mercado europeu de dados móveis tem apresentado crescimento continuado desde 2001. Dados da consultoria dão conta de que, naquele ano, a participação das receitas dados móveis representava 9,5% das receitas totais, valor que naquele ano derivou quase que integralmente dos serviços de envio de textos, também conhecidos como “serviços de mensagens curtas” (SMS – *Short Message Services*). Como se sabe, a predominância dos SMS decorria das limitações das plataformas móveis de 2ª geração, cuja modernização só começou a ocorrer de forma mais rápida no ano seguinte.

Ao longo de 2002, o mercado de dados-móveis europeu cresceu quase 40%, somando cerca de US\$ 19,3 bilhões (15,6 bilhões de euros) ao final daquele ano. Desse total, 87% das receitas foram geradas pelo SMS. Todavia, a migração de algumas infra-estruturas para plataformas baseadas em GPRS⁶ e o crescimento do número de usuários conectados a essa plataforma (cerca de 3,5 milhões em toda Europa) possibilitaram um crescimento inicial de serviços de maior valor.

O maior impacto das receitas geradas por plataformas GPRS e de 3ª geração, entretanto, é projetado para o período 2004-2007. Segundo as previsões do Idate, sob o impulso inicial da transmissão de imagens – possibilidade já viabilizada pelos novos terminais disponíveis no mercado – e, mais à frente, da transmissão de músicas⁷ e vídeos por meio da rede móvel, a participação das receitas de dados deverá alcançar cerca de 26% das receitas móveis totais em 2007, o que equivale a mais de US\$ 43,3 bilhões (35 bilhões de euros). Nas projeções da consultoria, esse valor corresponderá a 11,1% de todo o mercado de telecomunicações europeu.

2.1.2 Os Serviços Wi-Fi

Em paralelo com o crescimento do mercado de dados-móveis associado às operadoras celulares tradicionais, começam a se desenvolver os serviços derivados das

⁶ O *General Packet Radio Service* (GPRS) corresponde, em termos sintéticos, à chamada “2,5ª geração” do padrão móvel europeu, o GSM.

⁷ Já se têm notícias do início dos serviços de *download* de músicas para aparelhos sem fio via tecnologias Wi-Fi. Cf. Revista Teletime, Ano 7, No 69.

tecnologias *Wi-Fi*, que permite o acesso à internet em alta velocidade em redes “locais” sem fio (*wireless local area networks, WLANS*), isto é, redes com área de cobertura restrita. A princípio, o serviço presta-se a proporcionar a usuários de *notebooks* que estejam em trânsito a conexão com redes de dados, o que se viabiliza pela implantação de *hotspots* (estações de rádio-frequência) em locais públicos, como aeroportos e hotéis.

São duas as principais diferenças entre esse serviço e o serviço móvel celular: em primeiro lugar, a própria abrangência das redes, menores no caso do *Wi-Fi*, conforme apontado acima. E, em segundo lugar, o fato de o *Wi-Fi* utilizar faixas não licenciadas do espectro de frequência, o que determina custos menores de implantação do serviço.

Ainda não está claro se o *Wi-Fi* poderá vir a substituir ou concorrer com as redes de 3ª geração da telefonia móvel no futuro. Por ora, no entanto, o serviço tem complementado o leque de alternativas disponibilizadas por operadoras móveis e fixas já estabelecidas a seus clientes, constituindo uma forma de rentabilizar investimentos já realizados em infra-estrutura.

Segundo dados do Idate⁸, em abril de 2003, já teriam sido instalados 8.000 *hotspots* nos continentes europeu e asiático e nos Estados Unidos. A maior parte dessas estações (3.500) estaria na Ásia e nos EUA, cabendo à Europa, onde o serviço se encontrava em um estágio anterior de desenvolvimento, inclusive com preços mais elevados, os 1.500 pontos remanescentes. Ainda de acordo com a consultoria, as projeções de crescimento do serviço apontavam para um total de cerca de 2 milhões de usuários em 2005 e mais de 7 milhões de usuários em 2007.

2. 2 O Setor de Telecomunicações no Brasil

A análise da evolução recente do setor de telecomunicações no Brasil está baseada em relatórios das operadoras de telefonia fixa e móvel e em informações disponibilizadas por órgãos públicos e publicações especializadas. Cabe esclarecer que os dados referentes às empresas de telecomunicações de menor porte não estão incluídos nas séries estatísticas disponíveis. Tais limitações, todavia, não impedem que os

⁸“Wi-Fi: players' strategies and opportunities” www.idate.fr (Idate News, 03.04.2003).



traços centrais do desenvolvimento do setor nos últimos anos sejam identificados; até porque, à semelhança do que se observa internacionalmente, os principais atores dos mercados não-voz são também os grandes operadores de telefonia fixa e móvel.

2.2.1 Mercado brasileiro – crescimento e composição

No Brasil, o mercado de serviços de telecomunicações tem apresentado dinâmica diversa daquela observada no plano internacional. Isso ocorre tanto no que se refere ao ritmo da expansão do setor quanto à evolução da sua composição no período recente. Em relação ao padrão de expansão do mercado de telecomunicações no Brasil, dois traços destacam-se na comparação com o quadro internacional. Em primeiro lugar, a sua menor intensidade: nos cinco anos entre 1999 e 2003 o mercado brasileiro registrou crescimento acumulado de 17%, contra 24% verificados no âmbito mundial. E, em segundo lugar, a sua descontinuidade. Com efeito, se é certo que a partir de 1998 – quando foi realizada a privatização da então operadora estatal, a Telebrás, e introduzida a competição em todos os segmentos que integram o setor – o mercado de serviços de telecomunicações deslocou-se para um patamar bastante mais elevado frente aos anos anteriores, também é verdade que nos cinco anos subseqüentes não se definiu uma trajetória de expansão contínua, tal como vem ocorrendo mundialmente.

A Tabela 5 ilustra essa afirmação. Conforme se pode observar, configura-se uma trajetória marcada por grande oscilação entre 1999 e 2003, alternando-se momentos de forte crescimento com situações de retração também acentuada. Em termos agregados, dois subperíodos podem ser identificados com clareza: no primeiro, entre 1999 e 2001, o setor apresenta comportamento expansivo, registrando taxas de crescimento semelhantes ou superiores àquelas encontradas no plano internacional – crescimento acumulado de 23,0% e taxas anuais médias de 11,0%. Já no biênio 2002-2003, essa evolução é revertida, levando o setor a experimentar uma retração de 4,8% na comparação com 2001.

Dois fatores, principalmente, explicam essa inflexão. De um lado, a própria intensidade do crescimento observado no triênio posterior à privatização, momento que se deixou marcar por um caráter extraordinário em função do atendimento à forte demanda reprimida herdada do período anterior, esta última derivada das limitações de investimento que marcaram a operação da Telebrás em seus últimos anos.

Nesse período, verifica-se uma ampliação vigorosa das receitas nos diversos serviços, comandada simultaneamente pelo crescimento da base de usuários e pela expansão do tráfego nos dois principais segmentos de telefonia, fixo e móvel.

Tabela 5 – Receita líquida do setor de telecomunicações no Brasil – 1999/2003 (em R\$ milhões de 2003, deflacionados pelo IGP-DI)

Segmento	1999	2000	2001	2002	2003	1999/2003
1. Telefonia Fixa	35.009	36.830	40.594	36.898	36.214	3,4%
Tx. Crescimento		5,2%	10,2%	-9,1%	-1,9%	
2. Serviços Móveis	17.799	19.498	20.330	18.461	21.758	22,2%
Tx. Crescimento		9,5%	4,3%	-9,2%	17,9%	
3. Dados	n/d	3.864	4.041	3.668	3.869	
Tx. Crescimento			4,6%	-9,2%	5,5%	
4. Total	52.808	60.192	64.965	59.027	61.841	17,1%
Tx. Crescimento		14,0%	7,9%	-9,1%	4,8%	

Fonte: Balanços das Empresas, *Relatório Teleco Telefonia Celular no Brasil*, Anuário Telecom

a. Inclui receitas com telefonia das seguintes concessionárias: Telemar, Brasil Telecom, Telefônica, Embratel, CTBC, Sercomtel; b. Inclui também receitas com serviços de comunicação de dados; c. Inclui receitas de telefonia e dados móveis de todas as operadoras celulares; d. Valores calculados a partir das receitas das 4 concessionárias de telefonia fixa (Telemar, BrT, Telefônica, Embratel). Segundo estimativas de especialistas (www.teleco.com.br), essas receitas somam 90% do mercado doméstico.

O principal determinante da retração observada no setor foi a redução do nível de atividade da economia brasileira entre 2002 e 2003, quando se combinaram estagnação do crescimento do produto, elevação das taxas de desemprego e declínio da massa de rendimentos. Sob essa conjuntura, cujos impactos refletiram-se também em outros setores de atividade econômica, os três segmentos que integram o setor registram marcada desaceleração em 2002, observando-se no ano seguinte recuperação dos serviços móveis, porém em intensidade insuficiente para compensar o fraco desempenho da telefonia fixa e dos serviços de comunicação de dados.

Mas não é só o ritmo de expansão do setor de telecomunicações no Brasil que o diferencia do padrão observado no plano internacional. Mais que isso, a composição do mercado doméstico também tem evoluído sob traços diversos. Nessa direção, dois aspectos devem ser especialmente notados: em primeiro lugar, a quase estabilidade da distribuição das receitas entre os três principais segmentos. Como se vê pela Tabela 6, a seguir, entre 1999 e 2003 a composição das receitas só virá a sofrer alteração mais significativa nesse último ano, e mesmo assim com intensidade menor que aquela

observada no quadro internacional. E, em segundo lugar, a relativamente elevada participação das receitas associadas aos serviços de telefonia fixa, próxima de 60% do mercado doméstico de telecomunicações ao longo de todo período e, portanto, bastante superior aos cerca de 46% verificados internacionalmente.

Tabela 6 – Composição do mercado

Segmento	1.999	2.000	2.001	2.002	2.003
1. Telefonia Fixa	66,3%	61,2%	62,5%	62,5%	58,6%
2. Serviços Móveis	33,7%	32,4%	31,3%	31,3%	35,2%
3. Dados	Nd	6,4%	6,2%	6,2%	6,3%
4. Total	100%	100%	100%	100%	100%

Fonte: Elaboração própria

Esses resultados lançam luz sobre especificidades importantes do padrão de expansão do setor de telecomunicações brasileiro. A primeira delas, notadamente, é a circunstância de que no Brasil a perda de dinamismo do segmento de telefonia fixa veio a se manifestar mais “tardiamente” que na experiência internacional.

Tabela 7 – Valor da chamada em telefones pré-pagos (US\$ por minuto em horário de pico)

País	Valor da chamada (2003)
Brasil	0,57
<i>Low Income countries</i>	0,24
<i>Lower Middle Income countries</i>	0,29
<i>Upper Middle Income countries</i>	0,41
<i>High Income countries</i>	0,35
Média mundial	0,31
Média África	0,25
Média Américas	0,36
Média Ásia	0,24
Média Europa	0,33

Fonte: *World Telecommunications Development Report* (ITU, 2003)

Algumas hipóteses explicativas podem ser levantadas para esse comportamento. Uma delas é a de que o efeito de substituição associado ao deslocamento do tráfego de voz para infra-estruturas móveis tenha assumido no Brasil intensidade inferior àquela



registrada em outros países. Infelizmente não se dispõe de estatísticas que permitam comparar o volume de tráfego cursado em redes fixas e móveis entre os diversos países. De toda forma, uma rápida comparação entre o valor cobrado pela chamada telefônica em telefones celulares pré-pagos no mercado brasileiro e em outros mercados sugere que essa hipótese pode ter validade. Conforme mostra a Tabela 7, a tarifa brasileira se situa em patamar bastante mais elevado que o da média internacional. Nesse contexto pode-se supor que os efeitos de substituição da telefonia fixa pela móvel teriam sido contidos, viabilizando-se uma considerável absorção (com retenção) de usuários e de tráfego de telefonia nos serviços de telefonia fixa ao menos até 2001.

A partir deste momento, no entanto, a prevalência de condições macroeconômicas desfavoráveis passaria a afetar negativamente a evolução do segmento de forma mais dramática. É certo que, entre 2001 e 2003, não chega a se configurar uma situação de perda líquida de usuários na telefonia fixa. Não obstante, e conforme ilustra a Tabela 8, nesse período combinam-se uma redução da receita média por linha (em função da queda do tráfego) e uma drástica redução nas taxas de absorção de novos usuários; neste último caso, refletindo as dificuldades de ampliar a penetração do serviço entre as populações de menor poder aquisitivo, em um contexto marcado pela ausência de competição efetiva entre prestadores alternativos e – uma de suas conseqüências – pela preservação de tarifas de assinatura elevadas para essas populações.

Tabela 8 – Nº de usuários por serviço e Receita Média por usuário

Segmento	1.999	2.000	2.001	2.002	2.003
1. Telefonia Fixa					
1.1 Nº de usuários	25.000	30.900	37.400	38.800	39.200
1.2 Tx. Crescimento	—	23,6%	21,0%	3,7%	1,0%
1.3 Rec. Média por usuário/ano (R\$)	1.400	1.190	1.090	950	920
2. Serviços Móveis					
2.1 Nº de usuários	15.012	23.281	28.506	34.751	45.914
2.2 Tx. Crescimento	—	55,1%	22,4%	21,9%	32,1%
3.3 Rec. Média por usuário/ano (R\$)	1.190	840	710	530	470

Fonte: Elaboração própria baseada em Anuário Telecom, *Relatório Teleco Telefonia Celular no Brasil*, Balanços das Empresas.



O enfraquecimento da capacidade de ampliação das receitas no mercado de telefonia fixa foi acompanhado, como também se vê na Tabela 8, pela continuidade do crescimento de usuários dos serviços móveis no intervalo 2002-2003, com taxas de expansão acima de 21% nos dois anos. Apesar desse desempenho, a ampliação das receitas do serviço não assumiu grande intensidade. Tem-se assim uma segunda especificidade da dinâmica de expansão recente do setor de telecomunicações brasileiro, a saber, a circunstância de que, no Brasil, a expansão dos serviços móveis apresenta baixo dinamismo no que diz respeito à sua capacidade de geração de receitas. Se, em termos mundiais, as receitas dos serviços móveis apresentaram expansão média anual de cerca de 14% no biênio 2002-2003, no Brasil o crescimento alcançado no mesmo período foi inferior a 4,5% ao ano, percentual suportado pela forte ampliação alcançada em 2003 a partir de uma base de comparação deprimida. Os fatores que explicam essa característica, cuja expressão mais evidente é a queda acentuada das receitas médias por usuário, são de dois tipos.

