

Trajetórias tecnológicas da indústria de telefonia móvel: um exame prospectivo de tecnologias emergentes *

Celso Neris Jr. **
José Ricardo Fucidji ***
Rogério Gomes ****

Resumo

A indústria de teleequipamentos, em especial a de telefonia móvel, passou por transformações importantes nos últimos anos. A estrutura e as fronteiras do mercado foram modificadas pela introdução de inovações de produtos por empresas que há pouco atuavam em outros setores do complexo das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs). Este estudo procura descrever este processo, analisando três aspectos da indústria: (i) as trajetórias tecnológicas, (ii) o surgimento de novas tecnologias e (iii) a inserção de novos atores na produção internacional de conhecimento. Para fazê-lo, o trabalho revisa a literatura sobre inovações nesta indústria para, a seguir, identificar, descrever e avaliar os atores e as tecnologias promissoras. Definida uma amostra de novas tecnologias, o trabalho sistematiza suas características e procede à análise bibliométrica de três delas – protocolo de internet (IPv6), rede sem fio (802.11n) e transmissão de dados a curta distância (NFC). Além de estabelecer a metodologia adotada como um interessante instrumento de prospecção tecnológica, os resultados encontrados permitem duas conclusões principais. A primeira aponta que as oportunidades abertas pelo surgimento de novas trajetórias desencadearam um processo que está permitindo a entrada de novos atores, especialmente de empresas vindas de outras atividades no campo das TICs e que tornam imprecisas as fronteiras dos mercados e alteram o desempenho e a estratégia de empresas já consolidadas e líderes do setor. A segunda sugere que os EUA buscam recuperar a hegemonia perdida e que a Ásia está definitivamente inserida na produção de conhecimento científico-tecnológico relevante nesta indústria.

Palavras-chave: Telefonia móvel; Trajetórias tecnológicas; Tecnologias emergentes; Novos atores; Divisão internacional do trabalho.

Abstract

Technological trajectories of the mobile telephone industry: a prospective analysis of emergent technologies

* Trabalho recebido em 27 de janeiro de 2012 e aprovado em 8 de maio de 2013. Em estágios iniciais, contou com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo ([Fapesp](#)) através da bolsa de Iniciação Científica concedida ao primeiro autor. Os autores agradecem os comentários e sugestões recebidos nos diversos congressos onde versões anteriores deste trabalho foram apresentadas, bem como aos pareceristas anônimos desta revista, eximindo-os de qualquer responsabilidade por erros remanescentes.

** Doutorando em Teoria Econômica no Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas ([IE/Unicamp](#)). Pesquisador do Grupo de Estudos em Economia Industrial ([GEEIN](#)), Araraquara, SP, Brasil. E-mail: cnrisjr@gmail.com.

*** Professor do Departamento de Economia da [FCL/Unesp](#), Araraquara, SP, Brasil. E-mail: jrfucidji@fclar.unesp.br.

**** Professor do Departamento de Economia e coordenador do GEEIN, Araraquara, SP, Brasil. E-mail: rgomes@fclar.unesp.br.

The mobile phone industry has undergone important changes in recent years. Its market structure and boundaries have been affected by the introduction of innovations of new entrants to the industry, who have come from other sectors of the Information and Communication Technologies (ICT) complex. This paper aims to describe this process, by analyzing three features of this industry: (i) its technological trajectory; (ii) the development and introduction of new technologies; and (iii) the positioning of new players in the international production of knowledge. In doing so, the literature on innovations in the telecommunications industry will be drawn upon to identify, describe and evaluate relevant players and promising technologies. Having designed the sample of firms and technologies, some aspects of the new technologies selected are presented, followed by a bibliometric analysis of three of them – internet protocol (IPv6), wireless connection (802.11n) and near field communications (NFC). Besides claiming our proposed methodology as a valuable tool for technological foresight, the findings point to two main conclusions. First, the opportunities created by the introduction of new trajectories unleashed a process of digital convergence within the mobile phone industry, and allowed the entry of new firms into it. This process is changing the market structure of the industry, changing strategies and performance of its incumbents and leaders and blurring the boundaries of markets within the ICT complex. Secondly, it seems that these developments are making it possible for American corporations to regain their lost technological hegemony over the industry and Asia appears to be emerging as a definitive player in the production of relevant scientific and technological knowledge in these fields.

Keywords: Mobile phone industry; Technological trajectories; Emerging technologies; New actors; International division of labor.

JEL L63; O31; O32; O33.

Introdução

As tecnologias de informação e comunicação (TICs) constituem fontes relevantes de aumentos de produtividade para todos os setores da economia, como tem sido destacado por órgãos econômicos mundiais importantes, como a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2008). As diferentes atividades receptoras de inovação têm, nas TICs, um componente essencial de melhoria tecnológica e da produtividade. Ao mesmo tempo, os setores relacionados a essas tecnologias (computadores, telefonia e software, resumidamente) passam por um importante processo de ampliação das suas bases tecnológicas, orientado pelo avanço e difusão das tecnologias móveis e da internet.

Dentre esse complexo de atividades, o foco deste trabalho é o setor de telefonia móvel, que será abordado por uma perspectiva evolucionista, por exemplo, pelo exame da interação entre tecnologia, instituições e estrutura da indústria (Schumpeter, 1942; Rosenberg, 1976; Nelson; Winter, 1982). Neste setor, o estabelecimento de normas é considerado o principal elemento institucional. Funk (2009a) constata que a regulamentação e o número de instituições para este fim têm aumentado dramaticamente nos últimos 50 anos em uma ampla gama de setores. Em particular, no setor de telefonia móvel tem havido várias mudanças tecnológicas nos últimos 25 anos e as normas têm um papel crítico em cada uma delas. Esta ideia condiz com o destaque dado por Nelson (1995) e Nelson e Sampat (2001) à coevolução entre as necessidades de produção (tecnologias físicas) e as

instituições de suporte à produção. Assim, as instituições têm o papel de criadoras de normas (tecnologias sociais) particularmente importantes neste setor¹.

No setor de telefonia, as mudanças são notórias. No processo de inovações incessantes do setor, alguns fabricantes de equipamentos tradicionais têm sucumbido. No passado, um telefone celular, por exemplo, compreendia um número reduzido de tecnologias, essencialmente de hardware, vindas da eletrônica, e sua função era restrita à comunicação por voz. Hoje em dia, os celulares têm atributos que vão além dessa função, e os recentes desenvolvimentos os colocam como futura alternativa aos computadores portáteis. Com isso, a concorrência da indústria de teleequipamentos aumentou em termos qualitativos enquanto diminuiu o número de *players*, em um processo de concentração por fusões e aquisições. Ademais, alguns fabricantes de eletrônicos, como as coreanas LG e Samsung, passaram a fabricar telefones celulares e a (até então conhecida por fabricar computadores) Apple invadiu e propagou inovações no mercado de *smartphones* com o iPhone e com um dispositivo inovador, o *tablet* iPad. Do ponto de vista teórico, essa mudança pode ser explicada com base em Schumpeter (1934, 1942) que enfatizou as descontinuidades da mudança tecnológica, o conhecido processo de “destruição criadora”. Seu trabalho inspirou os chamados neo-schumpeterianos ou evolucionistas (Possas, 1989). Alguns conceitos desenvolvidos por essa corrente de pensamento econômico são fundamentais para este trabalho e por isso são brevemente revistos a seguir.

Começando pela definição de paradigma tecnológico, que vem de Dosi (1982, p. 152-154), trata-se de uma convenção técnica ou científica a respeito das possibilidades de solução de problemas encontrados no processo de criação e produção de artefatos. Um paradigma abriga uma série de trajetórias tecnológicas. Assim, no âmbito da firma, essas trajetórias podem ser entendidas como o conjunto de direções específicas tomadas por elas de acordo com a base de conhecimentos existente. As trajetórias podem ser descritas também como um *trade-off* multidimensional entre as variáveis tecnológicas que o paradigma define como relevante, de forma que o progresso ao longo de uma trajetória pode ser definido como a melhoria destes *trade-offs*. Nesse sentido, Nelson e Winter (1977) afirmam que as firmas diferem na medida em que exploram trajetórias singulares e essas diferenças influenciam a ascensão e queda de diferentes setores e tecnologias. Para Freeman e Soete (1997, p. 456), a “firma atua dentro de um espectro de possibilidades tecnológicas e de mercado, derivadas do crescimento da ciência, da tecnologia e do mercado mundiais”.

(1) As instituições são importantes também pelo financiamento às pesquisas que ajudam a definir os padrões técnicos das tecnologias.

As firmas devem possuir uma base produtiva ou tecnológica, ou seja, um conjunto de recursos desenvolvidos internamente ao longo do tempo, entre eles, máquinas, formas específicas de organizar processos, qualificações e matérias-primas, complementares entre si e que se interligam no processo produtivo (Penrose, 1959, p. 176). Os recursos podem ser utilizados e combinados de diferentes maneiras, além de poderem mudar também os serviços produtivos, gerando novos produtos. Com isso, a firma amplia sua base tecnológica, tanto do ponto de vista quantitativo quanto do qualitativo, o que possibilita a sua sobrevivência e expansão através da permanente reconstrução de vantagens em relação às suas rivais, seja para manter-se no mesmo mercado ou para o ingresso em novos (segmentos de) mercados. Essa expansão da base tecnológica deve ser, como frequentemente ocorre, obtida através da interação com instituições e centros de pesquisa, em uma relação que beneficia a todos os agentes envolvidos de diferentes maneiras, e contribui para o desenvolvimento econômico das nações (Lundvall, 2007).

As indústrias de telecomunicações, juntamente com as de transportes, têm um papel relevante na história econômica mundial, pois os seus produtos e serviços têm um caráter redutor de distâncias que é caro a um sistema mundialmente integrado. Até a década de 1970, a indústria de teleequipamentos era caracterizada por uma estrutura de monopólios e por um lento processo de inovação. Isto se deve ao fato de que os principais centros de pesquisa – responsáveis pela pesquisa inicial, pelo desenvolvimento e testes de protótipos, repassados aos fabricantes – eram controlados pelas operadoras, através de laboratórios ligados a elas, como o Bell Labs da AT&T, o CNET da France Telecom e o CPqD no Brasil (Galina e Plonski, 2005, p. 131-132). A partir da década de 1970 esse setor passou por mudanças estruturais significativas, decorrentes principalmente de três processos distintos (i) liberalização comercial e financeira da década de 1980; (ii) desregulamentação e privatização das telecomunicações e (iii) o advento do paradigma tecnológico de base microeletrônica.