Tabela 9 – Participação das receitas de dados móveis nas receitas móveis totais: amostra de operadoras (2001-2003)

Empresas	2001	2002	2003
OPERADORAS			
Telesp Celular	0,8%	1,1%	3,2%
Telefônica Celular (RJ – ES)	0,6%	0,7%	1,4%
CRT Celular (Telefônica)	1,6%	2,2%	4,2%
Tele Leste Celular (Telefônica)	2,1%	2,2%	2,7%
ATL	0,4%	0,5%	1,3%
Americel	1,7%	1,2%	2,0%
Tele Celular Sul (TIM Sul)	0,9%	2,0%	3,8%
Tele Nordeste Celular (TIM NE)	0,8%	1,7%	ND
Telemig Celular	3,1%	3,1%	3,1%
Amazônia Celular	1,5%	2,3%	3,8%
GRUPOS			
Oi – Telemar	—	1,3%	3,4%
Claro (sem BCP e BSE)	0,6%	1,3%	ND
Vivo	0,9%	1,2%	3,0%
Média da amostra	1,0%	1,5%	3,0%

Fonte: Elaboração própria com base no *Relatório Teleco Telefonia Celular no Brasil*



Em primeiro lugar, o fato de que a expansão de usuários do serviço móvel tem ocorrido pela incorporação crescente de consumidores com menor capacidade de gasto – algo que se traduz, por um lado, no aumento da participação de assinantes do serviço pré-pago e, por outro, na penetração muito reduzida de serviços móveis não-voz, bem mais tímida que aquela encontrada internacionalmente. No que diz respeito ao primeiro aspecto, os dados são eloqüentes: em junho de 2004 a parcela de usuários do serviço pré-pago alcançou cerca de 80% da base total. Já quanto ao segundo aspecto, vale observar a Tabela 9, que apresenta as informações disponíveis para uma amostra de operadoras e grupos no intervalo 2001-2003: de acordo com os dados existentes, em termos médios, as receitas com serviços móveis de dados não ultrapassaram 3% da receita dessas empresas em 2003 (na sua quase totalidade receitas derivadas de serviços de texto – SMS).

Em segundo lugar, o fato de que, diferentemente do que ocorre na telefonia fixa, a existência de competição no mercado móvel tem criado pressões sobre os preços cobrados aos usuários do serviço pós-pago (responsáveis por contas médias mais elevadas), algo, que de forma similar, também tem contribuído para a queda do valor médio das receitas do segmento.

Finalmente, a preservação da participação das receitas com comunicação de dados em torno dos 6,0% do mercado doméstico e a sua quase estabilidade em termos de valor constituem a terceira especificidade da evolução recente do setor de telecomunicações brasileiro. De fato, também de forma diferente do que se tem observado no plano internacional, no Brasil esse segmento tem apresentado ritmo de expansão modesto, a despeito da ampliação no número de usuários dos serviços de acesso à internet em banda larga por meio da tecnologia ADSL, noticiada pela imprensa especializada. A médio prazo, no entanto, é de se esperar que esses serviços passem a apresentar taxas de crescimento mais elevadas, a julgar pela evolução dos investimentos recentes no segmento, conforme se verá no item a seguir. Isto é, tomadas em conjunto, as características da expansão do mercado de telecomunicações brasileiro mostram que, embora ainda incipiente, também vem se processando um deslocamento do dinamismo do setor – aqui entendido como capacidade de impulsionar a geração de novas receitas –, nesse caso particularmente concentrado, do segmento de telefonia fixa para o segmento de serviços móveis. O ritmo desse deslocamento, porém, tem sido bastante menos



intenso que aquele verificado no contexto internacional, algo que parece estar relacionado a características estruturais da economia brasileira, como os limites de renda que atingem grande parte da população e que se explicitam de forma mais notável em conjunturas desfavoráveis. Na seção final deste trabalho voltaremos a esse ponto.

2.3 Investimentos em Telecomunicações

Neste item são apresentadas informações e estimativas que descrevem a evolução dos investimentos realizados no setor de telecomunicações brasileiro entre 1999 e 2003. Mais uma vez, a análise levará em conta apenas os investimentos realizados pelas principais operadoras fixas e móveis com atuação doméstica, entre as quais 6 concessionárias de telefonia fixa (Telemar, Brasil Telecom, Telefônica, Embratel, CTBC e Sercomtel) e todas as concessionárias e autorizadas de telefonia móvel enquadradas no Serviço Móvel Celular (SMC) ou no Serviço Móvel Pessoal.⁹ Os dados obtidos incluem as seguintes operadoras:

Tabela 10 – Investimentos no setor de Telecomunicações – 1999/2003

(em R\$ de 2003, deflacionados pelo IGP-DI)

Segmento	1999	2000	2001	2002	2003
Operadoras Fixas ^a	12.952.946	18.006.391	23.741.104	6.209.349	4.749.804
Taxa de Crescimento	-	39,0%	31,8%	-73,8%	-23,5%
Operadoras Móveis	7.728.886	6.300.138	8.137.454	4.440.388	5.156.629
Taxa de Crescimento	-	-18,5%	29,2%	-45,4%	16,1%
Total	20.681.832	24.306.530	31.878.558	10.649.738	9.906.433
Taxa de Crescimento	-	17,5%	31,2%	-66,6%	-7,0%

a. Inclui investimentos em dados.

Fonte: Balanços das Empresas, *Relatório Teleco Telefonia Celular no Brasil*

Conforme se pode observar na Tabela 10, a trajetória recente dos investimentos reproduz a evolução do mercado doméstico de telecomunicações, delineando-se, também aqui, dois períodos bastante distintos, de expansão entre 1999 e 2001 e de retração no biênio 2002-2003. É de se notar, porém, que

⁹ Os dados obtidos incluem as seguintes operadoras: Telesp Celular; Tess; BCP Telefônica Celular; ATL; Telemig Celular; Maxitel; Tele Celular Sul (TIM Sul); Global Telecom; CRT Celular/Telefônica; Telet (Claro Digital); TCO Celular; Americel; Amazônia Celular; Norte Brasil Telecom; Tele Leste Celular (Telefônica); Tele Nordeste Celular (TIM NE); BSE; Oi/Telemar; Tim Celular; CTBC Celular; Sercomtel. Ver, no Anexo 1, quadro com informações por operadora e grupo econômico.



os momentos de expansão e de retração são muito mais acentuados entre as operadoras fixas do que entre as operadoras móveis. Três fatores explicam esse resultado: (i) o esforço de antecipação das metas de universalização realizado pelas operadoras fixas até fins de 2001, responsável por uma forte concentração dos investimentos no biênio 2000-2001; (ii) ainda na telefonia fixa, a queda no ritmo de absorção de novos usuários, fator que, além da antecipação das metas de universalização, deixou de exigir a efetivação de inversões adicionais; (iii) a maior estabilidade no ritmo de expansão dos serviços móveis, que, como se viu acima, seguiram incorporando novos usuários a taxas elevadas ao longo de todo o período, fator que impediu uma redução mais forte dos investimentos.

Tabela 11 – Composição dos investimentos – 1999/2003

	1999	2000	2001	2002	2003
Operadoras Fixas	62,6%	74,1%	74,5%	58,3%	47,9%
Operadoras Móveis	37,4%	25,9%	25,5%	41,7%	52,1%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Fonte: Balanços das Empresas, *Relatório Teleco Telefonia Celular no Brasil*

Como resultado desses fatores, a evolução da composição dos investimentos entre 1999 e 2003 mostra uma grande ampliação da parcela associada às operadoras móveis. Como se vê na Tabela 11, embora em termos absolutos os valores investidos por essas empresas sejam inferiores àqueles despendidos de 1999 a 2001, no biênio 2002-2003 os serviços móveis tornam-se responsáveis por mais da metade (52,1%) das inversões do setor.

Um último aspecto a ser notado diz respeito aos investimentos realizados nas redes de comunicações de dados. Quanto a isso, convém observar que as informações reportadas pelas concessionárias de telefonia fixa – empresas que detêm 90% do mercado nesse segmento, segundo fontes especializadas – também apontam para um declínio sensível dos volumes investidos em termos absolutos. Todavia, apesar dessa tendência, é impor-



tante observar que a participação das inversões no montante total dos recursos investidos por essas empresas tem registrado crescimento persistente entre 2000 e 2003. Esse resultado, que é descrito na Tabela 12, mostra a preocupação das operadoras de telefonia fixa em prosseguir no fortalecimento das receitas vinculadas aos serviços não-voz em face da perda de dinamismo dos mercados de telefonia.

Tabela 12 – Investimentos das Operadoras Fixas em serviços de dados

R\$ 2003 (deflacionados pelo IGP-DI)

Empresas	2000	2001	2002	2003
Embratel	318.477	396.149	181.962	128.118
BriT	185.679	238.312	336.938	397.380
Telemar	252.438	645.141	66.282	65.160
Telefônica	306.934	908.585	96.399	86.016
Total Invest. Dados	1.063.528	2.188.187	681.581	676.674
Particip. Inv. Total Op. Fixas	6,0%	9,3%	11,1%	14,4%

a. Inclui investimentos em dados.

Fonte: Balanços das Empresas, *Relatório Teleco Telefonia Celular no Brasil*

2.4 Emprego

A evolução recente do emprego em telecomunicações reflete o comportamento do mercado e dos investimentos no setor. As informações disponíveis sobre as principais operadoras fixas e móveis com atuação no Brasil entre 2000 e 2003, apresentadas na Tabela 13, confirmam as principais tendências identificadas.

Tabela 13 – Operadoras Fixas e Móveis: N° de empregados

	2000	2001	2002	2003
Operadoras Fixas	54.182	41.859	32.962	29.240
Tx crescimento	—	-22,7%	-21,3%	-11,3%
Operadoras Móveis	21.554	21.404	21.845	20.331
Tx crescimento	—	-0,7%	2,1%	-6,9%
Total	75.736	63.263	54.807	49.571
Tx crescimento	—	-16,5%	-13,4%	-9,6%

Fonte: Balanços das Empresas, *Relatório Teleco Telefonia Celular no Brasil (2004)*



A mais clara dessas tendências é, certamente, o declínio dos níveis de emprego nas operadoras fixas, resultado que determina a queda contínua do nível de ocupação no setor como um todo. Esse processo é bastante pronunciado de 2000 a 2003, revelando o forte ajuste dessas empresas ao contexto de retração do mercado de telefonia, principalmente depois de 2002, bem como o recuo acentuado dos investimentos no segmento, também a partir desse último ano. Vale lembrar, a propósito, que a redução dos níveis de ocupação nesse intervalo dá prosseguimento ao movimento iniciado em momento anterior, no imediato pós-privatização. Conforme indicam outros trabalhos, àquela altura os grupos compradores das empresas resultantes da cisão da Telebrás implementaram um vigoroso processo de terceirização de atividades com vistas a conferir maior eficiência às operadoras recém-adquiridas, já dando início à diminuição do número de trabalhadores diretamente empregados pelas companhias de telefonia fixa. Ainda que com motivações distintas, tem-se, portanto, nos dois subperíodos que dividem o intervalo 1998-2003, uma trajetória continuamente cadente no que se refere aos níveis de ocupação na telefonia fixa.

Os serviços móveis também registram uma trajetória de queda no emprego entre 2000 e 2003, como se pode observar na Tabela 14, na qual são mostrados os dados das operadoras brasileiras do Serviço Móvel Celular (SMC) e do Serviço Móvel Pessoal (SMP). Na comparação com a telefonia fixa, porém, a intensidade desse processo é muito menor, quase configurando uma situação de estabilidade nos níveis de ocupação do segmento.

Tabela 14 – Nº empregados – operadoras móveis

Grupos	2000	2001	2002	2003
1. Grupo Vivo	7.744	7.500	7.843	6.700
1.1 Telesp Celular	1.849	2.029	2.468	2.070
1.2 Telefónica Celular	1.326	1.793	1.972	1.668
1.3 Global Telecom	909	827	580	465
1.4 CRT Celular/Telefónica	807	856	754	602
1.5 TCO Celular	1.834	1.461	1.286	1.135
1.6 Tele Leste Celular	456	534	494	385



1.7 Norte Brasil Telecom	563	ND	289	375
2. Grupo Claro	7.327	6.584	5.286	5.115
2.1 Tess	1.017	848	856	845
2.2 BCP	1.940	1.830	1.104	880
2.3 ATL	1.461	1.416	1.610	1.500
2.4 Telet	868	749	650	751
2.5 Americel	1.040	699	563	689
2.6 BSE	1.001	1.042	503	450
3. Grupo TIM	3.697	3.490	4.882	4.646
3.1 Maxitel	1.229	1.120	1.070	1.139
3.2 Tele Celular Sul (TIM Sul)	1.170	1.178	1.150	958
3.3 Tele Nordeste Celular (TIM NE)	1.298	1.192	1.231	1.023
3.4 Tim Celular	0	0	1.431	1.526
4. Outros Grupos/empresas	2.786	3.830	3.834	3.870
4.1 Telemig Celular/Amazônia Celular	2.581	3.088	2.756	2.788
4.2 Oi – Telemar	0	434	846	990
4.3 CTBC Celular	205	208	136	ND
4.4 Sercomtel	ND	100	96	92
TOTAL	21.554	21.404	21.845	20.331

Fonte: Balanços das Empresas, Relatório Teleco Telefonia Celular no Brasil (2004)

As razões que explicam essa estabilidade são de três tipos. De um lado, a continuidade da expansão da base de usuários e a queda mais fraca das inversões no subperíodo 2001-2003, aspectos já abordados nos itens anteriores. Na medida em que os serviços móveis continuaram absorvendo novos assinantes, sobretudo na modalidade pré-pago, as operadoras já estabelecidas acabaram por não empreender reduções acentuadas no seu quadro de empregados. De outro lado, dizem respeito também à natureza de parcela relevante dos empregos gerados pelo segmento móvel, boa parte dos quais ligados a funções requeridas pelo cenário de concorrência, como as atividades de vendas e *marketing*. Finalmente, cabe destacar também a entrada de *players* antes ausentes no mercado móvel doméstico, notadamente a partir de 2001, quando foram leiloadas as licenças para a exploração do serviço nas bandas C, D e E. Esse resultado levou à formação de novas empresas e/ou unidades de negócios de grupos já constituídos – como a Oi e a BrT Celular –, produzindo impactos positivos sobre os níveis de emprego no segmento móvel.



Tabela 15 – Operadoras Fixas e Móveis: usuários/empregados

Segmento	2000	2001	2002	2003
Operadoras Fixas	570,30	893,48	1.177,11	1.340,63
Tx crescimento	—	56,7%	31,7%	13,9%
Operadoras Móveis	697	1.088	1.305	1.709
Tx crescimento	—	56,2%	20,0%	31,0%

Fonte: Elaboração própria baseada nos Balanços das Empresas e *Relatório Teleco Telefonia Celularno Brasil* (2004)

Vale ressaltar que o crescimento do número de empregados na telefonia móvel não tem significado queda nos indicadores de produtividade. Conforme se vê pela Tabela 15, a razão entre o número de usuários e o número de empregados mostra crescimento contínuo entre os serviços móveis, mais elevado, inclusive, que aquele registrado entre as operadoras de telefonia fixa.





TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS NAS TELECOMUNICAÇÕES

3.1 O Contexto de Convergência Tecnológica em Telecomunicações

A digitalização dos serviços de telecomunicações, ocorrida com maior intensidade na última década do século XX, provocou grandes transformações no setor. A digitalização favoreceu a implementação da competição, da desregulamentação e da privatização dos serviços em geral, as quais afetaram profundamente o cenário das telecomunicações no mundo e também no Brasil. Além do mais, as metas de universalização e a necessidade de inserção competitiva no mercado internacional estabeleceram um novo contexto para o desenvolvimento das telecomunicações no país. O surgimento de novas oportunidades tecnológicas, concomitantemente com novos paradigmas e conceitos de evolução para o setor, devem-se principalmente a dois fatores fundamentais. Em primeiro lugar, a convergência tecnológica dos serviços de voz, dados e multimídia (vídeo). Em segundo, a interoperabilidade entre equipamentos, redes e aplicações de software.