Um vetor importante das transformações da indústria de TICs que merece destaque nesse ponto é o modelo de concorrência baseado em plataformas. Este modelo baseado em ecossistemas e plataformas possui algumas características que ficam evidentes na evolução do setor, como temos visto até aqui. Isto porque as bases técnicas que conformam o setor permitem o desenvolvimento de módulos que podem ser produzidos de maneiras deslocalizadas e associados a ecossistemas distintos. Neste sentido, a indústria das TICs, que possui sua base de produção pautada na eletrônica e se associa, cada vez mais, à indústria de computadores, pode ser caracterizada da seguinte maneira (Gawer; Cussomano, 2012, p. 4-7, grifos nossos): i) um conjunto de componentes padrão em torno do qual compradores e vendedores *coordenam* os seus esforços (Bresnahan; Greenstein, 1999); ii) arquitetura de *padrões relacionados* que permitem a substituição de

ativos complementares, tais como o sistema operacional e periféricos de hardware (West, 2003); iii) a firma que impulsiona a inovação em nível da indústria pode ser considerada a *líder da plataforma* (Gawer; Cusumano, 2002, 2008); iv) o produto é uma plataforma quando ele é um componente ou subsistema de um sistema mais amplo que está em evolução tecnológica, quando este tem uma forte *interdependência funcional* com a maioria dos outros componentes deste sistema e quando a procura do utilizador final, o consumidor, é para o sistema como um todo. Estes elementos nos permitem entender a dinâmica do mercado de telecomunicações nos últimos anos em três sentidos: i) a adição de valor é criada, a partir de uma inovação, para uma plataforma existente e os usuários, através de efeitos de rede, criam vantagens cumulativas para esta plataforma, sendo difícil desalojá-la; ii) com isso, a criação de assimetrias competitivas e o rompimento com o *lock-in* de determinada trajetória tecnológica é dependente de relações e de parcerias entre firmas que já possuem determinada capacitação; iii) por fim, introduzem-se módulos inovadores que possibilitam o transbordamento de seus benefícios para todos os agentes do sistema. No entanto, isto ainda é feito de maneira assimétrica, preservando vantagens competitivas de determinadas regiões, embora surja a possibilidade de participação de outras, decorrentes de novas *oportunidades tecnológicas*.

Estas são considerações importantes que nos ajudam a entender, por exemplo, as posições dos países centrais e periféricos (notadamente asiáticos) no que diz respeito ao domínio das tecnologias emergentes que estudamos aqui e as transformações na divisão internacional do trabalho. O modelo de organização da indústria eletrônica estadunidense que emergiu na década de 1970 pautou-se pela externalização da manufatura através da segmentação da produção em módulos (Sturgeon, 1997; 2002). Com isso, os países periféricos que desenvolveram um ambiente capaz de absorver o conhecimento derivado destas atividades complexas de produção puderam experimentar um relativo desenvolvimento do setor eletrônico (Borras; Zysman, 1997). A evolução deste setor dependeu da associação com plataformas distintas, a fim de possibilitar o rompimento com determinado *lock-in*. Quer dizer, mesmo que em outra região do globo determinada tecnologia associada com um módulo porventura fosse mal sucedida, a possibilidade de experimentação em um contexto (ambiente) diferente facultou o acúmulo de capacitações na adaptação de tecnologias existentes ou desenvolvidas em um novo ecossistema. Isto explica a participação dos países asiáticos no desenvolvimento do setor. Embora, em um primeiro momento, a divisão do trabalho tenha se pautado claramente na produção de partes menos nobres dos produtos eletrônicos, mais intensivas em trabalho, o acúmulo de competências decorrentes das atividades de produção complexa trouxe a possibilidade de participar das redes de inovação do setor. No entanto, esta participação ainda é hierarquizada, principalmente pelo fato de que a *first mover* no setor atual é a estadunidense Apple, que detém o cerne da

inovação. Esta condição periférica, por sua vez, explica o esforço dos países asiáticos em participar das redes de conhecimento do setor, como será ilustrado pelo exame das tecnologias emergentes e discutido na conclusão deste trabalho.

O paradigma microeletrônico foi fonte de transformações profundas que abrangem quatro dimensões: (i) a *internet e telefonia móvel* (bem substituto e complementar em relação à telefonia fixa) – a tecnologia TCP/IP reconfigurou a indústria de telecomunicações, inserindo novos atores e novas funções mais partilhadas entre eles, além de um componente fundamental, a concepção e uso de *software* para os produtos; (ii) a *convergência de padrões tecnológicos* imposta pelo novo paradigma diminuiu as barreiras à entrada no setor e padronizou relativamente os equipamentos (hardware); (iii) o *aumento do gasto em P&D* – além do volume expressivo da P&D – em média quase 10% do total das receitas (OCDE, 2008) – aumentou sua importância como fator de competitividade, o que implicou em concentração da P&D nos fabricantes de equipamentos e software, a despeito da pulverização do processo inovativo em todos os elos da cadeia; e (iv) a *miniaturização* dos aparelhos a partir de circuitos integrados.

Durante a década de 1990 e após a crise ocorrida em 2001², o setor de teleequipamentos passou por um processo de concentração/consolidação (Gutierrez, Crossetti, 2003), ainda em curso. Nesse período houve expansão dos novos serviços prestados pelas operadoras privadas e reconfiguração das relações entre estas últimas e os fornecedores: a P&D foi repassada aos fornecedores de equipamentos e as operadoras passaram a competir em serviços.

Uma das consequências dessa reestruturação organizacional foi o aumento do investimento direto externo (IDE), num primeiro momento limitado aos países do eixo EUA-Europa. Com a crise do início da década de 2000, a China (com custos 40% mais baixos que os de seus concorrentes) recebeu um considerável fluxo de IDE destinados à produção e às atividades de P&D (Unctad, 2005, p. 143) das empresas multinacionais de teleequipamentos, consolidando o país como um *player* global no setor. No conjunto, essas mudanças promoveram, também, um aumento significativo da rivalidade em escala global, o que desencadeou um processo de reestruturação patrimonial no setor, tendo como exemplo a *joint-venture* Nokia Siemens Network, na área de infraestrutura de redes, e a *joint-venture* Sony-Ericsson, na fabricação de aparelhos móveis (Szapiro, 2008), dentre outras. A Tabela 1 procura captar o tamanho, a concentração e a alternância de liderança desse mercado.

(2) A crise internacional do setor de telecomunicações atingiu todos os segmentos e teve impactos em praticamente todas as empresas que operavam no setor. A dimensão dessa crise pode ser medida pelo valor de mercado das ações de todos os operadores e fornecedores de equipamentos: em março de 2000 o valor era de US\$ 6.300 bilhões, que foi reduzido para US\$ 3.800 bilhões em setembro de 2001, ou seja, perda de cerca de 40% do valor (Szapiro, 2008, p. 14).

Tabela 1
Receita Total e Gastos em P&D (US\$ milhões) das dez maiores fabricantes de teleequipamentos

	Participação (%) na Receita Total das dez maiores empresas				Gastos em P&D (US\$ milhões)				P&D/Receita (%)			
	2000	2006	2008	2011	2000	2006	2008	2011	2000	2006	2008	2011
Nokia	15,5	28,7	17,6	12,2	2.371	4.896	8.450	7.296	8,5	7,0	12,0	14,5
Motorola	17,8	15,0	2,0	2,0	3.426	4.106	993	1.035	10,7	11,2	12,6	12,6
Cisco Systems	10,5	14,3	9,9	10,5	2.704	4.067	5.208	5.488	14,3	11,7	13,2	12,7
Ericsson	16,6	11,4	52,1	55,1	4.577	3.787	33.055	32.638	15,3	13,6	15,8	14,4
Alcatel-Lucent	16,0	10,0	3,8	3,7	2.610	1.842	3.622	2.472	9,0	7,6	23,9	16,1
L-3 Comm.	1,0	5,7	3,7	3,7	24	86	309	371	1,3	0,6	2,1	2,4
Nortel Networks	15,5	4,5	1,9	0,0	3.663	1.939	703	---	13,1	17,7	9,2	---
Huawei Tech	1,0	4,5	4,9	7,9	193	850	---	---	10,7	7,8	---	---
Qualcomm	1,8	3,7	2,8	3,6	340	1.538	2.440	2.995	10,5	17,1	21,9	20,0
Avaya	4,3	2,2	1,4	1,3	468	428	309	461	6,0	8,0	5,7	8,3
	180.302	243.642	400.870	412.022	20.376	23.539	55.089	52.756				

Nota: Apenas três empresas divulgaram dados de 2012.

Fontes: OECD (2008); 2000-2007; Relatórios Anuais: 2008-2012.

O objetivo deste trabalho é identificar algumas características do processo de busca e mudança tecnológica no setor de equipamentos de telefonia móvel, e examinar a entrada de novos atores na produção de conhecimento científico e novas tecnologias. Para isso, o trabalho está dividido em quatro seções, além dessa introdução. Na seção 1 analisamos a evolução dos padrões tecnológicos no setor de telecomunicações, buscando captar (i) a relevância das interações entre fabricantes, operadoras e instituições para a definição desses padrões e (ii) o crescente poder, no interior do sistema de interações, dos fabricantes em relação às operadoras. Na seção 2, em face desse cenário de mudanças, discutimos o aparecimento de algumas novas tecnologias no setor de telefonia móvel para caracterizar o ambiente inovativo e as relações entre os agentes envolvidos. Na seção 3, identificamos, a partir da literatura e de outras pesquisas, tecnologias apontadas como emergentes e promissoras e descrevemos os critérios adotados para a análise bibliométrica dessas tecnologias. Na seção 4, descrevemos as características das tecnologias selecionadas e os resultados da análise bibliométrica. Finalizando são apresentadas algumas reflexões sugeridas pelos resultados.

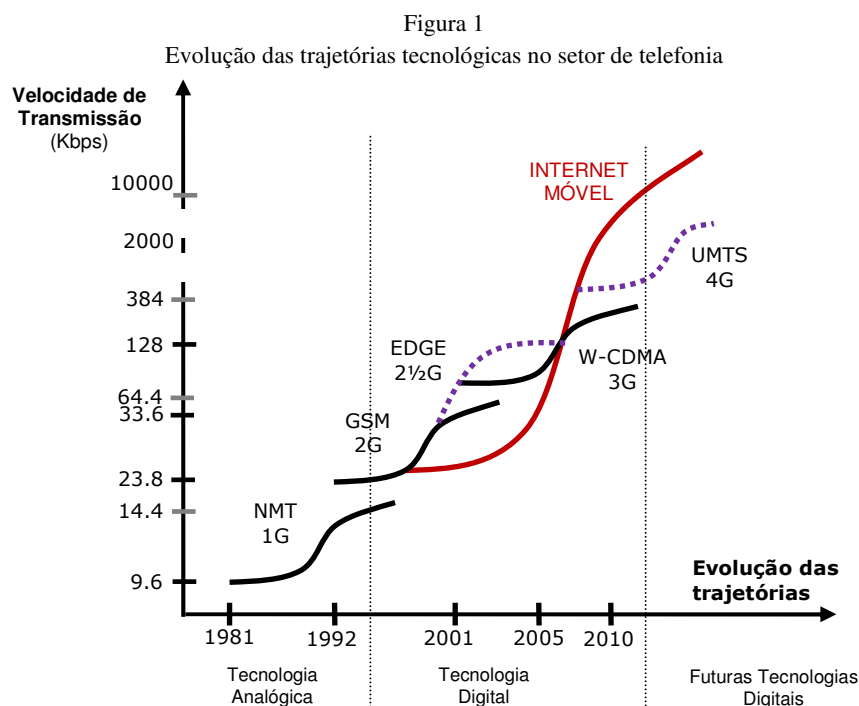
1 As trajetórias tecnológicas nas redes de telefonia

A Figura 1 apresenta as trajetórias tecnológicas da indústria de telecomunicações (linhas contínuas)³ e as possibilidades de uso ligadas a cada padrão tecnológico (linhas pontilhadas), medidas pela velocidade de transmissão das redes de telefonia (Kbps). É possível distinguir dois tipos de tecnologias de acordo com a maneira pela qual os sinais são transmitidos: analógica e digital. Como se nota, a principal descontinuidade observada nas trajetórias é a passagem do padrão analógico (1G) para o digital (2G), que se deu de maneira completa em um período pouco superior a vinte anos.