A rápida implementação da digitalização nos serviços de telecomunicações se deve à universalização da representação digital da informação. Qualquer mídia, seja a voz, o texto ou a imagem (tanto parada quanto em movimento), pode ser codificada como uma seqüência de bits, de zeros ou uns. A flexibilidade de poder transportar todos os bits de forma equivalente torna a rede transparente à mídia, e, portanto, a mesma rede pode oferecer todos os tipos de serviços. Esse processo de integrar voz, texto e imagem nas redes de comunicação é conhecido como “convergência”. A definição que melhor caracteriza a convergência é extraída do Livro Verde da Comissão Européia (CE): “a capacidade de diferentes plataformas de rede servirem de veículo a serviços essencialmente semelhantes”. Entretanto, o termo convergência vem sendo empregado em diversos contextos com significados, muitas vezes, diferentes. O próprio Livro Verde da CE, por exemplo, define a convergência, em outro trecho, da seguinte forma: “a junção de dispositivos do



consumidor, como o telefone, a televisão e o computador pessoal”. Essa definição é geral e mais ampla e, portanto, aparece com frequência na grande imprensa. De fato, as operadoras de telecomunicações oferecem o acesso à internet e já disponibilizam, em caráter experimental, serviços audiovisuais. Além disso, as empresas de TV a cabo oferecem em alguns países serviços de telefonia e, no Brasil, também o acesso à internet. Enfim, a TV digital abre oportunidades às empresas de radiodifusão, para oferecer serviços de transmissão de dados. Essa tecnologia também disponibiliza serviços de voz com qualidade aceitável, quando a rede opera no modo pacote.

As telecomunicações sofreram mudanças marcantes após o início do processo de digitalização. Antes, com o monopólio estatal, era oferecido praticamente o serviço único de telefonia, devido ao longo prazo de retorno do investimento sob tarifas acessíveis. A introdução da tecnologia digital reduziu consideravelmente o custo dos investimentos de implantação, automação e operação de infra-estrutura das redes de telecomunicações, permitindo um retorno mais rápido dos investimentos e a entrada de novos atores nos negócios de telecomunicações. Ademais, o advento da competição provocou naturalmente a desregulamentação do setor. A partir de então, os novos serviços surgidos modificaram substancialmente a cadeia de agregação de valor econômico dos produtos de telecomunicações. Portanto, uma nova sistematização da cadeia de produção do valor econômico tornou-se necessária para o setor. Fransman apresentou em 2001 um modelo de camadas hierarquizadas para explicar as relações dinâmicas entre os atores envolvidos no setor de telecomunicações, de modo a tornar explícita a convergência entre a informática e as telecomunicações. Há duas conseqüências consolidadas e importantes nesse modelo: uma nova organização setorial e uma nova dinâmica do processo de inovação nas telecomunicações.

3.1.1 O modelo de camadas de Fransman

O modelo de Fransman representa, sob a forma de 6 camadas, a cadeia de valor atualmente em vigor no setor de telecomunicações. As camadas abrangem desde os equipamentos e sistemas de infra-estrutura de redes até os serviços oferecidos aos



clientes e usuários. Uma contribuição importante do modelo está relacionada às conseqüências do paradigma da internet, com destaque para os serviços de comunicação e as tecnologias de software. É justamente nestes campos que residem as maiores oportunidades para o Brasil dentro do quadro geral do setor. A inovação é fortemente influenciada pela evolução da informática, exibindo uma dinâmica paralela, com poucas barreiras de entrada e características mais abertas do software.

A Figura 1 apresenta esquematicamente as seis camadas do modelo de Fransman, associando algumas tecnologias-chave e exemplos de empresas beneficiárias em cada caso:

Figura 1: O modelo de camadas de Fransman

Camada	Atividade	Exemplo
VI	Clientes	
V	Camada de Aplicação e Empacotamento de Conteúdo (e.g., webdesign, serviços de informação on-line, serviços de difusão, etc.)	Bloomberg, Reuters, AOL Time Warner, MSN, etc.
IV	Camada de Navegação e Middleware (e.g. browsers, portais, busca, segurança, pagamento eletrônico, etc.)	Yahoo, Netscape, etc.
III	Camada de Conectividade (e.g. acesso à Internet, hospedagem web)	ISPs e IAPs
Interface TCP / IP		
II	Camada de Rede (e.g. rede de fibra óptica, acesso rádio, acesso ADSL, Ethernet, RDSI, ATM, etc.)	AT&T, BT, NTT, WorldCom, Energis, etc.
I	Camada de Equipamentos e Sistemas (e.g. centrais, roteadores, equipamentos de transmissão, servidores, softwares básicos, etc.)	Nortel, Lucent, Cisco, Nokia, etc.

ISP= InternetService Providers; IAP= InternetApplication Providers

Fonte: Fransman, 2001

Comparando-se a estrutura de camadas acima com a visão tradicional do setor, observa-se que antes tínhamos basicamente as camadas I e II. O protocolo IP propiciou uma forma de suporte aos novos serviços, além de conectar a Cama-



da de Rede (camada II) à Camada de Conectividade (camada III). A evolução da tecnologia em telecomunicações foi conseqüência, principalmente, do crescimento das capacidades de processamento e transmissão. Por outro lado, a internet estimulou a difusão de padrões abertos, em oposição ao modelo fechado de padrões proprietários que vigoravam na época dos monopólios. Além do mais, a competição favoreceu a desvinculação entre empresas operadoras e fabricantes, promovendo assim uma redução geral dos custos associados aos produtos e serviços das camadas tradicionais I e II.

3.1.2 A Interoperabilidade nas Redes de Comunicações

Um aspecto importante que decorre da convergência nas redes de telecomunicações é a universalização e a simplificação da interconexão entre equipamentos e comutadores num ambiente de múltiplos fornecedores. A interoperabilidade define a necessidade de estabelecer padrões e normas de interconexão entre os diversos sistemas existentes de comunicação. A relevância da interoperabilidade também decorre de questões relacionadas à segurança nas comunicações. De fato, as conexões tornam-se cada vez mais complexas, podendo abranger uma sucessão de redes heterogêneas. Atualmente, existe uma variedade de redes em operação. No acesso móvel há os serviços das redes 2G, 3G e WLANs. Na rede fixa há a rede de telefonia pública (STFC) e as redes baseadas no protocolo IP. Os desafios para a implementação da interoperabilidade entre redes e equipamentos heterogêneos são grandes no contexto atual e também futuro das telecomunicações. Algumas soluções estão em andamento, visando mitigar a não-interoperabilidade entre os diversos padrões e protocolos já implementados. No caso do software, destacam-se os conceitos de redes ativas e os agentes móveis. No momento atual, os maiores desafios estão no gerenciamento da garantia da qualidade de serviço em conexões fim a fim, envolvendo diferentes ambientes de redes e equipamentos. Por outro lado, os protocolos básicos da internet (TCP/IP) permitem maior interoperabilidade, de modo mais simples e barato, entre redes distintas. O principal motivo para tal evolução é a adoção da tecnologia de “comutação de pacotes”, em contraposição à tecnologia tradicional de “comutação de circuitos”. Esta última foi concebida inicialmente para



os serviços de voz (telefonia), mas é pouco flexível do ponto de vista tecnológico. Além disso, apresenta um custo operacional mais alto na oferta do tráfego multimídia, típico do processo de “convergência”.

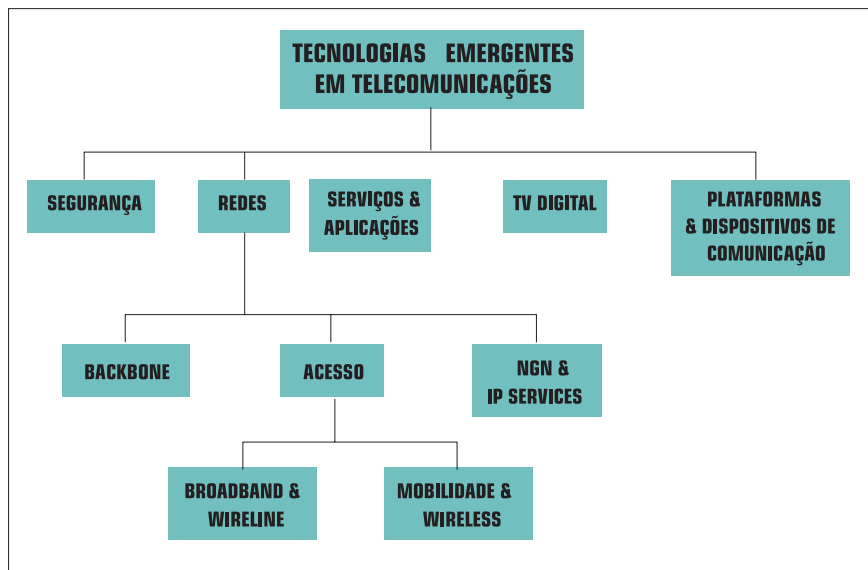
3.2 Análise Prospectiva das Tecnologias Emergentes em Telecomunicações

Os estudos de prospecção tecnológica das TICs normalmente abrangem um horizonte de 10 anos ou mais, embora os prognósticos mais distantes sejam muito incertos. No caso dos equipamentos de *hardware*, existe uma previsão de aumento da velocidade de processamento dos circuitos integrados, que segue a conhecida Lei de Moore. Ou seja, o desempenho duplica a cada 18 meses, o que equivale a um aumento de um milhão de vezes da velocidade de processamento num período de 30 anos. Por outro lado, na engenharia de software aplicada às telecomunicações, os progressos vislumbram-se mais rápidos para prover melhor custo/benefício dos produtos aos usuários. Porém, a obsolescência deverá ocorrer sempre de forma mais rápida. Nesse contexto, as políticas públicas de investimento em P&D deverão antecipar e integrar tecnologias inovadoras, considerando prazos sempre mais curtos, tanto para lançamento no mercado quanto em relação ao ciclo de vida dos novos produtos. Os métodos tradicionais de concepção linear e seqüencial das atividades de P&D (pesquisa tecnológica, desenvolvimento do produto e serviços, testes e validação) já estão sendo substituídos por atividades de desenvolvimento paralelas, para atender às demandas de prazos e ciclos de vida mais curtos dos produtos inovadores.

Apresentamos, a seguir, um resumo prospectivo das cinquenta tecnologias emergentes que terão impacto no setor de telecomunicações, selecionadas por um grupo de trabalho supervisionado pelo SENAI. A nossa apresentação baseia-se, essencialmente, em estudos recentes de prospecção tecnológica realizados pela Comunidade Européia no âmbito do programa IST (*Information Society Technologies*). Esses estudos prospectivos abrangem horizontes temporais de dez a vinte anos, até 2020. As tecnologias emergentes foram selecionadas com o intuito de permitir ao SENAI elaborar uma pesquisa prospectiva com especialistas

de telecomunicações englobando empresas operadoras, fabricantes, universidades, centros de P&D e usuários. Conforme mostra a Figura 2 abaixo, as tecnologias apresentadas estão divididas em cinco grupos de aplicação.

Figura 2: Tecnologias Emergentes em Telecomunicações



Fonte: Elaboração própria

O primeiro abrange a área tradicional Redes de Telecomunicações, e subdivide-se em Redes de Acesso, *Backbone* e NGN (IP). As redes de acesso, por sua vez, estão subdivididas em Mobilidade (*Wireless*) e Banda Larga (*Wireline*). O segundo grupo engloba os Serviços e Aplicações em Telecomunicações, área crescente em inovação tecnológica nos últimos anos. O terceiro grupo compreende a TV Digital por Radiodifusão, que é conseqüência da convergência da telefonia, da transmissão de dados e da comunicação de massa (conhecida como *broadcast* de TV e rádio). O quarto grupo – Segurança na Comunicação – aumenta sua importância com a abertura das plataformas e a oferta de multisserviços nas Redes de Telecomunicações. Por fim, no quinto grupo estão as Plataformas e Dispositivos de Comunicações, onde são abordadas tecnologias emergentes que irão provavelmente gerar mercados ainda inexplorados.

3.2.1 A Mobilidade e o Acesso Sem Fio

Os sistemas sem fio geralmente são associados à comunicação via ondas de radiofrequência (RF). Os sistemas móveis dispunham inicialmente de um raio de cobertura relativamente grande, de algumas dezenas de quilômetros, mas com capacidade limitada devido às características do espectro RF. Os novos sistemas empregam técnicas para a expansão da capacidade dos sistemas celulares, como o reuso da frequência, a divisão em células menores, e algoritmos para alocação de canais. Os sistemas de acesso sem fio deverão dispor de maior banda passante, somente nos casos de uso restrito, na presente década e também na próxima, como por exemplo, nas áreas de maior densidade de *hot spots* com a tecnologia *Wi-Fi*.

Wi-Fi (next generation) – Representa a tecnologia de redes locais sem fio que corresponde à evolução da tecnologia *Wi-Fi (Wireless Fidelity)*. É baseada no padrão IEEE 802.11n, com lançamento previsto para 2007. Deverá suportar taxas acima de 100 Mbps e operar na faixa de frequência de 5 GHz. A tecnologia deverá permitir a integração dos serviços das redes WLAN com as redes celulares, de modo transparente aos usuários, com um mesmo dispositivo nos dois tipos de redes. A expansão da infra-estrutura de banda larga na rede de acesso deverá favorecer a difusão da tecnologia *Wi-Fi*. Os estudos prospectivos da trajetória de evolução do *Wi-Fi* apontam para os seguintes fatos:

Apesar da difusão rápida da tecnologia *Wi-Fi* nos dias de hoje, sua contribuição é apenas marginal nos serviços de banda larga. Nos Estados Unidos, houve um crescimento maior do consumo residencial dessa tecnologia, mas na Europa ela permanece quase restrita ao mercado corporativo. Porém, o quadro pode mudar na esteira da maior oferta do serviço de acesso ADSL.

Em 2008, prevê-se uma maior presença de *hot spots Wi-Fi* em ambientes públicos: nos aeroportos, nas redes de transporte e nas residências, para a conexão sem fio com a rede fixa. O provisionamento dos serviços deverá variar conforme a demanda em diferentes países, mas deverá haver quase sempre mais de um provedor de serviços de acesso. O mercado se expandirá com a facilidade de acesso a rede e a interoperabilidade do terminal do usuário com diferentes *hot spots*. Os terminais serão equipados com múltiplos padrões, apesar de o conteúdo ser

diferente em cada país, como, por exemplo, o uso do *Wi-Fi* somente para comunicações de dados e suporte para voz sobre IP. O advento do padrão 802.11g aumentará a banda passante.

Em 2020, o *Wi-Fi* deverá ser uma opção importante para o acesso de banda larga nas residências e locais públicos. Não há previsão de que se torne a principal infra-estrutura de acesso à rede. Novos padrões surgirão e estimularão o aumento da banda passante a ser disponibilizada para os serviços prestados. Além disso, novos circuitos eletrônicos integrados (ou chips) serão embutidos nos aparelhos terminais, de modo a prover o acesso multimodal com a tecnologia *Wi-Fi*.

Wi-Max (World Interoperability for Microwave Access) – É uma tecnologia mais recente de comunicação sem fio de banda larga para uso em redes metropolitanas. Seu objetivo principal é disponibilizar o acesso às redes IP e serviços oferecidos pela Internet. São redes orientadas ao novo paradigma das comunicações *All-IP* (tudo sobre o protocolo IP). Nos próximos anos, as redes de tecnologia *Wi-Max* deverão entrar em operação com transmissão em bandas RF de 2 a 11 GHz (802.16a) ou de 10 a 66 GHz, segundo o padrão IEEE 802.16c. As bandas de transmissão RF poderão ser ou não licenciadas, e deverão suportar taxas de até 72 Mbps em áreas de cobertura que atingirão distâncias de até 50 km, adequadas à conexão em redes metropolitanas. As altas taxas de transmissão suportarão o provisionamento de serviços multimídia, principalmente nas áreas onde não há disponibilidade de acesso alternativo à banda larga. Outra aplicação importante será como tecnologia complementar para a conexão de *hot spots* WiFi à internet

Redes Ad Hoc sem fio / Meshed Wireless Networking – A tecnologia das redes *ad hoc* sem fio se caracteriza por não necessitar de uma infra-estrutura instalada para assegurar a conectividade entre os nós que constituem a rede. A estrutura da topologia da rede é geralmente malha (*mesh*), onde os nós são distribuídos de uma forma quase regular. A rede se configura dinamicamente com a ativação e desativação dos pontos de acesso, e a arquitetura de conexão é *multi-hop*. Os nós da rede conectam-se diretamente com os vizinhos mais próximos, que, por sua vez, da mesma forma, conectam-se com os mais distantes, conectando assim toda a rede *ad hoc* sem fio. Há ainda alguns problemas importantes que exigem solu-



ção visando garantir a difusão dessa tecnologia em maior escala. Os desafios estão na escalabilidade da rede, no desempenho e segurança dos protocolos de enlace de dados e no roteamento. Existem 3 aplicações essenciais em vista para o desenvolvimento da tecnologia de redes *ad hoc* sem fio: o uso residencial; as redes de telecomunicações sem infra-estrutura instalada; e no sensoriamento e controle de diversos ambientes industriais e adversos.

3G – São as tecnologias das redes celulares de terceira geração (3G). Suportam taxas máximas de transmissão de dados de 144 Kbps (velocidades veiculares) a 2 Mbps (usuários fixos), conforme especificado pelo padrão IMT 2000. As tecnologias implementadas correspondem a evoluções do padrão americano CDMA 2000 e do padrão europeu GSM/UMTS. Essas tecnologias possibilitam a integração de redes operando com o protocolo IPv6 e terminais móveis estabelecidos com a Recomendação do ITU-R M.1457 para 5 tipos de interfaces aéreas.

A difusão da tecnologia 3G tende a ser favorecida pela maior disponibilidade da banda passante. Atualmente, contribui apenas marginalmente no acesso, mas deverá crescer nos próximos 2 ou 3 anos até atingir seu auge antes do final da presente década. Por volta de 2020, a contribuição da tecnologia 3G no acesso deverá ser mínima, tendo em vista a possível existência, nessa época, de outras tecnologias que serão oferecidas na rede de acesso.

4G – É a tecnologia da evolução das redes celulares posterior ao 3G. Serão redes de telefones celulares configuradas por comutação de pacotes, seguindo o paradigma do IP. A tecnologia dará suporte aos serviços multimídia com altas taxas de transmissão (até 100 Mbps) e deverá ter interoperabilidade com a rede legada, além de suportar um alto nível de segurança da informação. A evolução das redes de telecomunicações estimulará a difusão da tecnologia 4G.

No cenário atual, o número de aparelhos celulares no mundo excede o de linhas fixas, porém com um ciclo de vida mais curto. Por isso, a inovação tecnológica é mais intensa nas telecomunicações móveis. No final da década, o número de aparelhos celulares deverá alcançar o patamar de saturação para as comunicações humanas. Entretanto, os aparelhos celulares também estarão embutidos em muitos objetos e utensílios, e aumentarão, portanto, a abrangência

das redes móveis de comunicação. Além disso, o desenvolvimento de novos aplicativos deverá consolidar a tecnologia 4G. Como exemplos, inclui-se o software *radio*, a maior capacidade de armazenamento dos terminais e novos padrões para separar as camadas de aplicação e comunicação nos aparelhos celulares. Mais além, em 2020, as redes de telecomunicações utilizarão, quase sempre, dispositivos sem fio como terminais. A tecnologia celular 4G estará amplamente difundida, com muitos objetos permanentemente conectados à rede via aparelhos celulares embutidos.

Mobile IP – A Mobilidade IP (MIP) é a tecnologia que disponibiliza o roteamento móvel dos aplicativos nas redes de telecomunicações. Também proporciona interconexão às redes de acesso móvel, suportadas por diferentes tecnologias, visando aos serviços de transmissão de dados. Atualmente, a mobilidade é provida apenas localmente, não sendo possível a uma unidade móvel o deslocamento entre redes heterogêneas. O MIP possibilitará ao usuário móvel passar de uma rede a outra sem interrupção das conexões (ou sessões) estabelecidas. Como exemplo, o MIP permitirá o deslocamento entre redes equipadas com tecnologia *Wi-Fi* para redes GPRS, de forma transparente para os usuários móveis, sem a necessidade de encerrar e restabelecer as conexões. A tecnologia MIP deverá ainda ter um papel fundamental na evolução da integração das redes sem fio. As principais inovações deverão ocorrer no transporte de dados multimídia para o acesso a rede de serviços, tanto na internet como nas redes corporativas. As conexões sem fio serão via rádio ou satélite, enquanto os usuários irão dispor de terminais fixos, móveis ou nômades. Alguns desafios tecnológicos importantes nessa área incluem o transporte, roteamento, controle de tráfego, correção de erro e tamanho dos cabeçalhos. Novas ferramentas de softwares de gerenciamento serão indispensáveis para o aumento de confiabilidade das redes públicas e privadas.

Zigbee – É um protocolo de comunicação global para nós de uma rede de curto alcance, que deverá operar com baixas taxas de transmissão de dados. A tecnologia é baseada nos padrões IEEE 802.15.4 e 802.15.4b, com previsão de término até o final de 2004. As redes de tecnologia Zigbee poderão funcionar com



diversas topologias, desde a estrela tradicional até malha em redes *ad hoc*. Uma das aplicações em vista são as redes pessoais sem fio WPAN (*Wireless Personal Area Network*). As principais características da tecnologia Zigbee serão o pequeno consumo de energia e o baixo custo dos terminais, para permitir a implantação de redes de maior densidade, podendo chegar até 250 terminais. Entretanto, as taxas de transmissão de dados não deverão ultrapassar 250 Kbps, e o acesso à rede será via protocolo CSMA-CA (*carrier sense multiple access - collision avoidance*). O alcance dos terminais será, normalmente, de apenas 10m, mas poderá ser estendido em certos casos até 100m. As aplicações abrangem as redes de sensores sem fio em áreas industriais, comerciais e na agropecuária. As previsões de mercado são otimistas quanto à difusão da tecnologia Zigbee nos próximos anos. Tem-se um prognóstico inicial da ordem de 1 milhão de unidades em 2005 no mundo, mas poderá chegar até 80 milhões em 2006.

Mobile-WiFi – É a tecnologia para implementar o acesso móvel banda larga sem fio MBWA (*Mobile Broadband Wireless Access*). Baseia-se no padrão IEEE 802.20, em andamento, para especificar uma interface aérea eficiente de transmissão de pacotes para otimizar o transporte dos serviços IP (*All-IP*). O objetivo é implementar redes móveis de banda larga, através de multiprovedores de acesso, com interoperabilidade e uso ubíquo, para atender à demanda de serviços corporativos e residenciais. A tecnologia MBWA comandará o acesso aos planos de controle e da camada física da interface aérea, de modo a prover interoperabilidade aos sistemas móveis de banda larga. A previsão de operação supõe bandas licenciadas abaixo de 3.5 GHz, para otimizar o tráfego IP com taxas de transmissão de pelo menos 1 Mbps. A tecnologia suportará a mobilidade de usuários com velocidades veiculares de até 250 km/h em redes metropolitanas. Também objetiva um melhor uso da eficiência espectral para prover muito maiores taxas de dados e usuários móveis, comparada com a dos sistemas atuais.

Antena Inteligente (otimizada por tráfego) – As antenas inteligentes, ou arranjos adaptativos, aumentam enormemente o alcance dos sistemas celulares. Os arranjos adaptativos combinam processadores que otimizam automaticamente a comunicação com determinado usuário e ao mesmo tempo minimizam as

interferências dos outros, adaptando o diagrama de radiação às variações do canal de propagação RF.

A difusão desta tecnologia será estimulada pelo avanço das telecomunicações. No momento atual, as antenas inteligentes ainda contribuem pouco nas redes de acesso, mas são componentes fundamentais para o futuro da infra-estrutura das comunicações sem fio, tanto na rede de acesso como nos aparelhos terminais. Em torno de 2008, há previsões de uma contribuição maior na evolução das antenas, o que pode representar um importante nicho e oportunidade de mercado. Qualquer aumento a ser obtido na eficiência da comunicação contribuirá para abaixar a potência das antenas e, assim, reduzir a poluição da radiação não-ionizante. Um aspecto muito importante será o advento de dispositivos móveis com menor consumo de energia, mas talvez somente ocorra através de uma solução radical ainda desconhecida. No horizonte de 2020, a difusão da tecnologia de antenas inteligentes será ampla no mercado. As antenas deverão evoluir para um maior nível de inteligência, de modo a discriminar melhor o sinal do usuário e ao mesmo tempo solucionar os problemas atuais de interferência. O investimento em P&D poderá ser decisivo para se alcançar uma vantagem competitiva no mercado. As antenas inteligentes serão componentes da infra-estrutura da rede pública e possibilitarão o arrendamento sob demanda dos provedores de serviços. Este conceito ainda dependerá da evolução do quadro regulatório, tanto em relação às redes de distribuição quanto ao impacto ambiental.

SDR (*Software Defined Radio*)|Rádios Cognitivos – Esta tecnologia representa uma grande promessa à interoperabilidade das redes sem fio. Através de um canal de sinalização, os terminais conectados à rede receberão instruções via software sobre os protocolos de conexão e as frequências de transmissão disponíveis no local. Com a implementação da tecnologia SDR, qualquer terminal sem fio poderá se reconfigurar dinamicamente para se conectar à rede e desfrutar de serviços específicos oferecidos pelos provedores. Com o avanço da tecnologia, os terminais terão inteligência embutida para dialogar e se configurar com o ambiente RF, de modo que o usuário poderá se comunicar sempre em movimento através de diferentes redes sem fio. Estes sistemas são algumas vezes chamados de SDRs adaptativos e inteligentes ou rádios cognitivos.



A difusão da tecnologia SDR nas redes sem fio acompanhará os avanços tecnológicos das telecomunicações. Atualmente, não há ainda nenhuma implementação da tecnologia SDR, mas há expectativas quanto à disponibilização dos serviços em torno de 2008. O impacto será maior nos anos seguintes, prevenindo-se uma difusão mais ampla, possivelmente em 2012. A maior portabilidade dos equipamentos no horizonte de 2020 propiciará ainda maior expansão à tecnologia SDR. Esta, por sua vez, estimulará melhorias na qualidade das comunicações sem fio e na transparência das infra-estruturas de telecomunicações, mas não afetará os provedores de serviços.

3.2.2 A Banda Larga e o Acesso com Fio

A evolução da capacidade das redes de telecomunicações dependerá muito do aumento da banda passante oferecida aos usuários nas redes de acesso. Nos próximos anos, há previsões de implementação em larga escala das tecnologias xDSL e da fibra óptica até os usuários finais. As tecnologias xDSL atualmente já atingem taxas de 100 Mbps, em alguns enlaces de poucos quilômetros para serviços de assinantes residenciais. No entanto, o atendimento completo das demandas por serviços com taxas de 100 Mbps para qualquer usuário, em escala global, está previsto somente para depois de 2020.

Na década atual, a banda larga deverá predominar nas áreas urbanas. Após 2010, prevê-se o deslocamento do foco de mercado para a flexibilização da oferta da banda passante, além da garantia de qualidade do serviço prestado. A demanda por maiores taxas deverá evoluir provavelmente para o atendimento de serviços específicos. Como, por exemplo, o suporte de computação em GRID em ambientes científicos, médicos ou de segurança. Tal esforço será acompanhado do desenvolvimento das infra-estruturas em geral, visando prover os serviços e aplicações solicitados.

Ethernet in the first mile – A tecnologia aborda arquiteturas e redes padronizadas pelo grupo de trabalho do IEEE 802.3ah, que visa viabilizar a implantação da tecnologia Ethernet na rede pública de telecomunicações. A ideia é utilizar as redes de distribuição óptica passiva – PON (*passive optical network*), as redes de comutação óptica automatizadas – AON (*active optical networks*) e também a infra-

estrutura instalada de cobre. Desse modo, tanto o investimento quanto o custo operacional de manutenção da rede serão bastante reduzidos e, ao mesmo tempo, viabilizarão a prestação de serviços multimídia avançados, incluindo vídeo, voz e jogos interativos, entre outros. Os serviços serão disponibilizados às interfaces de acesso dos usuários com taxas acima de 10 Mbps, e deverão suportar comercialmente o pacote de serviço conhecido como *Triple-play*, que inclui, normalmente, a telefonia, vídeos sob demanda e o acesso à internet.

IP DSLAM – A tecnologia DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*) suporta a transmissão de canais de voz, separados em frequência da transmissão de dados xDSL com altas taxas, através da infra-estrutura de cobre convencional da rede instalada. Pode ser acoplada à tecnologia Gigabit Ethernet/IP em redes de acesso, para a prestação de serviços de dados em banda larga. O uso amplo do IP simplifica os protocolos intermediários de interconexão com a rede tronco e o acesso, aumentando a eficiência do tráfego que chega ao usuário final, tanto residencial quanto corporativo. Os equipamentos de acesso agregam os dados transmitidos pelo usuário, que são codificadas nos vários padrões xDSL, com a rede de distribuição no padrão Ethernet (tipicamente GbE). Esta, por sua vez, deverá dispor de recursos avançados, como o protocolo MPLS, para aprovisionar o gerenciamento e controle do tráfego e da qualidade de serviço. A tecnologia IP DSLAM ainda está em fase inicial de maturação, mas proporcionará benefícios importantes às empresas operadoras de telecomunicações. A tecnologia híbrida Ethernet/IP, de custo mais baixo e gerenciamento mais simples, substitui as tecnologias convencionais SDH e ATM na implementação das novas redes de acesso, reduzindo os custos de investimento. Nos próximos anos, há previsões de uma difusão ampla dessa tecnologia no acesso residencial e corporativo, através do aprovisionamento comercial do *Triple-play*, com serviços de voz, vídeo e acesso à internet.

Broadband Power Line Communication (PLC) – Long Range – Esta tecnologia provê a conexão de comunicação através da infra-estrutura disponível da rede de energia elétrica instalada, tanto nas residências como em regiões urbanas. No caso da conexão de longo alcance, a tecnologia PLC permitirá a transmissão de dados no formato digital com taxas de até 200 Mbps, através da rede de energia



elétrica de média tensão (classe 15 KV) e de alta tensão. Nas redes elétricas residenciais de baixa tensão, essa tecnologia provê uma taxa de transmissão de dados de até 14 Mbps, dependente do número de usuários simultâneos que utilizam uma faixa de frequência entre 1,7 MHz e 80 MHz. Para viabilizar o aumento das taxas de transmissão através de maiores distâncias, a tecnologia PLC empregará a técnica de multiplexação por divisão ortogonal de frequência, conhecida como OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplex*).

A difusão da tecnologia PLC deverá ser favorecida pela oferta de serviços de banda larga no acesso, principalmente em áreas onde não há outra infra-estrutura disponível. Por enquanto, o uso dessa tecnologia permanece ainda restrito, com apenas alguns testes experimentais. Por volta do final da década, há previsão de uma implantação mais significativa para o provisionamento de banda larga a clientes residenciais, mas com pequena contribuição empresarial ou corporativa. Para o final da próxima década, não há grandes expectativas quanto à mudança desse quadro tecnológico. Com efeito, existe a perspectiva do domínio da tecnologia de fibras ópticas na rede de acesso, de modo a inibir a adoção da tecnologia PLC.