Esse fenômeno se deve às características técnicas de ambos os sistemas de transmissão. Os sistemas analógicos são ondas de rádio que variam em frequência e amplitude. Os sinais digitais consistem em uma sequência de pulsos descontínuos que correspondem aos bits digitais utilizados em computadores. Esses sinais são divididos em pacotes que são transmitidos simultaneamente a outras conversas (chamado de “multiplexação”). Este processo permite uma utilização mais eficiente do espectro, melhorando assim a sua capacidade. A tecnologia digital não só melhora a capacidade de transmissão, como possui outras vantagens,

(3) As curvas seguem o padrão de tradicional de evolução tecnológica (curva em forma de S) com períodos de difusão, crescimento e maturação dos avanços tecnológicos em suas respectivas trajetórias (Fai; von Tunzelman, 2001).

especialmente: (i) protege a integridade da comunicação, pois os pulsos são mais facilmente regenerados por computadores; (ii) uma transmissão de alta integridade permite que operadoras de telefonia celular ofereçam uma gama crescente de novos serviços de dados (por exemplo, Short Message Services, SMS); (iii) a tecnologia digital garante privacidade, pois os sinais digitais não podem ser interceptados.



Fonte: Elaboração própria a partir de Ansari e Garud (2009).

Este ambiente de mudança tecnológica tem implicações para as firmas. A visão evolucionista, que neste ponto se baseia em Penrose (1959), entende que a estrutura organizacional deve corresponder à tecnologia subjacente, o que denotaria a capacidade de mudança das firmas, de adaptação ao ambiente. Outra vertente de autores (principalmente na literatura de gestão da inovação) foca o chamado “núcleo de rigidez” das inovações, a saber, os processos que as firmas desenvolvem em apoio às suas inovações arquiteturais ou modulares. No caso da telefonia móvel, esse núcleo de rigidez diz respeito à fixação (aberta ou fechada) de padrões que forma a base para a própria concorrência no setor (Funk, 2009b), como veremos a seguir.

1.1 Conformação de padrões

Juntamente com os EUA, os países escandinavos foram os primeiros a adotar processos abertos de definição de padrões e solução modular⁴ de problemas em sistemas móveis analógicos (1G). Com base nas propostas dos fabricantes, a Agência Federal de Comunicações (FCC) estadunidense definiu, em 1983, uma interface aberta entre telefones móveis e estações de base chamada Advanced Mobile Phone System (AMPS). A definição dessa interface coincidiu com a dissolução da AT&T nos EUA⁵ e acirrou a concorrência entre os prestadores de serviços e os fabricantes. Na Escandinávia, a concorrência entre países incentivou os prestadores de serviços e agências reguladoras a implementar processos abertos de definição de padrão modular (Fransman, 2002) e a criação de um sistema de telefonia móvel analógico chamado Nordic Mobile Telephone (NMT), que começou a ser usado em 1981. No entanto, até o início da década de 1990, quando foram introduzidos os serviços digitais, não havia concorrência (nem legislação regulamentando a distinção) entre prestadores de serviços e fabricantes de equipamentos (Gruber, 2005). Até o final de 1986, mais de 80% do total mundial dos telefones celulares eram baseados em padrões NMT, AMPS ou variação do AMPS, e a maioria dos assinantes era da América do Norte, Escandinávia ou Grã-Bretanha⁶.

O êxito dos escandinavos e estadunidenses encorajou outros países a introduzir processos abertos de definição de padrão e solução modular de problemas para sistemas digitais. Os países escandinavos desempenharam um papel importante, através de seus governos e agências e, em menor medida, os prestadores de serviços e fabricantes, como Ericsson e Nokia, que agiram como os mecanismos de difusão da atitude de abertura na fixação de normas técnicas na

(4) Estes termos referem-se ao ajuste entre o processo de definição de padrões técnicos e os avanços tecnológicos em telefonia. Na telefonia convencional, as instituições reguladoras definiam estritamente todos os padrões e especificações técnicas dos sistemas de telefonia, sob o temor que a introdução de variedades de interface entre os fabricantes e as operadoras prejudicasse as redes telefônicas. Daí se segue um padrão integral de solução de problemas técnicos. Ao longo dos anos 1970, avanços técnicos (por exemplo, comutação eletrônica) permitiram que as operadoras demonstrassem judicialmente que a introdução de interfaces “abertas” não causava prejuízo à rede, o que viabilizou também a solução modular – por oposição à integral – de problemas técnicos (Funk, 2009b, p. 78-82).

(5) No início de 1984, após uma ação antitruste promovida pelo governo dos Estados Unidos, a AT&T separou parte das subsidiárias prestadoras de serviço de telefonia de longa distância da fabricação, pesquisa e desenvolvimento de produtos. Nesse processo, os ativos da empresa foram reduzidos de cerca de US\$ 150 bilhões para US\$ 34 bilhões.

(6) As diferenças mais importantes entre os sistemas analógicos são a gama de frequências atribuídas para a transmissão e a largura de banda de um canal. A faixa de frequência e a largura da banda determinam o número de canais de voz. A taxa de bit de canal (em kbits por segundo) indica a densidade do fluxo de transmissão. A eficiência espectral é o número de bits que podem ser enviados por segundo ao longo de um canal de uma dada largura de banda. Esse índice pode ser utilizado como uma medida muito aproximada da eficiência de um sistema (Gruber, 2005).

Europa Ocidental. Movidos por um desejo de integração econômica e para fazer frente à concorrência dos EUA e do Japão, os fabricantes europeus tornaram-se atores dominantes na definição de normas para o Global System for Mobile Communications (GSM), de segunda geração (2G). Esta unidade particular da Europa em torno de um padrão explica a quantidade relativamente menor de padrões na segunda geração tecnológica de comunicações móveis. Além disso, os escandinavos foram importantes para a criação do European Telecommunications Standards Institute (ETSI), em janeiro de 1988, que teve como decisão-chave o uso do cartão de identificação do assinante (SIM)⁷.

O SIM é um caso exemplar das mudanças nas relações entre fabricantes e prestadores de serviços por refletir o crescente poder dos primeiros. Sem esse tipo de solução modular, há muito os fabricantes viam-se individualmente obrigados a aumentar suas despesas em pesquisa e desenvolvimento (P&D) para atender às diferentes demandas de distintos prestadores de serviços. Nesse novo contexto, as proteções por meio de patentes se tornaram ainda mais úteis e transformam os fabricantes em agentes da difusão global do padrão GSM (Funk, 2009b).

No final dos anos 1990, a tecnologia 3G era vista como uma atualização necessária pelos diferentes atores da indústria. Se inicialmente as telecomunicações foram projetadas para a transmissão de voz, o próximo passo seria a transmissão de dados, mas isso requeria buscar e definir um novo padrão⁸. A experiência positiva do padrão GSM trouxe a convicção de que bastaria recriar essa experiência no contexto de terceira geração para que esta se tornasse um padrão global. O sucesso do GSM foi reforçado pelo padrão aberto, pela solução modular de problemas, pela concorrência, pelas responsabilidades de desenvolvimento assumidas pelos fabricantes e, compensatoriamente, pela proteção patentária dada ao processo de ajuste ao padrão de segunda geração. Até o final da década de 1990, a GSM Alliance se tornou uma organização de definição do padrão global, integrando-se ao International Telephone Union (ITU). Nos EUA, o desejo da Qualcomm de promover um padrão que desafiasse o GSM, com sua versão do sistema CDMA (ver seção 4.1) – o cdmaOne – culminou na formação do CDMA Development Group, que também filiou-se ao ITU e passou a desempenhar o papel de uma aliança não-GSM. Em suma, os fabricantes e prestadores de serviços serviram

(7) A troca de qualquer provedor de serviços GSM requer apenas a troca desses cartões entre os telefones, reforçando a forma modular de resolução de problemas (Fransman, 2002).

(8) A tecnologia 3G oferece uma maneira mais eficiente de transmissão de dados sem fio, pois usa a tecnologia de pacotes, na qual a transmissão de dados é dividida em unidades menores que são reagrupadas no arquivo destino. Neste sistema, o espectro é utilizado de forma mais eficiente porque o canal fica disponível para outros usuários durante a conexão entre dois usuários. Em contraste, a tecnologia 2G (comutação de circuitos centrada em voz) estabelece uma conexão dedicada entre duas chamadas para toda a duração da comunicação (Funk, 2009b).

como mecanismos de transmissão do modelo aberto de definição do padrão através do GSM Alliance e do CDMA Development Group (Funk, 2009b, p. 85).

No Japão, a NTT DoCoMo tentou criar um padrão global de tecnologia, o Wide-Band CDMA (W-CDMA), que foi aceito por Nokia e Ericsson em troca de ter a interface de rede GSM incluída na terceira geração do padrão europeu. As duas empresas fizeram isso, em parte, porque não havia consenso no final dos anos 1990 sobre se a tecnologia da Qualcomm era tecnologicamente superior à GSM e se ela poderia vir a ser escolhida como o padrão de terceira geração da Europa. Para essas empresas, a tecnologia CDMA era uma grande ameaça, uma vez que não faziam parte do fornecimento de infraestrutura da cdmaOne. Assim, elas usaram a concessão da NTT DoCoMo relativa à interface de rede para convencer os fornecedores de serviços europeus a adotarem o W-CDMA no European Telecommunications Standards Institute (ETSI), em janeiro de 1998. Posteriormente, os prestadores de serviços que mais utilizavam o GSM introduziram o W-CDMA, enquanto os adotantes iniciais do cdmaOne e cdma2000 criaram suas versões melhoradas (Funk, 2009b, p. 86).

Em abril de 2000, o governo do Reino Unido realizou o primeiro leilão de espectro de 3G na Europa, mas nem todos os países escolheram o mecanismo de leilões para atribuição de licenças de espectro. A Finlândia e a Suécia, por exemplo, atribuíram licenças através do mecanismo denominado “concurso de beleza”, no qual as licenças são concedidas aos candidatos (operadoras) que, por sua vez, eram obrigados a fazer investimentos adicionais no desenvolvimento de redes 3G (Ansari e Garud, 2009). A decisão dos governos de vender ou adjudicar este espectro tinha suscitado a criação de um novo mercado para a próxima geração de comunicações móveis. Porém, o entusiasmo com a 3G não foi o mesmo por parte dos consumidores. Após cinco anos do seu lançamento, o uso de produtos e serviços baseados em tecnologia 3G ficou bem abaixo das expectativas⁹.

As redes 3G poderiam mudar as regras de engajamento, fazendo comunicações móveis de voz centradas em dados. Com isso, os telefones se tornariam dispositivos híbridos (com voz, vídeo, TV móvel, acesso à internet e assim por diante) e os limites da plataforma móvel iriam se tornando cada vez mais fluidos, com as comunicações móveis entrando no domínio da eletrônica de consumo e do entretenimento. No entanto, esse avanço exige não só novas tecnologias de base, mas também vários ativos coespecializados (Teece, 1986). Entre esses ativos estão as novas gerações de aparelhos móveis ofertados pelos

(9) Apesar do otimismo, até 2005, dos quase dois bilhões de clientes móveis apenas 2% migraram para a plataforma 3G – muito abaixo das estimativas iniciais. Desde então, as operadoras ofereceram funcionalidades 3G para quase um quarto da sua base de assinantes, mas os usuários se mostraram pouco interessados no uso específico da “largura da banda” baseada em serviços de dados (por exemplo, telefonia de vídeo) que a 3G oferece. Nesse ínterim, muitos operadores decidiram focalizar a atualização da geração anterior (a 2G),

fabricantes (que precisavam ser compatíveis com a geração anterior), as novas estações de base e os mastros para a transmissão de sinais 3G e aplicações de conteúdo móveis (vídeo games, sites, etc.) por desenvolvedores de aplicativos para a plataforma 3G.