Packet Cable Multimedia – Esta tecnologia baseia-se nas especificações de interoperabilidade das interfaces DOCSIS 1.1 (*Data Over Cable Service Interface Specification*) para prover serviços multimídia em tempo real no padrão Gigabit Ethernet/IP em redes *two-way HFC (hybrid fiber/coax)*. A rede deverá ser implementada na infra-estrutura instalada das operadoras de TV a cabo e poderá, portanto, proporcionar a difusão de serviços suportados pelo protocolo IP na rede de acesso. Os serviços oferecidos deverão incluir telefonia IP, vídeo-conferência em tempo real, jogos interativos, além do acesso a outros serviços de dados. A tecnologia *Packet Cable Multimedia* permitirá a oferta de serviços avançados com reserva de banda e qualidade de serviço pelas empresas operadoras de TV a cabo. Para isso, o gerenciador da rede deverá classificar, priorizar e armazenar os pacotes de reserva de banda provenientes das aplicações, de modo a evitar a saturação e o colapso do tráfego em operação. A oferta das aplicações sensíveis ao atraso, como videoconferência, jogos interativos ou serviços de voz baseados no protocolo SIP, serão muito dependentes do gerenciamento da rede no acesso.

Free Space Optics (FSO) – Tecnologia óptica de baixo custo que estabelece a conectividade no acesso para serviços de banda larga. A transmissão óptica ocorre pelo ar com visada direta, empregando-se dispositivos lasers e receptores ópticos, operando no infra-vermelho próximo, sem risco para a visão humana. As conexões FSO podem cobrir distâncias de até um quilômetro nas redes de acesso e metropolitana, para o provimento de serviços de dados com banda larga e taxas de 1 Gbit por segundo. A tecnologia FSO apresenta facilidades de instalação, que são atrativas para a implementação no interior das empresas e nas conexões dos usuários residenciais com os provedores de serviço na última milha. A difusão da tecnologia FSO, será favorecida com a oferta dos serviços banda larga, principalmente onde existem dificuldades para instalar outras infra-estruturas alternativas de acesso. As conexões temporárias de banda larga em áreas urbanas também representam um nicho não desprezível para a difusão dessa tecnologia.

VDSL – A tecnologia VDSL (*Very-high-bit-rate DSL*) suporta maiores taxas de transmissão comparada com as tecnologias convencionais de redes digitais para assinantes xDSL. As taxas de transmissão deverão atingir velocidades de 52 Mbps no sentido descendente (*downstream*) e 16 Mbps no ascendente (*upstream*), através de distâncias de até 300 m. Maiores distâncias serão possíveis, mas com redução das taxas de transmissão; por exemplo, com 1 km as taxas descendente e ascendente caem para 26 e 3,2 Mbps, respectivamente. As maiores taxas comparadas com a tecnologia atual ADSL viabilizarão a difusão ampla dos serviços multimídia aos assinantes, como o vídeo sob demanda e a TV paga. As tecnologias xDSL já estão implementadas em vários países do mundo, e lideram o acesso aos serviços de dados com banda larga. A implementação do VDSL deverá favorecer uma maior difusão desses serviços na rede de acesso. Além disso, a tecnologia VDSL poderá também se acoplar à rede óptica mais próxima do usuário, de modo a configurar o acesso deste à rede metropolitana. Entretanto, ainda não há padrão definido para a tecnologia VDSL. Existem algumas propostas feitas por consórcios de fabricantes, entre as quais se destacam: a baseada no sistema DMT (*Discrete MultiTone*) do padrão ADSL, para a modulação digital, e a baseada na modulação QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*), que minimiza as interferências entre os canais de voz, ascendente e descendente.



3.2.3 A Banda Larga na Rede Tronco (*Backbone*)

Metro Ethernet – Tecnologia de implementação do padrão de interfaces Ethernet nos equipamentos de comunicações em redes metropolitanas. Um dos principais objetivos é o aumento da eficiência da rede com baixo custo de investimento. O modelo básico da rede Metro Ethernet comporta um provedor de serviços conectado a equipamentos de redes locais ou de consumidores, com interfaces padrão que operam com taxas de 10 e 100 Mbps, ou de 1 e 10 Gbps, conforme o serviço prestado. A principal vantagem reside no baixo custo de provisionamento dinâmico e no aumento da banda passante dos serviços de dados. A tecnologia de rede se caracteriza pela oferta de serviços avançados com custo inferior ao de outras tecnologias concorrentes, como o SDH e o ATM. Há vários tipos de serviços que podem ser oferecidos, principalmente para atender às demandas de redes locais, inclusive serviços de redes LAN multiponto. Além disso, a tecnologia possui vários atributos: implementação rápida, operação e manutenção simples e escalabilidade para o provisionamento de banda passante e serviços IP. Proporcionará a difusão comercial do *Triple-play*, com pacotes de serviços de voz, vídeo e acesso à internet.

Optical Switching (comutação óptica) – Tecnologia que abrange a comutação e a transmissão inteiramente óptica do sinal nos equipamentos das redes de telecomunicações. Há, atualmente, preocupações quanto aos limites de capacidade dos comutadores eletrônicos convencionais para atender à demanda de tráfego em redes de IP/DWDM. Os processadores baseados em circuitos integrados da tecnologia ASIC irão atingir em breve o limite de capacidade de processamento. Portanto, a substituição dos comutadores eletrônicos instalados por comutadores ópticos proporcionará benefícios importantes ao futuro das redes de telecomunicações, em consequência da ausência da conversão óptica/elétrica e vice-versa. Ademais, a comutação óptica pode oferecer menor custo de investimento, pois simplifica a arquitetura dos nós da rede e diminui significativamente o tamanho dos equipamentos de roteamento. Atualmente, há várias opções em vista para implementar a comutação óptica em redes de telecomunicações. A mais imediata envolve os comutadores ópticos de comprimento de onda em redes tronco WDM,

conhecidos como OXC (*optical cross connect*). A médio e longo prazo, vislumbram-se as redes de comutação por pacotes, destacando-se duas frentes tecnológicas. A primeira, que deve se estabelecer a médio prazo, envolve a tecnologia de comutação por rajadas de pacotes, ou *Optical Burst Switching* (OBS). A segunda, com impacto previsto para longo prazo, é a comutação por pacote, ou *Optical Packet Switching* (OPS). Ambas as tecnologias proporcionarão maior granularidade às redes ópticas com tecnologia DWDM.

IP sobre WDM – Tecnologia de arquitetura de rede, onde o protocolo IP se superpõe diretamente à camada óptica, de multiplexação por divisão de comprimento de onda ou WDM (*wavelength division multiplexing*). A sua principal característica reside na eliminação dos protocolos intermediários, que aumentam a complexidade da arquitetura nas redes convencionais SDH e ATM. A implementação da tecnologia IP/WDM ocorre, principalmente, nas redes tronco e metropolitana, visando favorecer a difusão da oferta de serviços de dados em banda larga, nas redes locais e de acesso. A tecnologia de multiplexação densa por divisão de comprimento de onda ou DWDM (*dense wavelength division multiplexing*), mais difundida em redes metropolitanas, também será beneficiada pelo transporte de pacotes IP sobre a camada óptica.

GMPLS – Tecnologia de protocolo IP para automatizar o provisionamento dos recursos da rede e prover controle da qualidade de serviço fim a fim, para uso em rede de transmissão backbone de serviço de dados com banda larga. O GMPLS (*Generalized Multi-protocol Label Switching*) amplia as funcionalidades do protocolo MPLS (*Muti-protocol Label Switching*), atualmente em vigor nas redes de telecomunicações. O GMPLS aprovisiona a sinalização e o roteamento do plano de controle para conexões ou redes que operam com diferentes modos de comutação do tráfego, incluindo a divisão no tempo, a divisão por comprimento de onda, a divisão espacial (ou rota) e o roteamento do tráfego de pacotes IP. O plano de controle do GMPLS simplificará a operação e a gerência da rede de telecomunicações. Automatizará o provisionamento e a administração dos recursos da rede, além de prover a garantia da qualidade de serviço.

ASON – É uma tecnologia de comutação óptica automática para prover o gerenciamento e a operação de redes DWDM em telecomunicações. Baseia-se na



proposta das recomendações G.807 e G.808 do ITU-T. A tecnologia ASON (*Automatic Switched Optical Network*) será implementada, principalmente, na rede tronco, visando à difusão dos serviços de dados na transmissão em banda larga em redes locais e corporativas. A tecnologia ASON possibilita a conexão de rotas e a transmissão de canais ópticos, estabelecidos e liberados automaticamente pelos protocolos de sinalização. A arquitetura lógica da rede ASON é constituída de três planos: 1) o plano de transporte, que opera e comanda os comutadores ópticos ou OXCs (*Optical Cross-Connects*) e os enlaces de fibra óptica; 2) o plano de controle, responsável pela sinalização com os comandos dos comutadores ópticos e dos enlaces das fibras; e 3) o plano de gerenciamento da rede.

3.2.4 As Redes de Próxima Geração (NGN) e os Serviços IP

TV sobre Internet ou Vídeo sobre IP – Tecnologia baseada no protocolo IP para prover a distribuição de canais de vídeo em tempo real ou sob demanda. A radiodifusão é operacionalizada por um distribuidor (*Head-End*) de vídeo, através de conexões ponto-multiponto (*Multicast*) e ponto-a-ponto (*Unicast*). A tecnologia visa à difusão dos serviços e aplicativos multimídia. O sinal de vídeo armazenado no servidor, codificado no padrão MPEG2 e encapsulado em pacotes IP, pode ser enviado em forma analógica ou digital pelo distribuidor. O serviço em tempo real de pacotes IP é garantido pelo protocolo de tempo real RTP (*Real time Transport Protocol*). A distribuição do conteúdo através da rede é administrada por roteadores IP, *switches* Ethernet ou concentradores ADSL, até próximo aos usuários. Estes, por sua vez, dispõem de um *set-top-box* localizado nas suas residências, que decodifica o sinal MPEG recebido. Ademais, o *set-top-box* é o dispositivo de formatação do sinal exibido no aparelho de TV, e também de seleção do canal de TV pelo usuário. A tecnologia permite a interatividade do usuário com o provedor de serviços e distribuidor do vídeo.

VoIP – evolução do SIP – A tecnologia voz sobre IP ou VoIP (*voice over IP*) é baseada na evolução do protocolo SIP (*Session Initiation Protocol*), e deverá contribuir para a difusão mais ampla dos serviços de voz e telefonia. O protocolo SIP habilita a infra-estrutura instalada nas redes de telecomunicações, para o provi-

mento de serviços baseados no IP, tanto na oferta de serviços de voz e vídeo, como em soluções integradoras desses serviços. A tecnologia VoIP produzirá impacto na evolução dos serviços e aplicativos que serão oferecidos nas redes móveis e no mercado corporativo. Alguns exemplos que se destacam para as telecomunicações são os serviços baseados no protocolo SIP, que incluem mensagens instantâneas, conferência e serviços de voz em redes virtuais corporativas VPNs (*Virtual Private Networks*). Outro exemplo são os serviços multimídia com mobilidade, que proverão transparência aos usuários para o deslocamento através de diferentes terminais e redes.

SoftSwitches de Segunda Geração – A tecnologia abrange os equipamentos de telecomunicações para as redes de próxima geração – NGN (*Next Generation Networks*). A tecnologia visa ao provisionamento de novos serviços móveis de valor agregado, devendo favorecer a difusão dos serviços de telefonia nas redes de telecomunicações. Os equipamentos *SoftSwitch* de segunda geração deverão centralizar o controle de chamadas na rede NGN. Nesse sentido, terão de ampliar sua capacidade e controle dos pontos de acesso (ou *gateways*) para efetuar interconexões com outras redes. A tecnologia permitirá a implementação de serviços de valor agregado, como o *Value-Added Mobile Services*. Ademais, os servidores *Mobile SoftSwitch*, conhecidos como *MSC Server*, serão implementados para o controle das interfaces de acesso com as redes celulares de 2ª e 3ª geração e para a integração das plataformas de serviços.

IP Phones (*physical cordless phones; soft-phones*) – Tecnologia de dispositivos e equipamentos de telefonia ou de emulação de voz via software baseados na tecnologia VoIP e no protocolo SIP. O *IP phone* ou telefone IP é o dispositivo que faz a captura do sinal de voz para, em seguida, processá-lo através da digitalização e compressão de dados. Estes, por sua vez, podem então ser transportados através das redes de comunicação de pacotes. Os telefones IP serão elementos essenciais para que usuários e assinantes possam usufruir de todos os serviços de valor agregado que serão oferecidos nas redes convergentes do futuro. A conclusão das especificações de alguns padrões de sinalização, como o H.323, o T.38 e o SIP, deverão permitir a interoperabilidade entre dispositivos oriundos de diferentes fabricantes.



IPv6 – Representa a tecnologia da nova versão do protocolo IP. A tecnologia disponibiliza um maior espaço para o cabeçalho ou endereçamento dos pacotes na rede IP. O cabeçalho disponível aumentará dos 32 bits da versão atual (IPv4), para 128 bits, na versão IPv6. No início, prevê-se a coexistência de ambas as tecnologias numa arquitetura integrada com o protocolo MPLS, visando essencialmente atender à demanda dos serviços de dados e telefonia nas redes NGN. O diferencial do IPv6 reside na arquitetura mais flexível e adaptada à integração do endereçamento com o hardware, de modo a prover suporte dinâmico à rede na garantia da qualidade de serviço. Além disso, o número maior de bits no cabeçalho satisfaz as exigências previstas com a expansão da internet nos próximos anos, tanto no número de usuários, quanto na transparência dos aplicativos que serão disponibilizados na rede global IP.

3.2.5 Os Serviços e as Aplicações de Telecomunicações

Reconhecimento de Voz – São tecnologias de software que visam disponibilizar inúmeros aplicativos para a implementação de interfaces de comunicação com seres humanos. Proverão, ainda, a difusão dos serviços de telecomunicações para deficientes. A tecnologia possibilita o desenvolvimento de respondedores automáticos de serviços em geral, através do reconhecimento da voz humana. As tecnologias de software de fala deverão contribuir para aperfeiçoar as interfaces homem-máquina, abrangendo várias áreas do conhecimento, a inteligência artificial, a análise lingüística, o reconhecimento de fala, as redes neurais e a análise estatística. Os desafios tecnológicos imediatos concentram-se nos aspectos práticos para a implementação das aplicações, destacando-se a influência de ruídos oriundos do ambiente, a dimensão do vocabulário a ser abordado e os aspectos semânticos da fala. As aplicações de maior impacto ocorrerão no desenvolvimento de novos conteúdos em multimídia.

Small Payment | Terminal celular de compra (“cartão de crédito”) – São tecnologias de software, mais especificamente de *middleware*, que permitirão às empresas operadoras de telefonia móvel oferecer serviços de pequenos pagamentos através do aparelho celular. Há expectativas favoráveis quanto ao crescimen-

to do comércio eletrônico, que deverá se tornar parte importante dos serviços de valor agregado dos futuros sistemas de telefonia móvel. Por outro lado, existe a demanda reprimida do comércio eletrônico, na qual os usuários ou consumidores estão permanentemente conectados à rede de telecomunicações. Nesse contexto, os terminais móveis passariam a operacionalizar também os pagamentos de qualquer tipo de serviço para um grande número de consumidores, distribuídos em diversas localidades. Não obstante, a difusão ampla do pagamento eletrônico via telefone celular ainda dependerá de maior confiança, por parte da grande maioria dos consumidores, no sentido de aceitar os serviços do comércio eletrônico em geral.