A ênfase nos aplicativos recaía sobre a transmissão de dados. Em particular, o funcionamento da internet nos telefones celulares começou a ganhar peso. Para tentar estabelecer padrões de internet móvel, Nokia, Motorola e Ericsson agiram como agentes de difusão quando criaram o Wireless Application Protocol (WAP) Forum¹⁰, em junho de 1997 (Ansari; Garud, 2009). No entanto, os fabricantes não chegaram a um acordo sobre as normas de internet móvel. A falta de acordo sobre as normas levou a uma exibição inconsistente de menus e conteúdos em diferentes telefones e exigia que os usuários configurassem seus próprios serviços. Entre as desvantagens estavam a falta de conteúdo e de programas adequados aos aparelhos celulares, o preço elevado e o mecanismo de carga, no qual os usuários eram conectados por circuitos a uma rede móvel, pagando pelo tempo utilizado para baixar determinado conteúdo, o que acontecia de maneira relativamente demorada¹¹. Por outro lado, os prestadores de serviços coreanos e japoneses continuaram a definir as especificações de telefone e mantiveram um sistema parcial de quase-integração vertical. No Japão, a NTT DoCoMo definiu seus próprios padrões de internet móvel, os fabricantes tiveram que desenvolver seus telefones em conformidade com essas normas e introduziram o *i-mode*, sistema de fototelefone (em fevereiro de 1999), que obteve amplo sucesso, induzindo outros prestadores de serviços a introduzir serviços similares. Parte do sucesso se devia à criação de um *feedback* positivo entre normas/coordenação e, também, pela facilidade do uso dos terminais e dispositivos.

Enquanto as instituições ocidentais funcionaram bem com a solução modular de problemas, a internet móvel requeria formas integradas para o desenvolvimento de tecnologias e solução das dificuldades. Em oposição a um padrão de interface chave, existem várias interfaces na internet móvel, cada uma envolvendo uma aplicação diferente, cuja importância deve ser reconhecida antes de uma norma ser definida para ela. Por exemplo, tons de toque, proteções de tela e jogos exigem métodos específicos para formatá-los e estes formatos devem ser compatíveis com o software do telefone (tais como navegadores, máquinas virtuais, Java, e-mail/mensagens de clientes e microssistemas de pagamentos). Em outras palavras, é necessário definir previamente uma arquitetura global do software e de cada um dos módulos que compõem a sua estrutura, seja em termos das soluções

(10) Havia cerca de 100 membros no início de 1999 e mais de 500 em meados de 2001 (Fransman, 2005).

(11) Esses dois problemas reduziram substancialmente o interesse pelos serviços e, segundo Fransman (2005, p. 507), o WAP tornou-se um dos maiores desapontamentos da indústria de comunicações móveis da Europa na virada do século.

internas do aparelho, seja em termos da capacidade de cada aparelho acessar (comunicar-se com) diferentes interfaces, para estabelecer os requisitos mínimos em termos de hardware (processadores e outros chips, etc.).

A Nokia e a Motorola, empresas que figuram entre as líderes mundiais do setor de teleequipamentos e com grande parte da sua receita ancorada na venda de aparelhos móveis, não forneciam telefones com aplicativos personalizados em grandes volumes até 2004 (Bohlin et al., 2004, p. 112). Isto, em parte, explica as expectativas frustradas das vendas da tecnologia 3G até meados da primeira década do século XXI. Em outras palavras, não foi suficiente oferecer uma nova tecnologia mal definida e mal-adaptada aos problemas que ela se propunha a resolver, que não agregava soluções técnicas superiores que lhe permitisse vencer a competição com as antigas e mais baratas tecnologias. Esse quadro é revertido quando há definição para integrar (como aperfeiçoamentos) as interfaces da nova tecnologia. Essa tecnologia precisa ser chancelada pelo mercado e, para isso, precisa ser diferente, incorporar novas funções, ser “amigável”, etc. Nessas circunstâncias, a 3G requeria um conjunto de conhecimento de diferentes atores, alguns deles ainda por serem incorporados, e muitos deles com funções e inserção a serem precisadas pelo próprio desenvolvimento da tecnologia. Esse novo arranjo não está disponível nem decorre diretamente, em processo linear, da antiga tecnologia, ou seja, precisa ser configurado.

Ademais, em paralelo à incorporação de novos conhecimentos, com a entrada de novos atores há também mudanças nas estruturas de mercado. Para Dosi (1988), a nova tecnologia promove abalos nessas estruturas (que podem se tornar mais ou menos concentradas), redefinindo as suas fronteiras, alterando as condições de permanência e de entrada e as novas habilidades e competências tecnológicas requeridas das firmas. Em suma, uma situação de forte incerteza que as firmas, estabelecidas e potenciais entrantes, procuram minimizar. Nesse sentido, a definição de normas e padrões técnicos é fundamental para a redução da incerteza sobre o futuro da tecnologia por regulamentar as diretrizes para seleção das soluções vencedoras. Mesmo que essa regulamentação permita reduzir o leque de soluções possíveis (e o número de fracassos), cada uma delas precisará, não obstante, ser posteriormente chancelada pelo mercado.

2 As novas tecnologias e o ambiente inovativo

Em qualquer atividade da economia, novas tecnologias costumam mudar o ambiente competitivo. No complexo das TICs, em particular no setor de aparelhos móveis (celulares), esse processo ocorre de maneira mais rápida. Estes produtos costumam ter uma defasagem tecnológica rápida, isto é, um ciclo de vida muito curto. Nesse sentido, há tecnologias, como as de redes, que uma vez padronizadas tornam-se imperativas no setor e impõem alterações no produto (solução). Quando

a tecnologia 3G foi estandardizada, todas as operadoras de celulares tiveram que funcionar neste padrão, com seus recursos e funções peculiares. Assim, as tecnologias de rede condicionam o setor de telefonia móvel.

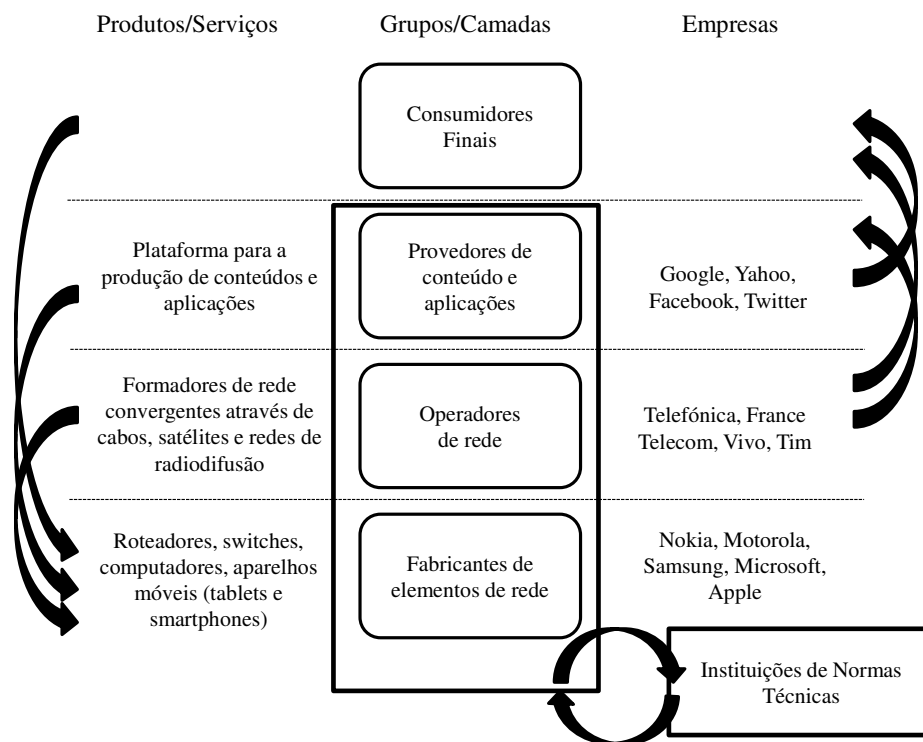
A transmissão de vídeo só foi possível depois do advento da tecnologia 2,5G. O recurso, que inicialmente poderia ser considerado uma fonte de diferenciação do produto, atualmente é um elemento para a competitividade dos fabricantes aqui estudados. Tradicionalmente empenhadas em telefones celulares, estas empresas lançaram-se em uma corrida por renovação dos seus ativos tecnológicos, adquirindo competências e desenvolvendo novas capacidades que até então não eram imprescindíveis. Assim fez a Nokia, por exemplo, ao comprar a fabricante de aparelhos GPS Navteq em 2007, pois o advento dos PDAs (*Personal Digital Assistants*, um computador de dimensão reduzida, com grande capacidade de memória e conexão sem fio) mudou a concepção de telefonia móvel. Esse último aparelho, originalmente criado pela Palm no final dos anos 1990, é considerado o precursor técnico dos *smartphones*. Da mesma forma, o serviço de fototelefonia móvel *i-mode*, comentado anteriormente, é considerado o pioneiro nas aplicações de recursos multimídia em aparelhos móveis.

Assim, com o advento da internet móvel, a inovação no setor passa a ser fruto da interação e complementação entre bases tecnológicas distintas no interior do complexo das TICs. Essa configuração se deve a um aspecto das TICs: segundo Corrocher et al. (2007), são tecnologias de uso geral (transversais) que têm como característica, além da difusão do uso e o potencial inerente de melhoria, elevado dinamismo para aplicações em diferentes soluções. Para os autores, a indústria possui uma base de conhecimento diversificada, mas o grau dessa diversificação difere muito entre os aplicativos¹². Fransman (2007, p. 96-104), usando uma metáfora biológica, interpretou essa configuração como um ecossistema. Segundo o autor, as TICs são compostas por quatro grupos fundamentais divididos em camadas e a inovação é decorrente das relações simbióticas entre elas (algumas sumarizadas pelas setas laterais da Figura 2). A eles acrescentamos as instituições de normatização (um ator adicional) que representa um conjunto de interesses diversos (governos, empresas, etc.) e descreve com mais detalhe o ecossistema que este estudo procura caracterizar. Nessas relações, as soluções fornecidas devem ser constantemente melhoradas, modernizadas e atualizadas, implicando em geração e acumulação de conhecimento e, ao mesmo tempo, em inovação não desprezível.

(12) No âmbito internacional, é possível constatar diferentes bases organizacionais e arranjos institucionais, bem como características diversas da base de conhecimento de atividades inovadoras, o que, por sua vez, implica em diversas fontes de informação, diferentes mecanismos de aprendizado e procedimentos para a solução de problemas.

Figura 2

Atores e fontes de aprendizado: o relacionamento “em camadas” na cadeia de telefonia móvel



Fonte: Elaboração própria a partir de Fransman (2007).