Context-Based Information & Services – São tecnologias de software para implementação em *middleware*, visando disponibilizar informações sobre o contexto e a localização do usuário. Abrange os serviços e aplicativos que exploram dados disponíveis nas redes de telecomunicações, de modo a enviar informações de uso personalizado, como o alerta de estoque ou *stock alert*. Alguns serviços, como o PBS (*Presence-Based Services*), informam a disponibilidade do usuário na rede – se está presente (*on-line*), ausente (*off-line*), ou se retorna em breve (*away*). Também informam o local do usuário, como, por exemplo, “no escritório”, “em férias” ou “trabalhando em casa”, associando o tipo de mídia disponível: voz, mensagem instantânea ou IM (*Instant Messaging*) e *e-mail*. Além do mais, enquadram-se nessa tecnologia os serviços de localização LBS (*Location-Based Services*), que, conforme o caso, são também suportados pelos serviços de informação geográfica ou GIS (*Geographic Information Systems*). Esses serviços dispõem de funcionalidades para a localização do usuário que solicita o serviço, de modo a fornecer-lhe informações de seu interesse, que estarão ao seu alcance mais imediato. Os serviços GIS baseiam-se em sistemas de posicionamento georreferenciados, tipicamente o sistema GPS (*Global Positioning System*), cujas principais funções são a localização da informação (*Location-Based Information*), a localização da tarifação (*Location Sensitive Billing*), os serviços de emergência (*Emergency Services*) e o rastreamento (*Tracking*).

WebServices para telecom – Os serviços Web ou *WebServices* baseiam-se na linguagem XML para a padronização de interfaces dos serviços na internet. Normalmente, empregam softwares livres, com código aberto, na implementação do



middleware. Desse modo, permitem a integração de aplicativos desenvolvidos com diferentes tecnologias de software, para prover novos aplicativos e disponibilizar serviços mais avançados, que serão utilizados nas redes de telecomunicações. A implantação dos *WebServices* visa à automatização mais efetiva de todas as formas de interação existentes entre os diversos clientes ou empresas que utilizam ou disponibilizam seus serviços. Por exemplo, a tecnologia pode integrar aplicativos de negócios, oriundos de várias empresas, com suas respectivas cadeias de valor, para automatizar todos os processos de negócios através da internet. Por fim, a tecnologia propiciará um gerenciamento mais eficiente dos recursos e serviços oferecidos pela rede internacional de computadores.

3.2.6 A TV Digital por Radiodifusão

TV Digital Interativa – Engloba tecnologias de software para o desenvolvimento do *middleware*, que visam disponibilizar os serviços interativos da TV pública digital por radiodifusão. Essas tecnologias deverão dar uma contribuição significativa à difusão dos serviços e aplicativos oferecidos pelas empresas operadoras de telecomunicações. O conteúdo audiovisual interativo será provido pela plataforma da TV digital da rede pública de radiodifusão. Os serviços disponibilizados aos usuários deverão: garantir a segurança na interatividade e no armazenamento das informações; possibilitar a busca e a recuperação do conteúdo audiovisual; e oferecer sistemas alternativos de comunicação com o provedor. Ademais, a TV digital interativa dará suporte a diferentes redes para a oferta do canal de retorno. Por exemplo, o retorno poderá ser implementado via canal de frequências na banda de VHF ou UHF, ou pela rede celular. Enfim, a tecnologia permitirá o acesso dos usuários aos serviços oferecidos na internet.

Recepção Móvel de TV Digital – Abrange as tecnologias de equipamentos e dispositivos para a recepção móvel da TV digital, através da rede de radiodifusão. Esta tecnologia terá impacto na difusão dos serviços móveis e aplicativos oferecidos pelas redes de telecomunicações. Os receptores de TV móvel utilizarão a rede de radiodifusão, para a recepção do sinal constituído dos serviços e programas, e a rede móvel celular, para acessar o canal de retorno com o provedor dos serviços

da TV digital. Um dos desafios tecnológicos importantes para viabilizar a implementação dos serviços da TV Digital com mobilidade são os aparelhos receptores de baixo consumo de energia.

HDTV e Novos Codecs de Vídeo – São tecnologias associadas à implementação da transmissão de TV digital com alta definição – HDTV (*High Definition TV*). A tecnologia HDTV apresenta maior exigência quanto à largura de banda passante do que os sistemas de transmissão da TV digital por radiodifusão. Nesse sentido, o HDTV requer o desenvolvimento de algoritmos mais eficientes de compressão e descompressão (codecs) para efetivar a transmissão de sinais multimídia. Os codecs deverão ser implementados nos servidores, terminais *set-top-box* e computadores PC. Por outro lado, equipamentos como o codec MPEG-4, orientado a objetos, serão implementados nas redes de acesso, para prover escalabilidade nos serviços oferecidos e adaptação da qualidade das imagens no receptor. Por fim, há também o interesse no desenvolvimento de novas tecnologias mais avançadas para a codificação, como os *wavelets*, os fractais e o MPEG-21. Estes codecs serão decisivos para a difusão da tecnologia HDTV, em redes de acesso com menor largura de banda.

3.2.7 Segurança na Comunicação

Segurança de Rede – Envolve tecnologias com papel fundamental para o desenvolvimento dos serviços e de redes de telecomunicações seguras. As características principais incluem a segurança na comunicação através da identificação, autenticação e integridade, para assegurar confidencialidade entre as partes envolvidas. Há desafios quanto à detecção de intrusos ou invasores nas redes em geral. As tecnologias de segurança de rede promoverão a difusão dos serviços de comércio eletrônico, transações bancárias e todos os serviços da rede IP. Os mecanismos de controle, acesso e monitoração da rede fazem parte das tecnologias de segurança de rede. Como exemplo, incluem-se os *firewalls*, os sistemas de detecção de intrusão – IDS (*Intrusion Detection System*) e os sistemas de prevenção de intrusão – IPS (*Intrusion Prevention System*). Uma nova tecnologia de destaque é o *firewall* distribuído, que emprega sistemas IDS e IPS para o bloqueio de um tráfego intruso, quando há tentativa de invasão em determinado segmento da rede.



As pesquisas nessa área têm enfatizado a busca de mecanismos de detecção inteligentes, para tratar invasores desconhecidos e correlacionar eventos menores, de maneira a prevenir ataques mais sofisticados.

Dispositivos de Armazenamento Seguro de Chaves – São tecnologias de hardware e software para dispositivos de armazenamento seguro de chaves criptográficas. Os dispositivos armazenadores de chaves criptografadas terão grande impacto na difusão dos serviços da rede IP. Exemplos desses dispositivos são os cartões inteligentes (*smart cards*), os *tokens* e os módulos de segurança HSM (*Hardware Security Module*). Tais dispositivos podem apresentar vários níveis de segurança. Os mais sofisticados contêm sensores contra violação, e são, portanto, considerados à prova de falsificação ou *tamper-proof*. Há também dispositivos com capacidade de processamento nos quais a informação das chaves armazenadas nunca é extraída. Esses dispositivos visam a aplicações como a autenticação de usuários e de outros dispositivos, porém ainda apresentam um custo relativamente alto, o que inibe sua adoção.

PKI - Infra-estrutura de Chaves Públicas – A infra-estrutura da tecnologia PKI envolve duas chaves criptográficas (uma pública e outra privada), certificados e assinaturas digitais, além de chaves para protocolos de gerenciamento. A tecnologia provê mecanismos seguros de confiança necessários à difusão dos serviços comerciais oferecidos pela internet. A informação criptografada com chave pública somente pode ser acessada por aqueles que detêm a chave privada, assegurando, portanto, um ambiente de confidencialidade e integridade aos usuários dos serviços da rede IP. A infra-estrutura de chaves públicas é a base dos serviços de emissão de certificados e de autenticação eletrônica. No Brasil, o Instituto Nacional de Tecnologia da Informação (ITI) é o responsável pela adoção da tecnologia. O setor de telecomunicações deverá favorecer a difusão dessa tecnologia, mas atualmente sua contribuição ainda é pequena. Há previsões de maior segurança nas comunicações móveis nos próximos anos. A tecnologia PKI deverá ter sua importância aumentada no decorrer desta década, tendo em vista a maior necessidade de os usuários permanecerem conectados à rede (*always on*). À medida que a informação for sendo armazenada em muitos dispositivos nas residências, o acesso à informação de qualquer lugar será muito maior. Nesse

contexto, a vulnerabilidade e a proteção da informação serão muito mais críticas. Os desafios serão maiores em consequência da interconectividade permanente e do número crescente de usuários e máquinas conectadas. As necessidades de segurança se tornarão um fator preponderante para a evolução das arquiteturas de comunicação. No entanto, haverá sempre a ameaça de ruptura, com o advento da computação quântica, que tornará sem sentido a tecnologia PKI.

Criptografia Quântica - Tecnologia de criptografia, baseada nas leis da física quântica, que garante segurança total ao transporte da informação. A segurança dos sistemas atuais de comunicação depende da velocidade de processamento na eletrônica, dos avanços da Ciência da Computação e do advento do Computador Quântico. A velocidade dos circuitos eletrônicos tende a baixar, de acordo com as projeções da lei de Moore, de maneira a tornar as técnicas de criptografia tradicionais mais vulneráveis aos ataques. Atualmente, já estão disponíveis produtos comerciais baseados na criptografia quântica para comunicações totalmente seguras, utilizando fibras ópticas e fótons polarizados. O transporte seguro da chave criptográfica simétrica é feito através do algoritmo *one-time pad*, que simplifica a distribuição das chaves, mas os equipamentos são ainda caros e possuem um limite quanto à distância máxima de transmissão óptica. Há desafios tecnológicos importantes para efetivar a difusão mais ampla dessa tecnologia. Inicialmente, a implementação deverá abranger apenas alguns nichos de mercado em telecomunicações, envolvendo principalmente as redes corporativas. Por outro lado, encontra-se ainda em debate a possibilidade de empregar tecnologia similar nas comunicações via rádio. Um aspecto notável é a ruptura tecnológica prevista com a materialização do computador quântico, que poderá ocorrer de forma independente da evolução da criptografia quântica.

3.2.8 As Plataformas e os Dispositivos de Comunicação

RFID (next generation) - Os RFIDs (*radio frequency identification*) são dispositivos de comunicação de dados para leitura de etiquetas eletrônicas (*tags*) ativadas por RF. As etiquetas ou identificadores inteligentes são *chips* ou cartões eletrônicos à memória, que possuem a capacidade de ler e processar informações. Estas, por sua vez, são armazenadas em circuitos integrados ativos ou passivos (com ou sem fonte de alimen-



tação), e a transmissão somente é possível em curtas distâncias. As aplicações incluem a identificação sem contato físico, e possibilitam efetuar pagamentos ou gerenciamento de arquivos de dados pessoais. A tecnologia promoverá a difusão do comércio eletrônico e de vários serviços: transações bancárias, transporte, telecomunicações e internet. Atualmente, os RFIDs são empregados marginalmente, apesar de várias empresas terem demonstrado interesse e esboçado planos para uso em massa dessa tecnologia. Os alvos principais são os inventários e o acompanhamento de estoques na cadeia de distribuição. A próxima geração de RFIDs deverá conter *chips* eletrônicos passivos de baixo custo e com dimensões extremamente reduzidas, visando viabilizar diversas aplicações de larga escala. Há desafios no desenvolvimento de *chips* ativos para minimizar o consumo de energia. No final da década, prevê-se uma difusão ampla de produtos com leitores RFID embutidos, incluindo PDAs e telefones celulares. Há previsão de oferta de serviços de informações sobre o conteúdo de leitura das etiquetas. No final da próxima década, o acesso à informação, em muitos casos, será mediado por etiquetas embutidas em muitos produtos e utensílios. Por outro lado, as etiquetas baseadas em software serão embutidas nos serviços e nos bens não-materiais.

Home Networking – É o conjunto de tecnologias de interconexão de equipamentos, aparelhos e dispositivos em geral nas residências. O protocolo IP permite interconectar diversos aparelhos residenciais: TV, DVD, PC e periféricos, além de outros aparelhos domésticos. Um dos principais desafios tecnológicos é a instalação simples e de baixo custo da conexão física de banda larga, de maneira a explorar ao máximo a infra-estrutura residencial instalada (telefone e energia elétrica). Haverá apenas uma conexão externa integrada com a rede de acesso, através de um *set-top-box* com decodificador. A plataforma tecnológica inclui o processamento, gerenciamento, transporte e armazenamento da informação no ambiente doméstico. Ademais, a tecnologia possibilita a conexão e integração de múltiplos dispositivos de computação, controle, monitoração e comunicação. Alguns exemplos incluem as tecnologias *Bluetooth* e as redes *ad hoc*, com taxas de dados acima de 1 Mbps. Além disso, há perspectivas de viabilizar a topologia *scatternet*, que permite interconectar até 10 *piconets* (mini-redes) controladas por dispositivos *bluetooth* na configuração ponto-multiponto. A camada física baseia-se na tecnologia FHSS (*frequency hopping*

spread spectrum), com área de cobertura de algumas dezenas de metros (Classe 2). A tecnologia *home networking* será difundida acompanhando a evolução das infra-estruturas das redes de telecomunicações. No momento atual, ainda permanece marginal. Em alguns países da Europa, uma porcentagem significativa das residências já dispõe da tecnologia *home networking*, para prover o acesso à internet. Nos próximos anos, a difusão da tecnologia deverá ser maior, antevendo-se uma porcentagem significativa das residências inteiramente interconectadas.

UWB (*Ultra Wide Band Wireless Devices*) – Aborda a tecnologia de dispositivos RF para redes de dados sem fio de curto alcance, mas com altas taxas de transmissão. Os dispositivos de banda ultralarga proverão a comunicação sem fio com taxas entre 100 e 500 Mbps, através de distâncias de 5 a 10 m. Estudos sobre o compartilhamento dos serviços prestados e as limitações de potência radiada estão ainda em andamento. A tecnologia deverá se difundir com os avanços tecnológicos das redes de comunicações. No momento atual, ainda não está disponível, mas prevê-se o início de sua comercialização para o final desta década. A maior difusão da tecnologia UWB só será alcançada em um momento posterior, mas provavelmente dirigida às redes pessoais sem fio (WPAN). O desempenho será superior à tecnologia *bluetooth* na ocasião, porém concorrerá com a base tecnológica instalada das tecnologias *bluetooth* e *Wi-Fi*. Com relação ao *Wi-Fi*, a maior vantagem reside no menor consumo de energia previsto. No final da próxima década, há previsões de uma difusão mais expressiva da tecnologia UWB, principalmente nas redes de comunicação pessoais (PANs). Nesse contexto, deverá atuar como infra-estrutura de agregação de uma variedade de dispositivos de uso pessoal. Por outro lado, a substituição dos *hot spots Wi-Fi* pela tecnologia UWB em redes de picocélulas é vista como pouco provável. Há apenas previsão de alguns sinalizadores UWB atuarem como pontos de acesso (*gateway*) à rede.