É importante destacar o papel dos consumidores finais. Eles são fundamentais para o teste (experimentos) e chancela da maioria das inovações e melhorias que ocorrem no setor, funcionando como mecanismo de seleção do processo evolutivo, uma vez estabelecida a inovação. Além das dificuldades iniciais de introdução da tecnologia 3G descrita acima, um outro exemplo atual e evidente é o sistema operacional da Nokia: a despeito de sua notória capacitação e liderança no setor, principalmente por conta do *hardware*, o sistema Symbian da empresa não obteve a aceitação dos usuários. No entanto, em um setor onde o ciclo de vida do produto é curto e a defasagem tecnológica dos aparelhos espanta pela rapidez, um insucesso pode não ser definitivo (e eliminar uma firma do mercado), pois as próximas “rodadas” da luta competitiva, entre futuras gerações de tecnologias (Stopford, 1995), podem reverter o cenário atual. Por isso, o mercado é marcado por um aparente paradoxo: de um lado alta concentração e, por outro, acirrada competição e rotatividade de liderança.

Há inúmeros casos que descrevem as relações simbióticas entre os fabricantes e os outros agentes, mas aqui destacamos alguns que consideramos

exemplares para os nossos propósitos: (i) a criação em 2010, por parte da operadora Verizon, de um centro de inovação em Massachussets da tecnologia LTE (Long Term Evolution), onde os fabricantes podem testar novos produtos em uma rede 4G. (Thomsom apud Kubota et al., 2010); (ii) a parceria da Nokia com a operadora AT&T para premiar aqueles que desenvolvessem aplicativos para seus dispositivos móveis, tendo como foco o mercado da América do Norte – uma estratégia da empresa para a difusão da plataforma Symbian e, com isso, elevar sua participação no mercado estadunidense¹³; (iii) o sucesso do sistema Android (que acarretou no fracasso do Symbian da Nokia, mencionado acima), uma plataforma da estadunidense Google que tem como usuários, por exemplo, a Samsung e a Motorola, mostra que a principal relação inovativa entre os elementos dessas camadas está ancorada no sistema operacional e nas suas melhorias¹⁴.

Estes exemplos mostram não apenas como os EUA, em especial as empresas do Vale do Silício, têm se destacado no setor de telefonia móvel mas, principalmente, como os mercados – em termos de integrantes, liderança tecnológica e produtos ou soluções – estão se reconfigurando. Google e Apple, por exemplo, até então conhecidas por outras atividades dentro das TICs, atualmente são as grandes *first movers* do setor de telefonia móvel, uma evidência da dinâmica subjacente ao ecossistema descrito acima. A liderança em um setor altamente concentrado pressupõe a assimilação de novas idéias, vindas de diferentes fontes, e os desenvolvimentos das tecnologias existentes são fontes importantes para futuras inovações. Ademais, as firmas – e as suas parcerias ou associações para desenvolvimento de tecnologias – que reúnem e combinam os conhecimentos de forma inovadora e alcançam uma posição proeminente no mercado estabelecem vantagens (“saem na frente”) para a próxima “rodada da competição entre novas

(13) A parceria chegou ao fim em 2011, porque a Nokia acreditava não haver obtido o devido esforço de marketing e o montante de subsídios da AT&T para o lançamento do smartphone X7 no mercado americano (*The Wall Street Journal*, 2011b). Isso, porém, não invalida a importância da interação e a conseqüente obtenção de aprendizado, uma vez que, embora ainda “atrasada” no mercado estadunidense, a Nokia pretendia lançar seu produto em outros mercados. Em novembro, a Nokia lançou na Alemanha e na Grã-Bretanha o smarphone Lumia 800, com plataforma Windows 7, reacendendo o interesse da AT&T em comercializar o produto nos EUA (Reuters, 2011).

(14) Um exemplo contundente da importância desse sistema para a telefonia móvel é que, em agosto de 2011, a Google anunciou a aquisição da divisão de celulares e *tablets* da Motorola, detentora 14.600 patentes já registradas e mais 6.700 em processo de registro. Apesar de já ter adquirido patentes (1.030) da IBM, na interpretação predominante dos especialistas, o principal objetivo do Google é reforçar o seu acervo de patentes, uma vez que havia fracassado na compra do espólio de patentes (6.000) da falida Nortel contra uma aliança entre Apple, Oracle e Microsoft. Esta percepção reafirma os nossos comentários acima sobre a competição pela propriedade de patentes. Ademais, para os objetivos deste estudo, a Google não possuía a *expertise* na área de hardware (que, apesar de menos relevante nos dias atuais, é necessário como ativo complementar para as suas novas soluções e planos de expansão) e a Motorola, que há 30 anos introduziu no mercado o primeiro telefone portátil, não conseguiu desenvolver um sistema operacional próprio competitivo. Em outras palavras, a ausência de um ativo fundamental para a comercialização de seus aparelhos (*hardwares*) levou a Motorola a rever os ramos de atuação.

tecnologias”. Nessa perspectiva, a liderança não é apenas um benefício temporário ou circunstancial (estático), nem mesmo uma posição supostamente duradoura, mas o resultado de uma estratégia mais abrangente, de incorporação de vantagens que necessitam ser confirmadas ou (re)construídas sucessivamente. Em outras palavras, liderança é parte (resultado) da luta concorrencial vista numa dimensão temporal, ou seja, de ativos construídos dinamicamente¹⁵. A capacitação dinâmica da firma (Teece e Pisano, 1994) é outro aspecto que vale destacar neste contexto. Além da Apple, a Samsung é um caso particularmente interessante. A empresa, conhecida pela fabricação de eletrônicos, certamente usou essa competência para entrar no mercado de telefonia móvel com duas inovações de produto: os *smartphones* e, recentemente, os *tablets*¹⁶.

Além dessas novas tecnologias, que alteraram o ambiente competitivo da telefonia móvel, existem as tecnologias de rede que, como já tratado, condicionam as outras tecnologias. As tecnologias de rede, porém, não surgem simplesmente do tino inovador da empresa. Como vimos, EUA, União Europeia e Japão possuem cada um a sua tecnologia de rede específica, oriunda dos conhecimentos das TICs e de padronizações estabelecidas pelas instituições de normatização. Essas últimas também têm papel importante, pois definem “as regras do jogo” e norteiam o comportamento dos demais agentes que, que por sua vez, têm o poder de influenciar essas mesmas instituições que condicionam as suas ações. Daí a importância do ITU e do ETSI: enquanto não há aprovação, ou regulação de uma nova tecnologia por estas organizações, ela não pode ser usada¹⁷.

Uma característica importante do processo de inovação no setor – captada pela idéia de “ecossistema” de Fransman (2007) – é a interação das empresas entre si e com organizações não-empresariais, tais como universidades, centros de pesquisa, agências governamentais e instituições financeiras. Além disso, o recente movimento das empresas de telefonia móvel estudadas parece reforçar, ainda que em menor medida do que em outros setores baseados em ciência (como a indústria

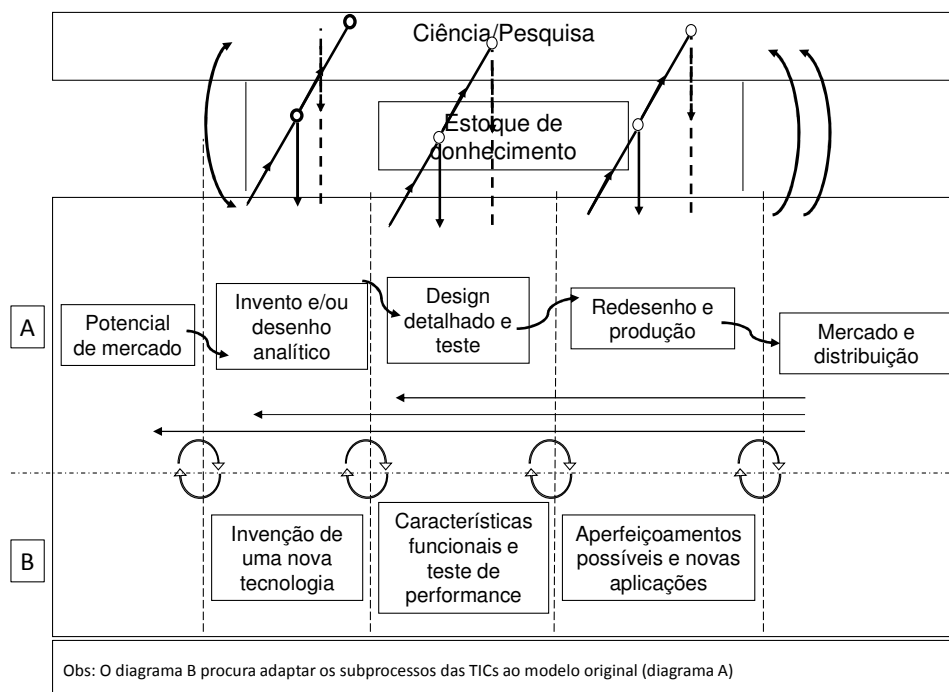
(15) Mesmo que a luta competitiva parta da dimensão tecnológica (como argumentamos neste texto), requer também a construção de outros ativos. Por exemplo, para alcançar a liderança tecnológica em vários dos mercados em que atua, a Samsung construiu uma estrutura mundial de distribuição, comercialização e assistência técnica que lhe permitem explorar as suas vantagens tecnológicas de maneira diferenciada, quando comparada com outros concorrentes.

(16) O mercado de *tablets* cresceu de 17,4 milhões de unidades vendidas no mundo em 2010 para uma projeção de 63,3 milhões em 2011, segundo dados da Consultoria IDC. Disponível em: <http://www.mobiletime.com.br/15/12/2011/idc-eleva-projecao-de-vendas-mundiais-este-ano-para-63-3-milhoes-de-unidades/254158/news.aspx>.

(17) Em 29 de dezembro de 2010, o Comitê Europeu para Padronização Eletrotécnica (Cenelec) e o ETSI liberaram os padrões de interoperabilidade necessários para a fabricação de celulares compatíveis com o novo carregador universal, que terá como base o conector micro-USB. Este é um exemplo de como as instituições têm um papel importante no sistema setorial de inovação: uma vez definido o padrão, as empresas deverão trabalhar em conjunto para harmonizar as especificações dos carregadores.

farmacêutica), a interação entre ciência e tecnologia, por exemplo, com as universidades e centros de pesquisa.

Figura 3
Modelo interativo de inovação



Fonte: Elaborado a partir de Kline e Rosenberg (1986, p. 290).

O processo inovativo, altamente complexo, incerto e envolvendo uma diversidade de agentes é discutido também por Kline e Rosenberg (1986), que desenvolveram o “modelo interativo” de inovação (Figura 3) – que é adotado pelo *Manual de Oslo* (OCDE, 2005). Este modelo concebe a inovação em termos da interação entre oportunidades de mercado (que podemos associar ao advento das novas tecnologias de rede) e a base de conhecimento e capacitações das empresas. Cada função geral descrita na Figura 3 envolve vários subprocessos com resultados altamente incertos. À medida que as TICs são beneficiadas pelos avanços da pesquisa científica, a ciência também se beneficia pelas melhorias proporcionadas por elas e, com isso, seu uso se torna extensivo e intensivo, resultando em mais eficiência e mais inovação. O modelo pressupõe a existência de *feedbacks* (representados pelas setas) nas diversas fases da concepção de uma nova tecnologia, ou seja, há uma relação permanente entre a empresa e a estrutura de Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I).