Grid Computing – O *Grid Computing* (ou computação em grade) é um sistema que integra os recursos computacionais paralelos e distribuídos, conectados em rede e baseados em múltiplos domínios administrativos. O *Grid* gerencia o compartilhamento, seleção e agregação dos recursos envolvidos, através da disponibilidade, capacidade, desempenho, custo e qualidade de serviço, solicitados pelos usuários. A tecnologia *Grid* destaca-se em 3 categorias, conforme sua utilização: ca-



pacidade de processamento; capacidade de análise e processamento de uma grande massa dispersa de dados; e acesso a aplicativos integrados e distribuídos visando à criação de serviços mais sofisticados. A infra-estrutura computacional distribuída abrange tecnologias de software e hardware, incluindo processadores e discos rígidos para o armazenamento dos dados. As tecnologias envolvidas incluem protocolos de comunicação, *middleware*, serviços, aplicações, gerência, tarifação (*billing*) e segurança. Atualmente, existem *Grids* computacionais para processamento e análise de dados, enquanto os *Grids* para aplicativos ainda permanecem no campo da pesquisa. O órgão *Global Grid Forum* encarrega-se de padronizar a arquitetura *The Grid*, que segue o padrão da *Web Services* definido pela W3C, órgão das especificações da Web. A tecnologia *Grid* deverá se difundir com o aumento da disponibilidade da banda passante. No momento atual, contribui apenas para o armazenamento de dados nas áreas de saúde e astronomia. No final da década, prevê-se um aumento considerável da capacidade distribuída do armazenamento, e, portanto, a tecnologia *Grid* deverá se difundir bastante na indústria e nos serviços científicos. Em 2020, há previsões de ampla aplicação, na exploração e no armazenamento de dados, dos serviços tecnológicos da rede de dados com base nos sistemas *Grids*.

Smartphones - Convergência PDA/Celular/Notebook (para local & wide-area)

– Abrange tecnologias para plataformas de softwares, visando integrar as funcionalidades de terminais de acesso móvel hoje disponíveis no mercado, como o telefone celular, o PDA (*Personal Digital Assistant*) e o computador portátil (*notebook*). Os serviços e aplicativos englobam o acesso simultâneo à rede de dados, a navegação na internet e a telefonia. Os *smartphones*, ou telefones inteligentes, são aparelhos compactos e portáteis, similares ao telefone celular, que integram serviços de telecomunicações móveis, tanto da rede celular móvel quanto das redes locais sem fio WLAN, com os serviços oferecidos aos terminais PDAs. Os *smartphones* disponibilizam ao usuário, via teclado ou voz, o acesso para uma navegação segura pela internet. A difusão da tecnologia dos *smartphones* dependerá dos progressos a serem alcançados na padronização e interoperabilidade dos diversos terminais com as tecnologias disponíveis de acesso sem fio. Há previsão de uma maior integração e incorporação de outros serviços, como a oferta de

serviços multimídia e de áudio, a execução de arquivos MP3 e o envio de *e-mails wireless*. No entanto, tal evolução ainda dependerá da evolução e da maior disponibilidade de banda passante nas redes de acesso sem fio.

3.3 A Prospecção Tecnológica na Evolução das Telecomunicações nos Próximos Anos (panorama internacional)

A evolução das telecomunicações na década passada foi marcada pela explosão da telefonia celular e pelo aumento considerável da demanda pelo acesso à internet. O mercado residencial cresceu com a aquisição de novos computadores pessoais, equipados com serviços multimídia, e também com a instalação de novos softwares de uso dedicado e personalizado. Esse mercado é atualmente um grande estimulador da difusão das TICs, que beneficiam usuários fixos e móveis, interessados em permanecer conectados à rede de comunicação. Além disso, o trabalho individual e autônomo também favoreceu essa tendência, conquistando adeptos em várias camadas sociais, tanto em áreas urbanas quanto rurais. Nesse sentido, destaca-se o crescimento do comércio eletrônico, cuja demanda aumenta com o surgimento de novos produtos personalizados, mas depende ainda de conquistar maior confiança dos consumidores envolvidos nesse mercado.

Por outro lado, os usuários individuais em geral tendem cada vez mais a consumir conteúdos de lazer personalizados. A mobilidade não é ainda um fator indispensável ou fundamental, mas os equipamentos utilizados comportam quase sempre softwares embutidos de uso dedicado. Além do mais, os novos produtos de multimídia apresentam uma obsolescência cada vez mais rápida, principalmente no segmento de jogos, que se difunde junto a um público mais jovem. Todavia, a complexidade dos terminais de acesso é ainda um obstáculo à maior oferta de novos serviços. A adoção rápida dos terminais celulares pelo grande público em geral demonstra a importância da simplicidade e da praticidade como fatores determinantes para o desenvolvimento de novos terminais para acesso à internet. Nesse sentido, estudos prospectivos destacam a importância do desen-



volvimento de produtos tecnologicamente complexos mas, em contrapartida, com instalação e utilização relativamente simples para o usuário comum.

O crescimento significativo do uso da internet nos anos recentes é normalmente atribuído à dinâmica da inovação tecnológica, que conduziu a uma ruptura no mercado tradicional das telecomunicações. Alguns aspectos tecnológicos relevantes nesse processo incluem o terminal de PC de uso abrangente e universal e o aumento considerável das taxas de transmissão nas redes de comunicações. Este último possibilitou a integração de vários tipos de dados, incluindo texto, imagem, som, voz e vídeo, com o protocolo IP, que apresenta maior flexibilidade, escalabilidade e interoperabilidade, garantindo o bom funcionamento da rede. Enfim, as tecnologias de código e plataformas abertas envolvidas no desenvolvimento de softwares livres e apoiadas por órgãos de padronização, como o IETF, também contribuíram para difundir os serviços oferecidos pela internet.

A dinâmica da inovação tecnológica observada na área das TICs engloba aspirações tanto dos usuários quanto econômicas. A evolução tecnológica na década passada modificou substancialmente o mercado tradicional das empresas operadoras de telecomunicações. Emergiram novos atores para atender às demandas geradas pelas novas oportunidades oferecidas no mercado. O conceito de ruptura tecnológica é fundamental para compreender a descontinuidade gerada através da implementação do protocolo IP, conforme discutido acima no modelo de Fransman. Uma nova tecnologia de ruptura não é necessariamente melhor do que a anterior, mas atende a uma demanda explícita ou implícita dos usuários (seja no custo ou na unificação de plataformas de serviços e aplicações). Além disso, as tecnologias de ruptura podem modificar de forma substancial as regras do jogo da competição no mercado. Apóiam-se, essencialmente, em novas oportunidades surgidas, ou em mercados em crescimento, que, por sua vez, se apresentam com maior valor para os usuários. Alguns fatos tecnológicos importantes que despontam através do uso da internet e que poderão ter impacto nas telecomunicações nos próximos anos seriam:

- a competição desloca o valor agregado das empresas operadoras tradicionais para a oferta dos serviços no acesso;
- o desenvolvimento acelerado de componentes de softwares reutilizáveis aumenta a difusão dos aplicativos pela internet;

- a TV digital por radiodifusão *broadcast* proverá novos serviços interativos e novos terminais;
- o desenvolvimento de conteúdos e softwares gera um novo modo de relacionamento com os usuários;
- os novos dispositivos e componentes reprogramáveis com softwares embarcados se difundem amplamente nos equipamentos de hardware;
- enfim, as novas funcionalidades de comutação óptica ampliarão a capacidade das arquiteturas das redes ópticas IP/WDM, diminuindo seu custo e complexidade.

3.4 As Perspectivas Tecnológicas do Setor de Telecomunicações no Brasil

As características econômicas e as disparidades sociais do país não permitem uma trajetória tecnológica similar à em andamento nos países mais avançados. O mercado de telefonia fixa no Brasil ainda não pode ser considerado saturado, mas dificilmente poderá se expandir mais, dado o elevado índice de inadimplência dos assinantes de baixa renda. Por outro lado, a telefonia móvel difundiu-se enormemente através dos serviços pré-pagos, e o número de assinantes celulares já supera o de assinantes fixos tradicionais. Nesse contexto, o celular pré-pago, associado à telefonia pública a cartão, provocou uma universalização peculiar no Brasil, onde a telefonia celular se difundiu nos segmentos da população ainda não atingidos pela telefonia fixa. Ou seja, a universalização da telefonia de voz é um produto dos sistemas móveis celulares.

O custo do acesso à banda larga ainda permanece alto para o usuário comum, mas esse segmento de mercado tende a crescer rapidamente. O preço relativamente alto do computador pessoal inibe a difusão dos aplicativos. No mercado corporativo, há expectativas de um maior crescimento com o aquecimento da economia, reproduzindo padrões observados no exterior. As operadoras vislumbram oportunidades semelhantes às do cenário internacional, através da implantação de tecnologias e soluções de engenharia que



maximizam o uso da rede e da criação de novos serviços. Há oportunidades também na gerência das redes e dos serviços, que poderão aumentar consideravelmente a receita das empresas operadoras e viabilizar os investimentos realizados após a privatização do setor.

Entretanto, o país apresenta um grande desequilíbrio social que exige decisões políticas do Estado. A desigualdade da renda, a não universalização dos serviços prestados e a exclusão digital são alguns exemplos marcantes. Algumas frentes poderão ser abertas com ações imediatas, como a telefonia rural e o acesso a serviços de baixo custo. A inclusão digital envolve um contexto mais complexo, pois requer uma abordagem sistêmica que integra vários aspectos culturais e sociais. De modo geral, a evolução das telecomunicações no Brasil dependerá de múltiplas ações governamentais, que vão desde o aumento do crédito e da renda familiar até a inclusão da população de mais baixa renda no mercado.

Por outro lado, a transição do regime de monopólio para a competição regulada é outro componente que irá influenciar o cenário tecnológico nos próximos anos. Inicialmente, adotou-se no país a competição das infra-estruturas, seguindo o modelo dos Estados Unidos, com a desregulamentação dos serviços de longa distância. Embora os preços tenham sido reduzidos pela maior oferta, esse modelo conduziu à multiplicação de infra-estruturas não otimizadas, gerando ociosidade nos recursos da rede. Por outro lado, os órgãos reguladores nos diversos países, inclusive a ANATEL, estimulam maior competitividade no acesso, onde as redes e os serviços não possuem necessariamente um vínculo. Esse modelo, conhecido como *unbundling*, ou abertura da rede da empresa tradicional oriunda do monopólio do setor, foi implementado para as novas entrantes utilizarem a infraestrutura disponível. Desse modo, a competição é comandada pela oferta dos serviços, mais interessante para o consumidor.

Por fim, a universalização das telecomunicações, através do acesso aos serviços por todos os cidadãos, deve ser encarada como um objetivo social e um dever do Estado. Como este tem se afastado como prestador, os interesses do mercado não coincidem com as políticas de universalização, que passa então a



ser assegurada pelo órgão regulador. A Figura 3 ilustra os diferentes estágios do processo de universalização, numa moderna concepção que busca ir além do conceito de “uma casa – um telefone”.

Figura 3: Os cinco estágios da universalização

Estágios da Universalização					
	I	II	III	IV	V
	Implantação da rede	Integração geográfica	Mercado de massa	Rede completa	Serviços individuais
Tipo de objetivo	estrutura tecnológica	Paridade regional	Estímulo à economia	Coesão nacional e social	Livre comunicação
Exemplos de objetivos	Serviço interurbano entre as cidades principais; telefones públicos	Telefones em todas as localidades; adoção ampla de linhas comerciais	Ampla penetração da telefonia residencial; atendimento das demandas razoáveis	Telefone a preços acessíveis para todos; serviço adaptável aos deficientes e com necessidades especiais	Necessidades básicas de comunicação para todos; acesso público a serviços avançados
Medidas políticas	Concessão para implantação da rede	Concessões lucrativas sujeitas a obrigações deficitárias	Controle de preços	Subsídios dirigidos	Identificação e atendimento de demandas fora do mercado

Fonte: C.Milne/ ITU, 1999

O primeiro estágio consistiu na implantação da rede. O segundo, na integração geográfica, que foi realizada principalmente pela Embratel. Seguiu-se então a fase do mercado de massa, caracterizada pela ampla difusão dos serviços e assinantes. O Brasil se encontra ainda nos estágios II e III (integração geográfica e de mercado de massa).

A tensão entre o nível de competição e os estágios de universalização em que o Brasil se encontra se reflete na busca de soluções tecnológicas pelas empresas *incumbents* (oriundas do monopólio) e as entrantes. As *incumbents* carregam compromissos de regulamentação herdados no momento da privatização e um legado instalado na planta, que não pode ser simplesmente abandonado de uma hora para outra. Uma entrante, todavia, pode optar por soluções tecnologicamente mais atuais, pois não precisa considerar a pré-existência de uma rede em operação, nem tem tantos requisitos associados à universalização quanto a *incumbent*.



CONCLUSÕES

4.1 Perspectivas para o Mercado de Telecomunicações Brasileiro

A análise do desempenho do setor de serviços de telecomunicações nos últimos cinco anos mostrou que o crescimento no Brasil vem ocorrendo a taxas mais reduzidas que aquelas verificadas em termos mundiais. Além disso, a mudança na composição das receitas em favor dos segmentos móveis e de comunicação de dados, embora já esteja em curso, ainda não se processa com a mesma rapidez observada no mercado internacional. Nos últimos dois anos, os investimentos e os níveis de emprego no setor atravessaram uma trajetória declinante, ainda que menos acentuada no segmento móvel.

Com relação às perspectivas do setor para os próximos anos, procuramos avaliar em que medida um cenário de maior crescimento econômico, como o que começa a se desenhar atualmente, pode afetar o ritmo de expansão do mercado, levando-se em conta a influência das condições de competição em cada segmento e algumas das políticas relevantes para o setor. Os resultados dessa avaliação dependem fortemente do segmento dos serviços de telecomunicações.

A expansão da **telefonia fixa** se defronta com os baixos níveis de renda da maioria da população brasileira. Após um período de considerável crescimento, os contornos da estrutura tarifária, em particular a fixação de tarifas de assinatura em patamares relativamente elevados quando comparados à capacidade aquisitiva de usuários de menor renda, representam um entrave para a absorção de novos usuários, circunstância que se somou à redução do tráfego cursado, levando ao declínio das receitas do segmento.

Nesse contexto, uma eventual retomada da expansão do segmento mostra-se claramente vinculada a duas condições não excludentes, a saber: (i) a elevação do nível de atividade econômica; e (ii) modificações nas condições de remuneração do serviço, derivadas de alterações na estrutura tarifária, da intensificação da competição nesse mercado e da criação de formas alternativas de oferta do serviço.



Quanto ao primeiro aspecto (elevação do nível de atividade econômica), as expectativas ora prevalecentes entre os analistas econômicos são otimistas para os próximos anos, aguardando-se que a taxa de crescimento da economia brasileira mantenha-se em um patamar próximo a 4% ao ano. A princípio, portanto, poder-se-ia projetar uma recuperação das receitas do serviço nesse período, ou ao menos a sua estabilização no patamar atual, motivada pela reativação do tráfego e por uma possível ampliação da base de assinantes.

É certo que a confirmação dessas perspectivas depende de outros fatores: um avanço mais pronunciado das formas de telefonia baseadas em redes de dados (VoIP, por exemplo) pode ensejar a erosão das receitas geradas por usuários mais intensivos em tráfego, fenômeno já iniciado entre grandes corporações; da mesma forma, uma redução mais forte nas tarifas de uso da telefonia móvel, impulsionada pela competição nesse segmento, pode levar a que o tráfego cursado em redes fixas se desloque com maior intensidade para redes móveis. A curto prazo, entretanto, é razoável supor que esses fatores não produzirão efeitos tão acentuados, já que a difusão da telefonia baseada na internet é incipiente, particularmente entre usuários residenciais, e a distância entre as tarifas de tráfego da telefonia fixa e móvel no Brasil ainda exerce um efeito de contenção na substituição de um serviço pelo outro. Com isso, a hipótese de que a telefonia fixa ainda pode se beneficiar de um período de maior atividade econômica não nos parece destituída de fundamento, ao menos dentro de um horizonte de dois ou três anos.