A partir do modelo original de Kline e Rosenberg (1986) – diagrama A da Figura 3 – podemos pensar o modelo interativo de inovação com as características do setor de telefonia móvel (diagrama B). As três etapas (“invento e/ou design analítico”, “design detalhado e teste” e “redesign e produção”) representam, respectivamente, invenção de uma nova tecnologia com sua descrição e possibilidades de uso (“o que é” e “para que serve”); características funcionais e teste de desempenho (velocidade para executar determinada função, por exemplo); e melhorias possíveis e aplicações (como essas tecnologias podem ser melhor aproveitadas e como isso será feito). Nesse sentido, as empresas podem tanto desenvolver novas tecnologias em parcerias com a infraestrutura científica, como melhorá-las e/ou adaptá-las e uma pesquisa feita em um local pode ser fruto de idéias inovadoras geradas em outro local. Sendo assim, ela é uma forma de soluções de problemas utilizada por determinados agentes em diferentes localidades. Um exemplo é a tecnologia CDMA desenvolvida pela Qualcomm que pôde ser utilizada pelas empresas japonesas, quando a tecnologia 2G ainda era dominante.

3 Identificação de tendências tecnológicas

A tecnologia 3G, que começou a ser implantada em muitos lugares ao redor do mundo a partir de 2007, resulta da escolha europeia pelo UMTS (Universal Mobile Telecommunication System). Segundo analistas, o passo lógico nesta progressão será o 4G, e embora a tecnologia ainda seja imatura, algumas iniciativas já estão em andamento nos EUA¹⁸. No entanto, o cenário futuro das comunicações móveis é mais abrangente do que pode fazer acreditar o rótulo 4G. Para Bohlin et al. (2007), o futuro não será definido pelo aumento das taxas de transmissão de dados ou uma *air interface* nova, mas pela crescente integração e interconexão de sistemas heterogêneos. Diferentes dispositivos irão processar as informações para uma variedade de propósitos e um conjunto de infraestruturas será utilizado para suporte de transmissão, contando com uma infinidade de aplicações trabalhando em paralelo para fazer o uso mais eficiente possível do espectro. Nessa perspectiva, os autores entendem que algumas das muitas tecnologias que estão surgindo – Ultra-Wide Band (UWB), Wireless Local Area Networks (WLAN), WiMax, mesh e *ad-hoc* networks, Bluetooth, sistemas de satélites, acesso fixo wireless, Home radiofrequência (Home-RF) ou Local Multipoint Distribution Service – podem desempenhar um papel na definição do futuro das comunicações móveis. Essas tecnologias poderão trabalhar com sistemas celulares e em cooperação com outros sistemas fixos, tais como telefonia fixa, fibra óptica, linha de assinante digital (DSL, Asymmetric-DSL) e as comunicações por

(18) A tecnologia escolhida para esta rede é a Long Term Evolution (LTE). Em agosto de 2009, a Comissão Europeia anunciou que iria investir um total de € 18 milhões em P&D para tecnologias LTE e LTE Advanced.

linha de energia (power line communications). Simultaneamente, outras tendências poderão ter impacto, como software-defined radio (capaz de utilização de frequências diferentes, dependendo da disponibilidade, preço ou outros fatores), telefones abertos (modificáveis pelo usuário, como um PC, tanto em termos de hardware como software), IPv6 (Internet Protocol version 6), Radio Frequency IDentification (RFID), ou Voice over Internet Protocol (VoIP), que tem no Skype um exemplo de uso difundido.

Há tecnologias alternativas surgindo e os EUA procuram retomar a liderança – ainda pertencente aos fabricantes europeus, mas com os asiáticos avançando – apostando em tecnologias de comunicações móveis Wi-Fi e WiMax por meio de forte apoio às pesquisas nesse campo. Segundo Bohlin *et al.* (2007), a tendência geral é que as novas tecnologias proprietárias sejam utilizadas ao longo do espectro não licenciado, coexistindo com normas desenvolvidas para uso dos espectros licenciado. Tal tendência é apoiada por uma gestão flexível do espectro, o que facilita a interoperabilidade de produtos e tecnologias e a existência de uma indústria mais fragmentada. Além disso, outras tecnologias emergentes, quer já existentes no mercado, quer em vias de padronização, também poderiam representar um desafio ao modelo de negócios tradicional de telefonia móvel. As pesquisas dos autores junto às empresas de consultoria especializada apontaram a relevância das seguintes tecnologias: (i) protocolos de curto alcance, como UltraWide Band (UWB), Near Field Communications (NFC), ZigBee e Bluetooth; (ii) protocolos de longo alcance, tais como WiMax, FlashOFDM e melhorias em 3G como UMTS-Time Division Duplex; e (iii) malhas (mesh) e ad-hoc networking.

A empresa de consultoria em tecnologia de informação Gartner (2009) listou oito tendências no mercado de mobilidade para os anos de 2009 e 2010: (i) Bluetooth 3.0, tecnologia de transmissão de dados a distâncias curtas; (ii) Interfaces móveis de usuário; (iii) Tecnologias de localização, como o GPS; (iv) 802.11n, padrão de comunicação Wi-Fi; (v) Tecnologias de Displays, possibilitando telas em diversos tamanhos, formatos, fragilidade e duração da bateria do dispositivo; (vi) Internet móvel e Widgets (pequenas aplicações de web móvel); (vii) banda larga no celular, com a utilização da tecnologia HSPA (High Speed Packet Access) que é uma junção dos protocolos HSDPA e HSUPA (High Speed Uplink Packet Access); e (viii) Near Field Communication (NFC), que é uma extensão da tecnologia RFID.

Com base nestas informações, selecionamos para análise três distintas tecnologias emergentes de mobilidade – IPv6 (protocolo de internet); 802.11n (padrão de comunicação Wi-Fi) e NFC (protocolo de curto alcance) – como representantes daquelas que apresentam boas possibilidades de sucesso, ou seja, de padrões ou soluções cujo desenvolvimento pode torná-las amplamente difundidas.

Entre os produtores de equipamentos de comunicação móvel, selecionamos três empresas: Motorola, Nokia – líderes do setor, segundo o relatório da OCDE (2008) – e Samsung. Esta última é um caso interessante de novo ator no mercado, tanto pelas suas interações tecnológicas, como pelo desenvolvimento de seus produtos¹⁹.

A metodologia adotada consiste na análise bibliométrica como uma forma empírica de prospecção tecnológica (Watts e Porter, 1997; Porter, 1999). Consiste no exame das características dos artigos indexados na base Scopus²⁰ usando as tecnologias selecionadas como palavras-chave para a busca. A partir dos resultados obtidos, as tecnologias foram analisadas segundo quatro critérios: (i) distribuição dos artigos ao longo dos anos – supondo que tecnologias promissoras têm maior número de artigos publicados nos anos recentes e, contrariamente, as tecnologias consolidadas possuam baixa publicação; (ii) áreas de concentração científica – sob a hipótese de que as tecnologias nos estágios iniciais de desenvolvimento são intrinsecamente mais complexas e por isso demandam conhecimentos novos e, por vezes, oriundos de outras áreas do saber científico; (iii) número de idiomas dos artigos publicados – que indica a dispersão geográfica da pesquisa; e (iv) as principais afiliações (universidades, centros de pesquisa, institutos, empresas, etc.) – sob a hipótese de que as tecnologias nos estágios iniciais de desenvolvimento são intrinsecamente mais complexas e, por demandar maior conhecimento e áreas do saber científico, envolvem um maior número de atores. Para facilitar a avaliação e compreender as nuances relativas às novas soluções, confrontamos os resultados obtidos para estas últimas tecnologias com os da CDMA, que já se caracteriza como uma tecnologia consolidada (ver seção 1). Como complemento a esse esforço, realizamos uma pesquisa qualitativa sobre as parcerias tecnológicas das empresas selecionadas através da base Proquest²¹ e de informações especializadas.

No conjunto, os critérios acima nos orientarão quanto ao caráter de novidade relativa das tecnologias selecionadas para, com isso, verificar sua dispersão global. Esses critérios também servem ao propósito de identificar a participação das empresas da amostra nos artigos científicos e com isso visualizar o avanço das trajetórias através da interação entre a ciência e tecnologia de diversas

(19) Em comum, essas três empresas enfrentam a concorrência da estadunidense Apple, que até pouco tempo não participava desse mercado, porém, com a alteração da trajetória tecnológica em direção à internet móvel, passou a ser um ator relevante.

(20) Segundo informações na página da empresa [www.scopus.com], a base Scopus é a maior coleção de resumos, referências e indicadores de literatura científica, técnica e médica online. O número de artigos científicos em uma dada área é um indicador de produção científica para dado ator (universidades, cientistas, laboratórios, países, etc.), de modo que o número (e a evolução) de artigos científicos para uma dada tecnologia permite inferências sobre a geração de conhecimento a respeito dessa tecnologia (Okubo, 1997).

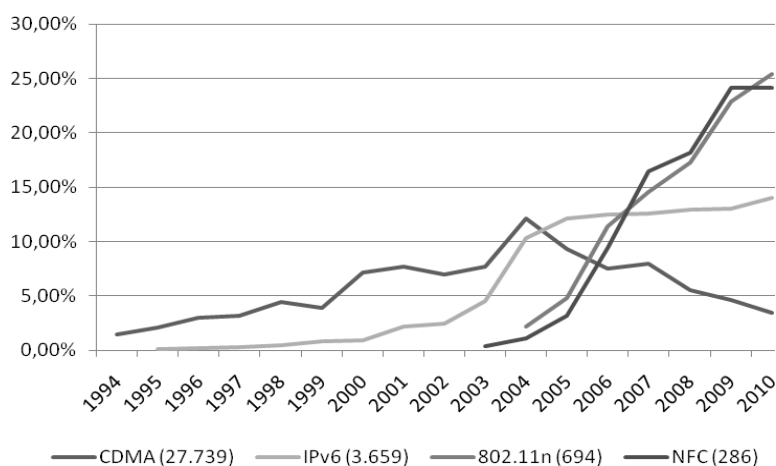
(21) A base Proquest é uma plataforma de informação científica e jornalística, “com uma reputação de mais de 70 anos como um portal mundial de conhecimento – de dissertações a arquivos culturais e governamentais e notícias – em todas as suas formas” (www.proquest.com).

bases tecnológicas. Nascimento (2010) ressalta que vem se tornando relativamente mais influente a produção de artigos brasileiros na área de telecomunicações, embora essa produção seja relativamente marginal quando comparada à de países tradicionais em termos de investimento privado em P&D em TICs.

4 Resultados da análise bibliométrica

O Gráfico 1 mostra a evolução do total de artigos publicados (indexados à base Scopus) contendo o a tecnologia pesquisada como termo de busca, desde a data da primeira publicação. Considerando os períodos de maior concentração do total de artigos publicados de cada tecnologia (e sua taxa de crescimento), o ano de 2004 parece ser “um divisor de águas”. Nesse ano, fica evidente a novidade de duas tecnologias (802.11n e NFC), por um lado, e a iminente maturidade da tecnologia IPv6 (redução do crescimento) e o ocaso da CDMA (taxa negativa), por outro. Se o surgimento de publicações das duas primeiras tecnologias permite caracterizá-las como “nas etapas iniciais da pesquisa”, o número de publicações das duas últimas reafirma aspectos relacionados à teoria discutida nos itens anteriores. Mesmo não sendo novas, as tecnologias para internet (IPv6 ou outras soluções ainda por derivar) se mantêm como um componente necessário aos novos produtos, fato que exige aperfeiçoamentos e/ou desenvolvimentos que garantem um certo nível de pesquisas que mantêm a dinâmica inovativa, mesmo que em ritmo inferior ao de outras novas tecnologias – como era de se esperar. O mesmo não é válido para as soluções que se tornam insuficientes frente às novas (possíveis) trajetórias tecnológicas, cujos esforços científicos são no sentido de substituí-las, como é o caso da CDMA em relação à 4G.

Gráfico 1
Distribuição (%) do número total de publicações ao longo dos anos



Nota: Entre parênteses, o número total de artigos encontrados

Fonte: Elaborado a partir de dados da base Scopus, acesso em: 5 abr. 2011.

Por outro lado, o Quadro 1 mostra uma concentração das publicações nas áreas de engenharia e ciência da computação, como era esperado, pois se trata de tecnologias de informação e comunicação. Porém, é interessante ressaltar que houve uma expansão na base científico-tecnológica dessas atividades. Podemos dizer que as atividades de pesquisa nas telecomunicações tradicionais concentravam-se predominantemente nas áreas de engenharia e física. Com o avanço da chamada “convergência digital”, as áreas de ciência da computação e matemática passam também a ter espaço e relevância. A seguir descrevemos os resultados obtidos para cada tecnologia selecionada, sintetizados no Quadro 1.

4.1 Code Division Multiple Access (CDMA)

O CDMA é uma tecnologia de transmissão digital sem fio que permite o acesso a um único canal de rádio por uma grande quantidade de usuários. Ele tem uma forma de multiplexação que permite que os sinais numéricos possam ocupar um único canal de transmissão. O CDMA usa uma abordagem de espalhamento espectral de transmissão digital de dados ou voz sobre frequências de rádio: os sons são digitalizados e, em seguida, a informação é dividida em pacote de dados que são codificados com um código de identificação único. Posteriormente, todos os pacotes são enviados através de um amplo espectro de frequências de rádio.

Essa tecnologia é uma contraposição às técnicas anteriores de acesso múltiplo, uma vez que permite que um grande número de chamadas possa ocorrer simultaneamente e uma maior quantidade de tráfego para um número finito de frequências disponíveis. A tecnologia é uma evolução dos padrões analógicos anteriores. A primeira referência encontrada na base de dados foi a “Code Division Multiple Access” que data de 1974, porém a sua aplicação comercial, como padrão de telefonia móvel introduzido pela Qualcomm, inicia-se em 1995.

As publicações sobre a CDMA concentram-se entre os anos de 2003 e 2007, período de aparente transição do padrão 2G para o 3G (vide Figura 1). Com o advento das tecnologias sem fio (Wireless e Wi-fi) e a evolução de outros padrões como o UMTS, o número de publicações sobre a tecnologia começa a entrar em declínio a partir de 2007, confirmando a opinião de alguns analistas que prevêem seu desaparecimento iminente. As áreas tecnológicas dos artigos concentram-se dentro do campo das TICs (engenharia e ciência da computação), sendo que a primeira aparece mais do que o dobro de vezes da segunda, denotando o que já havíamos ressaltado: o caráter tradicional e difundido dessa tecnologia - a principal ciência básica é “física e astronomia”. A publicação em mais de 16 línguas mostra como é disperso o conhecimento acerca desta tecnologia ao redor do mundo, contendo artigos majoritariamente em inglês, mas também se registram artigos oriundos de países em desenvolvimento da Ásia e do Leste Europeu.

Quadro 1
Indicadores bibliométricos

	Tecnologias Avaliadas							
	CDMA	(%)	IPv6	(%)	802.11n	%	NFC	%
Número total de artigos	28.700	100	4.128	100	833	100	354	100
Ano do primeiro artigo	1974	-	1995	-	2004	-	2003	-
Número de idiomas das publicações	16	-	8	-	3	-	4	-
Países	EUA (5748)	20,0	China (979)	23,7	EUA(160)	19,2	Alemanha (44)	12,4
	China (3611)	12,6	Coreia do Sul (627)	15,2	Coreia do Sul (58)	7,0	Áustria (37)	10,5
	Japão (2265)	7,9	Eua (322)	7,8	China (58)	7,0	Finlândia (34)	9,6
	Coreia do Sul (2261)	7,9	Japão (243)	5,9	Taiwan (54)	6,5	Espanha (32)	9,0
	Canadá (1720)	6,0	Taiwan (241)	5,8	Japão (49)	5,9	Estados Unidos (29)	8,2
	Total	54,4	Total	58,4	Total	45,5	Total	49,7
Empresas	Nippon T & T (321)	1,1	Cisco Systems (29)	0,7	Intel Corporation (19)	2,3	(NTT) DoCoMo Communications Lab Europe GmbH (16)	4,5
	Nokia (321)	1,1	Samsung Electronics (19)	0,5	Samsung Electronics (12)	1,4	Nokia (6)	1,7
	Qualcomm Inc. (291)	1,0	Samsung Group (18)	0,4	Toshiba Corporation (12)	1,4	Nippon Telegraph & Telephone (4)	1,1
	Alcatel-Lucent Bell Labs (236)	0,8	Hitachi (16)	0,4	Nippon Telegraph & Telephone (10)	1,2	Hewlett Packard Laboratories (3)	0,8
	Samsung Electronics (173)	0,6	Toshiba Corporation (16)	0,4	STMicroelectronics (9)	1,1	Microsoft Research (3)	0,8
	Motorola (171)	0,6	Nokia (16)	0,4	Mitsubishi Electric Research Labs (6)	0,7	Intel Corporation (3)	0,8
	Total	5,3	Total	2,8	Total	8,2	Total	9,9
	Universidades e Institutos de Pesquisa	Beijing University of Posts and Telecommunications (612)	2,1	Electronics Telecommunication Research Institute (149)	3,6	National Taiwan University (20)	2,4	VTT Technical Research Centre of Finland (26)
Korea Advanced Institute of Science & Technology (312)		1,1	Tsinghua University (122)	3,0	Information and Communications University (15)	1,8	Universidad de Castilla-La Mancha (18)	5,1
Electronics Telecommunication (305)		1,1	Beijing University of Posts and Telecommunications (116)	2,8	National Chiao Tung University Taiwan (13)	1,6	Technische Universitat Graz (11)	3,1
Princeton University (301)		1,0	Sungkyunkwan University (78)	1,9	Eidgenossische Technische Hochschule Zurich (13)	1,6	Johannes Kepler Universitat Linz (11)	3,1
Southeast University (276)		1,0	Beijing Jiaotong Daxue (78)	1,9	IEEE (12)	1,4	Lancaster University (10)	2,8
University of California, San Diego (274)		1,0	Korea University (74)	1,8	University of Texas at Austin(12)	1,4	Universidad Autónoma de Tamaulipas (9)	2,5
			Institute of Computing Technology Chinese Academy of Sciences (56)	1,4	University of the Balearic Islands (11)	1,3	Ludwig-Maximilians Universität München (8)	2,3
			Soongsil University (55)	1,3			Universidade de Cordoba (6)	1,7
			IEEE (53)	1,3			Technische Universität München (6)	1,7
			National Dong Hwa University (52)	1,3				
Total	7,2	Total	20,2		11,5		29,7	
Áreas científicas	Engenharia (25.035)	87,2	Ciências da Computação (2.679)	64,9	Engenharia (607)	72,9	Ciências da Computação (246)	69,5
	Ciências da Computação (11.766)	41,0	Engenharia (2.362)	57,2	Ciências da Computação (509)	61,1	Engenharia (187)	52,8
Ciência básica	Física e Astronomia (2.414)	8,4	Matemática (456)	11,0	Matemática (77)	9,2	Ciências Sociais (51)	14,4

Obs.: (1) As porcentagens estão relacionadas ao número total de publicações contendo o termo da tecnologia pesquisada

(2) Uma publicação pode ter mais de uma afiliação

Fonte: Elaboração própria a partir de informações da base Scopus, acesso: jan. 2012.

As afiliações dos autores dos artigos estão principalmente em países desenvolvidos, como os EUA e a Coréia do Sul, mas Cingapura e China participam dessa lista. Além disso, aparece uma universidade brasileira (PUC-RJ) com um bom número de publicações (52). Entre as empresas da amostra, este número é bastante elevado – a Nokia possui mais de 400 publicações, Motorola e Samsung acima de 170. Os resultados espelham a vantagem construída ao longo do tempo pela empresa finlandesa (e da associação com os japoneses expressa pela Nippon T&T) no que concerne às competências em relação ao hardware. Porém, como já observado, trata-se de uma tecnologia em vias de desaparecimento.

4.2 Internet Protocol v6(IPv6)

O IPv6, também chamado de IPng (Internet Protocol next generation) é o protocolo da próxima geração de redes de internet. Ele é um avanço em relação ao IPv4, o protocolo atual, oferecendo mais segurança, melhor suporte a serviços (como o VoIP) e maior mobilidade entre as redes para os usuários. Sua criação é fruto do esforço do Internet Engineering Task Force (IETF: comunidade internacional ampla e aberta que visa a evolução da arquitetura da internet) e suas linhas mestras foram traçadas por Scott Bradner e Allison Marken, em 1994. O IPv6 foi projetado para funcionar em redes de alto desempenho (por exemplo, Gigabit Ethernet) e, ao mesmo tempo, continuar a ser eficiente para redes de banda larga baixa (por exemplo, *wireless*). O principal benefício desse protocolo é o número exponencialmente maior de endereços de IP que pode suportar em relação ao protocolo anterior²². Além disso, por ter como características a escala (número de usuários) e a extensão (redes de velocidades variáveis), ela permitirá que dispositivos diferentes, como celulares e eletrodomésticos, além de PCs, possam acessar mais amplamente a internet. Em suma, um avanço promissor em termos de interoperabilidade e convergência - propriedades que ajudam a explicar alguns dos resultados apresentados a seguir. Em especial, mostra-se a importância da participação de instituições governamentais e profissionais que auxiliam a definir/selecionar padrões internacionais, ou seja, estabelecer trajetórias.

As publicações sobre o IPv6 estão distribuídas entre os anos de 2005 e 2008, um período de concentração relativamente maior do que o da tecnologia CDMA. As áreas tecnológicas dos artigos concentram-se no complexo das TICs, mas a principal ciência básica é a matemática (Quadro 1). O idioma mostra uma limitada dispersão da investigação acerca desta tecnologia, com publicações em

(22) Essa é propriedade fundamental, uma vez que alguns países sofrem escassez de endereços de IP. Para efeito de comparação, se o IPv4 usa endereços de 32 bits e pode suportar 4,3 bilhões de aparelhos conectados diretamente à Internet, o IPv6 usa endereços de 128 bits e suporta um número virtualmente ilimitado de aparelhos – equivalente a 2 e elevado a 128 (<http://idgnow.uol.com.br/telecom/2010/09/14/oito-em-cada-dez-operadoras-de-rede-ja-trabalham-na-migracao-para-o-ipv6>).

oito línguas, compreendendo, além do inglês, idiomas do Leste Europeu e o japonês.

As afiliações dos autores dos artigos ocorrem principalmente em instituições de pesquisa, a maioria asiática. A Nokia e a Samsung (o conglomerado e a divisão de eletrônicos) aparecem com publicação nessa área, o que parece apontar para a busca de conhecimentos que as coloquem em situação de participante ativo das novas configurações estabelecidas pela indústria de telecomunicações e, com isso, de primazia nas aplicações dessas tecnologias em seus dispositivos móveis. Ademais, como os endereços do padrão IPv4 estão em vias de esgotamento, para empresas que têm um dispositivo móvel com internet como pedra angular das suas vantagens, pesquisar sobre esta tecnologia e assimilá-la é imprescindível.