Também nessa direção podem contribuir eventuais modificações nas condições de remuneração do serviço que representem redução das barreiras à entrada de usuários de menor poder aquisitivo. Inovações regulatórias ou iniciativas empresariais que prevejam a oferta de serviços de telefonia fixa sob “condições especiais” – modalidades pré-pagas, esquemas diferenciados com tarifas menores de assinatura etc. – podem incentivar o ingresso de novos assinantes. É nessa direção, aliás, que parecem apontar as iniciativas mais recentes do grupo Telmex/Embratel, cujos efeitos, porém, ainda não são passíveis de uma avaliação mais precisa. O ponto a notar, todavia, é que, em face da percepção de que o crescimento da telefonia fixa no Brasil esbarrou em obstáculos de renda nos últimos

anos, as principais operadoras começam a realizar movimentos especificamente dirigidos para a captura de consumidores por ora excluídos do serviço.

Contudo, mesmo que essas hipóteses se confirmem, os seus impactos sobre as variáveis investimento e emprego podem ser limitados, já que as inversões realizadas pelas concessionárias de telefonia fixa para o atendimento das metas de universalização fixadas em 1998 deram origem a um estoque expressivo de linhas ociosas (considerando-se apenas as concessionárias, eram mais de 3 milhões de linhas ao final de 2003). A curto prazo, portanto, a reativação do segmento dispensaria a ampliação de capacidade adicional, podendo ocorrer com base na utilização de linhas já instaladas. De toda maneira, um vetor de expansão dos investimentos que não deve ser descartado está relacionado às novas metas de universalização relativas ao período de concessão que se abre em 2006, neste momento não completamente definidas. A depender da sua abrangência, ainda sujeita a grande controvérsia, essas metas podem vir a exigir a realização de novas inversões.

Com relação aos **serviços móveis**, sua dinâmica recente no Brasil tem sido marcada pela absorção contínua de novos usuários, mas também pela queda acentuada e persistente das receitas geradas por assinante, refletindo a participação crescente de usuários vinculados ao serviço pré-pago na base total. Tem-se observado, assim, um perfil de expansão com as seguintes características: (i) concentração das receitas brutas das operadoras, via de regra, no tráfego originado (em torno de 45%); (ii) grande dependência das receitas de terminação de chamadas na rede móvel (receitas de interconexão), que, beneficiadas pela ampliação da base de usuários em 2003, alcançaram, em média, cerca de 30% das receitas brutas; e (iii) pequena influência de outras receitas que não aquelas obtidas com os serviços de voz (entre 1,5% e 2%).

Tendo em mente essas características, três vetores de crescimento podem ser visualizados para os próximos anos: em primeiro lugar, a ampliação do volume de tráfego originado e terminado em redes móveis, derivado do efeito renda a ser produzido em um cenário de recuperação econômica; em segundo lugar, a continuidade da trajetória de queda das tarifas de uso hoje em curso, em função da preservação de graus elevados de competição entre as prestadoras existentes



no mercado, com impactos também positivos sobre o volume de tráfego; e, em terceiro lugar, a elevação das receitas de serviços móveis não-voz, em função da ampliação da sua difusão, sobretudo entre os usuários de maior renda.

Dentre esses aspectos, o que talvez mereça maior destaque é o padrão de concorrência no segmento. Diferentemente do que ocorre na telefonia fixa, o mercado de serviços móveis se caracteriza pela convivência de um número elevado de competidores nas diversas regiões do país, contabilizando-se três grandes grupos com atuação nacional (Claro, Vivo e Tim) e três outros com atuação em parcela relevante do território brasileiro (Oi, BrTGSM e Telemig Celular). Ainda mais importante: alguns desses grupos encontram-se em movimento de ingresso ou consolidação das suas posições no mercado. Com isso, vem se assistindo a um acirramento notável da disputa por usuários novos ou já vinculados a algum dos operadores que, marcado por forte subsídio na venda de aparelhos e pela sobreposição de ofertas alternativas de “pacotes de minutos”, tem levado à queda nas tarifas praticadas junto aos usuários mais intensivos em tráfego. Vale dizer, em função do esforço de fidelização de novos clientes, típico de momentos de entrada de novos concorrentes, estabeleceu-se um cenário competitivo especialmente agressivo, que tende a produzir impactos sobre o volume de ligações originadas em redes móveis.

Ainda não são claras as implicações desse cenário para a futura configuração do mercado móvel brasileiro. De forma geral, tem predominado a avaliação de que, em algum momento (não muito distante), a intensidade da competição pode levar a uma nova rodada de concentração do mercado, pela qual o número de operadoras concorrentes cairia para duas ou três por região. Nesse contexto, então, a concorrência via preço tenderia a ser sobrepujada pela concorrência por diferenciação. Não obstante, mesmo que não seja esse o cenário atual, já são claros os sinais de que estratégias competitivas baseadas na diferenciação de serviços vêm ganhando corpo. Entre as principais operadoras já se observa o lançamento de um leque maior de serviços móveis não-voz, entre os quais, notadamente, a transmissão de imagens, a realização de *downloads* e o envio e recebimento de mensagens eletrônicas, criando-se, assim, um potencial de crescimento de receitas – ainda muito pouco explorado – no segmento móvel brasileiro.



Vale dizer, uma vez confirmadas essas perspectivas, que se tem um horizonte de expansão do segmento móvel possivelmente mais robusto que aquele que caracterizou o período recente. E, em sintonia com esse quadro, um cenário de elevação dos investimentos (sobretudo em modernização da rede) e de despesas com comercialização e propaganda, circunstâncias que devem inibir efeitos negativos sobre os níveis de emprego.

Com relação aos serviços de **comunicações de dados**, dois pontos devem ser ressaltados, ambos apontando para taxas de expansão do segmento mais elevadas, sobretudo em um cenário de maior crescimento econômico. Em primeiro lugar, a continuidade da ampliação da base de usuários residenciais e empresariais de serviços de banda larga apoiados nas tecnologias ADSL. E, em segundo lugar, a perspectiva de início das operações, nos próximos dois anos, do Serviço de Comunicações Digitais (SCD). Como é conhecido, o regulamento desse serviço foi submetido a Consulta Pública (CP) no final de 2003 pela ANATEL, e traz como objetivo promover a universalização do acesso à internet em alta velocidade, algo que seria viabilizado em parte pela utilização dos recursos do Fundo de Universalização das Telecomunicações (FUST).

Depois de vários meses após o encerramento da CP, a versão final do regulamento do SCD ainda não foi divulgada. Isso tem produzido incertezas quanto ao planejamento inicial da agência reguladora – que previa o início do serviço para a passagem de 2004 para 2005 –, bem como quanto aos contornos precisos do modelo que será adotado. Todavia, a prevalecerem as diretrizes presentes nos documentos submetidos a CP, o SCD indica a existência de um potencial de expansão dos serviços de comunicação de dados, o que decorre da associação de 3 de seus traços básicos: (i) a estratégia de conceber o uso dos recursos do FUST como incentivo e garantia para a ampliação inicial da infra-estrutura existente; (ii) a previsão de que a prestação do serviço poderá fazer uso de plataformas tecnológicas alternativas, baseadas na otimização do espectro de frequências – o que, na experiência internacional recente, tem levado a soluções de custo reduzido e sem perda de eficiência; e (iii) a caracterização do SCD em regime público, tornando-o sujeito a uma regulamentação mais estrita (inclusive tarifária), fato que pode favorecer a absorção de usuários pelo serviço.



Não é inútil reiterar, contudo, que a confirmação dessas perspectivas está condicionada à definição do marco regulatório do serviço pela ANATEL, em particular no que concerne à definição do Plano Geral de Outorgas que será utilizado, já que no momento da CP esse aspecto do modelo foi percebido como o principal óbice para a implementação virtuosa do SCD ao prever uma excessiva fragmentação das áreas de operação do serviço.

4.2 Tendências Tecnológicas

O processo de convergência tecnológica observado no setor de telecomunicações, abrangendo as áreas de informática, audiovisual e eletrônica de consumo, tem nas comunicações seu componente crítico, pois é através delas que se constroem as redes sociais e humanas. Na perspectiva moderna das telecomunicações, o processamento de dados subsidia o objetivo maior que é a construção da Sociedade da Informação, baseada no conhecimento.

A incorporação da noção das TICs conduz à compreensão de que as redes são efetivamente uma infra-estrutura de suporte para todo um conjunto de serviços envolvendo a interação entre pessoas, entre pessoas e máquinas e entre máquinas. A ênfase das tecnologias começa a se deslocar para as interfaces entre o ser humano e os serviços de comunicação e informação. Caberá às tecnologias de processamento e armazenamento da informação o papel de constituintes básicos das funcionalidades mais nobres e mais adequadas à interação dos seres humanos com seu ambiente. Essa interação se apóia, essencialmente, na conexão dos usuários em rede, logo, na comunicação.

O novo paradigma das telecomunicações é agora determinado pelos usuários: “serviços centrados no usuário” ou “serviços para uma sociedade da informação”. A tecnologia deve ser pautada pela própria evolução da sociedade. E esse processo requer uma interação intensa entre o desenvolvimento da tecnologia em si, as estruturas organizacionais (que precisam ser ajustadas à prestação dos novos serviços) e os próprios usuários, que usufruirão diretamente desses serviços.



Os conceitos de funcionalidade e de sistema funcional emergem como extremamente relevantes e desempenham um papel-chave na escolha dos caminhos a seguir no desenvolvimento tecnológico das telecomunicações. Uma política de desenvolvimento setorial requer uma ampla visão sistêmica, com uma eficaz articulação das diversas instâncias nela envolvidas, e uma visão voltada para o futuro, de modo a melhor aproveitar as oportunidades de transição tecnológica, as quais se movem rapidamente à nossa frente.



Referências

- ACAMPORA, A. Laser Cobre o Último Quilômetro. **Scientific American Brasil**, p.75-79, agosto 2002.
- BING, B. e JAYANT, N. A Cellphone for All Standards. **IEEE Spectrum**, p.34-39, maio 2002.
- BOURREAU, M. e GENSOLLEN, M. **Trends in Information and Communications Technologies. Communications & Strategies**, no.53, p.53-69, 1º trimestre 2004.
- CM INTERNATIONAL. **Technologies Clés 2005**. Ministère de l'Industrie, França, outubro 2000. Disponível no site <http://www.cm-intl.com>.
- COOPER, M. **Antenas Inteligentes**. Scientific American Brasil, p.83-89, agosto 2003.
- CULLER, D.E. e HONG, W., Eds. **Wireless Sensors Networks**. Communications of the ACM, vol.47, No.6, p.30-33, junho 2004.
- DE HOLANDA, G.M., LOURAL, C.A. e MARTINS, R.B. **Método e Inovação no Contexto de Planejamento de Serviços de Telecomunicações**. Anais do XXII Simpósio de Inovação Tecnológica, Salvador, Brasil, novembro 2002.
- DE MARCA, J.R.B., TAFAZOLLI, R. e UUSITALO, M.A., Eds. **Wireless World Research Forum Visions and Challenges for Future Wireless World**. IEEE Communications Magazine, p.54-55, setembro 2004.
- DIGI WORLD 2003. **Digi World Atlas**. Fundação IDATE (Institut de l'Audiovisuel et Télécommunications en Europe), França. (<http://www.idate.org>).
- ELSEYED, K. e LERNER, M., Eds. **Topics in Internet Technology: IP in 2005 – Directions in Wireless and Optical Transport**. IEEE Communications Magazine, p.135, janeiro 2001.
- FERRAZ, J., KUPFER, D. HAGUENAUER, L. (1996). **Estudo da Competitividade da Economia Brasileira**. Ed. Campus
- FOSTER, I. **The Grid: A New Infrastructure for 21st Century Science**. Physics Today, fevereiro 2002.



FRANSMAN, M., **Evolution of the Telecommunications Industry into the Internet Age.** Communications & Strategies, n.43, p.57-113, 3º trimestre 2001.

FRODIGH, M., JOHANSSON, P. e LARSONN, P. **Wireless Ad Hoc Networking – the Art of Networking without a Network.** Ericsson Review, No.4, p.248-263, 2000.

GRACIOSA, H.M., BORDEAUX REGO, A.C.G., ZANCO FILHO, R. e LOURAL, C.A., **Adaptação de um Centro de P&D a Mudanças Estruturais no seu Setor de Atuação: o Caso do CPqD.** Anais do XXII Simpósio de Inovação Tecnológica, Salvador, Brasil, novembro 2002.

GROVER, V. e SAEED, K. **The Telecommunication Industry Revisited – The Changing Pattern of Partnerships.** Communications of the ACM, Vol.46, No.7, p.119-125, julho 2003.

IEEE SPECTRUM. **What's Wrong – What's Next, Special Report: 2003 Technology Forecast & Review.** Vol.40, No.1, Janeiro 2003.

JAJSZCZYK, A., Ed. **Telecommunications Networking at the Start of the 21st Century.** IEEE Communications Magazine, p.53, janeiro 2001.

LATCHMAN, H.A. e YONGE, L.W., Eds. **Power Line Local Area Networking.** IEEE Communications Magazine, p.32-33, abril 2003.

LEEPER, D.G. **Promessas da Comunicação de Dados Sem Fio.** Scientific American Brasil, p.73-75, junho 2002.

LOURAL, C.A., ZANCO FILHO, R., BORDEAUX REGO, A.C.G. e OLIVEIRA, R.C. **Brazilian Telecom Industrial and Technological Development in Past Decades.** 15th Biennial Conference on Connecting Societies and Markets: Communication Technology, Policy and Impacts, Berlim, Alemanha, setembro 2004.

LOURAL, C.A., DE HOLANDA, G.M., MENEZES, E. e OGUSHI, C.M. **A Service-Oriented Approach for Modelling Telecoms Value-Networks.** 15th Biennial Conference on Connecting Societies and Markets: Communication Technology, Policy and Impacts, Berlim, Alemanha, setembro 2004.

MARPLES, D. e MOYER, S., Eds. **In-home Networking.** IEEE Communications Magazine, p.72, abril 2003.



OSSO, R., Ed. **Handbook of Emerging Communications Technologies – The Next Decade**. Advanced and Emerging Communications Technology Series, Ed. Zamir, S., CRC Press, 2000.

SARACCO, R., BIANCHI, A., MURA, R.D. e SPINELLI, G., Eds. **WP2 Key European Trajectories: D2.1 First Report on Key European Trajectories**. IST-2001-37627, FISTERA, 30/9/2003. Disponível no site <http://fistera.jrc.es>.

SARACCO, R. **Forecasting the Future of Information Technology: How to Make Research Investment More Cost-Effective?** IEEE Communications Magazine, p.38-45, dezembro 2003.

SOUZA, P., Ed. **Interoperability of Networks for Interoperable Services**. IEEE Communications Magazine, p.102, maio 1999.

STROH, S. **Ultra-Wideband: Multimedia Unplugged**. IEEE Spectrum, p.23-27, setembro 2003.

WALDMAN, H e YACOUB, M.D. **Telecomunicações: Princípios e Tendências**. Editora Érica, 1997.

WANT, R. **RFID: Uma Chave para Automatizar Tudo**. Scientific American Brasil, p.80-89, abril 2004.

WU, J. e STOJMENOVIC, I. Eds. **Ad Hoc Networks**. IEEE Computer, p.29-31, fevereiro 2004.



Unidade Tendências e Prospecção – UNITEP

Luiz Antonio Cruz Caruso

Coordenador

Superintendência de Serviços Compartilhados – SSC

Área Compartilhada de Informação e Documentação – **ACIND**

Normalização

Sylena Alexandre

Rafael Oliva

Mario Tosi Furtado

Antônio Carlos Bordeaux Rego

Cláudio de Almeida Loural

Elaboração

Rita Torre

Revisão gramatical

IMAGE UP

projeto gráfico e diagramação