4.3 Protocolo 802.11n

O padrão 802.11n faz parte de uma família de padrões de rede sem fio IEEE 802.11, que são provedores de mobilidade para os usuários numa determinada área de alcance. Aprovado pelo IEEE em setembro de 2009, o 802.11n proporciona redes Wi-Fi mais rápidas, com taxas de transferência entre 100mbps e 300mbps, de maior alcance e mais seguras, resultado de um grupo de trabalho criado em 2003 com o objetivo de aumentar as taxas de transferência das redes locais a partir do padrão anterior, 802.11g – com taxas entre 25mbps e 54mp. Essa tecnologia é baseada no chamado MIMO (*multiple-input multiple-output*) que utiliza várias antenas para enviar de forma coerente mais informações do que seria admissível com uma única antena. Essa solução é possibilitada pela multiplexação espacial (SDM), capaz de transmitir simultaneamente vários fluxos de dados (*streams*) espacialmente independentes e separados por múltiplas antenas.

Por se tratar de uma tecnologia nova, os artigos sobre o padrão 802.11n foram publicados nos últimos anos: 2009 – data de sua aprovação – e 2010. Os artigos estão concentrados nas áreas científicas das TICs (engenharias e ciência da computação), mas têm a matemática como principal ciência básica. O idioma dos artigos restringe-se ao inglês e marginalmente ao chinês, evidenciando o seu caráter de novidade. Essa peculiaridade também pode ser notada pelo grande número de artigos produzidos em países desenvolvidos – entre os dez primeiros, China e Taiwan são exceções (Quadro 1). Cabe notar a participação do Brasil através da UFRGS, uma vez que se trata de uma tecnologia recente, ainda que seja uma evolução de tecnologias anteriores.

As empresas das TICs que aparecem como principais pesquisadoras nesta tecnologia pertencem ao setor de eletrônicos, como Intel, Toshiba, Samsung Electronics e STMicroelectronics, evidenciando não apenas a diversidade da base

científico-tecnológica requerida e, portanto, de convergência, mas principalmente o caráter de meio de conectividade alternativo às redes das telecomunicações, uma vez que é um protocolo para as redes *wireless*. Os *tablets* lançados recentemente têm, inicialmente, conexão Wi-Fi e prometem a conexão com as redes de telecomunicações²³. A STMicroelectronics, empresa líder global na produção de semicondutores, revelou recentemente (2012) um novo chip para redes sem fio mais rápido, que pode ser utilizado em smartphones, tablets. Trata-se do ST DIP2450 que se utiliza de uma única antena para conectar o Wi-Fi, simplificando os circuitos e economizando espaços, podendo utilizar a mesma antena para Bluetooth. Um dos destaques dados ao lançamento do circuito é o fato de que ele suporta o padrão IEEE 802.11n, utilizando ao máximo sua capacidade. O fato da STM desenvolver pesquisa nesta tecnologia e esta se traduzir em um produto específico que agregue melhor funcionalidade ao setor, só comprova o caráter interativo que o setor possui. Ademais, os recentes lançamentos de produtos, cujas redes sem fio possuem mais velocidade do que as redes 3G das empresas que aparecem com pesquisa na área, atestam o resultado efetivo de suas pesquisas na tecnologia referida.

4.4 Near field communication (NFC)

A NFC é uma tecnologia sem fio de curto intervalo de alta frequência, ou seja, de transmissão de dados e informações de maneira instantânea entre dispositivos a cerca de dez centímetros de distância. É uma extensão do cartão de proximidade RFID (Radio-frequency Identification), que combina a interface de um cartão inteligente e um leitor em um único dispositivo. Trata-se de uma tecnologia que começou a ser desenvolvida em 2004, através de um fórum estabelecido por Nokia, Philips e Sony, com o fim de buscar soluções que possibilitassem uma interação baseada no toque com aparelhos eletrônicos de consumo, dispositivos móveis, PCs, objetos inteligentes e para operações de pagamento. A tecnologia ainda não alcançou o mercado de forma expressiva, pois há falta de telefones compatíveis, apesar dos esforços nesse sentido. Podemos apontar três fatos recentes que indicam que esta situação tende a ser alterada. A Samsung já lançou um *smartphone* com essa tecnologia (suportada pelo sistema Android 2.3 da Google). Paralelamente, enquanto a Nokia tornou-se sócia minoritária da empresa Obopay, especialista em serviço de pagamentos por celular, a Motorola adquiriu a Symbol Technologies, fabricante de *handhelds* que podem ler códigos de barras, RFID e Wi-Fi. Em outras palavras, as líderes do setor de telefonia móvel estão se movendo, seja através de parcerias, seja por aquisição de

(23) A Motorola já lançou um *tablet* com conexão 3G, baseado no sistema Android e com aplicativos da Microsoft, um passo importante em termos de equipamentos que combinam comunicação móvel (juntando redes de telecomunicação e Wi-Fi) e PC.

empresas, para incorporar um conhecimento complementar que lhes permita desenvolver e dominar a nova tecnologia. Assim, procuram reafirmar suas posições no mercado, seja oferecendo novas soluções de conectividade, seja ofertando produtos novos ou diferenciados por aperfeiçoamentos. No caso específico da tecnologia NFC, o esforço requer também a colaboração de empresas de eletrônicos de consumo, pois envolve conhecimentos em tecnologias de produtos – e de mercados – e de processos produtivos diferentes, pelo menos enquanto não houver a integração dessas tecnologias.

Como no caso da tecnologia anterior (e era esperado), a concentração de publicações ocorre nos últimos anos: 2009 e 2010. Além disso, elas se concentram nas mesmas áreas científicas das TICs, mas há uma diferença interessante em relação às outras, qual seja, o surgimento das ciências sociais como terceira área importante. Isso condiz com a proposta de interatividade da tecnologia. O idioma dos artigos é principalmente o inglês, aparecendo apenas um em chinês. Ademais, também as afiliações estão concentradas nos países desenvolvidos, especialmente europeus, mas com a participação do México em terceiro lugar como única exceção. O surgimento de países (México, Espanha e Áustria) ausentes nas outras tecnologias pode apoiar a idéia de janelas de oportunidade no período do surgimento de uma nova tecnologia.

Entre as empresas de teleequipamentos, apenas a Nokia possui publicações sobre essa tecnologia. A empresa anunciou que irá incorporar a tecnologia NFC em vários de seus *smartphones* e que ela será baseada no Symbian a partir de 2012. Este é um anúncio que desperta curiosidade, pois, como insistentemente discutido, o sistema operacional da Nokia é relativamente inferior aos dos concorrentes. Assim, mesmo que Motorola e Samsung não constem como pesquisadoras nesta tecnologia, o fato delas usarem o sistema Android pode representar vantagens nas próximas rodadas competitivas.

No Brasil, em 2009, Claro, VisaNet, Nokia, Visa, Bradesco e Banco do Brasil testaram a viabilidade de um sistema de pagamentos móvel no Brasil. Este exemplo é uma evidencia de dois aspectos relevantes: (i) as relações simbióticas necessárias dentro do ecossistema das TICs para promover melhorias tecnológicas; e (ii) que há oportunidades para países em desenvolvimento quando surgem novas tecnologias. Ainda assim, a cumulatividade é imprescindível nessas atividades, pois foi a Google a pioneira na nova tecnologia, usando o sistema operacional Android. Nos EUA, AT&T, Verizon e T-Mobile anunciaram a adoção do Isis, rede de *e-commerce* que usará celulares – transformados em “carteiras digitais” – para efetuar pagamentos através do NFC. A difusão desse tipo de tecnologia não apenas gera impactos por eliminar as transações em moeda e em “dinheiro plástico” (cartões de débito e de crédito), mas, se combinada com outras tecnologias, por exemplo, as duas últimas acima (rede de internet global associada a uma rede local

Wi-Fi, ambas velozes e de grande capacidade de transmissão de informações), pode revolucionar o sistema de pagamentos e financeiro internacional.

Comentários finais

O estudo sobre as tecnologias do setor de telefonia móvel permitiu não apenas reafirmar a tendência chamada de convergência digital, mas, principalmente, interpretá-la como fruto de diferentes trajetórias tecnológicas, que desembocam no padrão de rede 3G (seção 1) e coexistem (integradas) com as soluções para a Internet Móvel. Na verdade, estas transformações começaram a ser gestadas a partir da passagem da tecnologia analógica para a digital, 1G para 2G, mas a rede 3G foi capaz de mudar toda a estrutura do setor de telefonia móvel. Em especial, alterou as vantagens competitivas, a estrutura da indústria e as formas de relacionamento entre as firmas, os institutos de pesquisa e os governos. Para isso, foi necessária a reconstrução dos elos de relacionamento em um sistema (ou um “ecossistema”, na expressão de Fransman) mais sofisticado e complexo, que tornasse mais eficiente a interação entre os diferentes e novos atores. Assim, novos mecanismos de coordenação foram criados, dentre os quais destacamos (i) o papel das instituições de regulamentação na definição das trajetórias tecnológicas que representasse – pelo menos em parte - os interesses e reduzisse a incerteza dos agentes; (ii) a importância das universidades e dos institutos de pesquisa como suporte técnico-científico para a pesquisa básica, o desenvolvimento e aperfeiçoamento de tecnologias; (iii) a capacidade das firmas de integrar-se ao sistema e extrair habilidades e apropriar-se de competências (traduzidas em patentes) que lhes permitissem manter e expandir suas participações no mercado.

Antes, Nokia e Motorola, por exemplo, dedicavam-se aos mercados de infraestrutura de redes e de aparelhos celulares. Quando o ambiente mudou, novas oportunidades foram geradas e surgiram novos concorrentes, oriundos de diferentes atividades econômicas, com capacitações dinâmicas e cumulatividade específicas às suas trajetórias. Entre estes novos atores, destacam-se Samsung (conglomerado diversificado, mas aqui examinado principalmente no segmento eletrônico de consumo), Palm (computadores), Apple (computadores), Google (internet) e Microsoft (softwares e sistemas operacionais). As fronteiras do mercado tornaram-se fluidas, “um espaço gelatinoso” (re)moldável, de tal forma que as duas últimas empresas anunciaram recentemente o início da produção de aparelhos móveis. Porém, a entrada de novos concorrentes não é propriamente uma surpresa, uma vez que estas empresas estão no país central das TICs (os EUA) e podem determinar trajetórias e captar muitos efeitos de transbordamento. Surpreende, isto sim, por se tratar de atividades dinâmicas, a capacidade assimiladora e transformadora do ambiente desses novos atores. Ao mesmo tempo, a forte política industrial e tecnológica dos asiáticos capacitou-os a desenvolver competências e

competitividade em muitas das atividades do complexo das TICs. Particularmente relevantes são os casos da entrada da Samsung no segmento de *smartphones* e *tablets* e o serviço de fototelefoneia do Japão (o *i-mode*) que reconfiguraram toda a estrutura existente da telefonia móvel.

As pesquisas passaram a dar importância a áreas científicas que até então não eram prioritárias, principalmente as relacionadas às ciências da computação e matemática, substituindo áreas tradicionais como física e astronomia. Surpreende também (e pode ser tomado com um caso exemplar da convergência científica necessária às novas tecnologias), o aparecimento de ciências sociais como área científica importante em tecnologias de comunicação. Uma hipótese que este dado sugere é que muitas destas novas tecnologias promovem inovações, novos desenvolvimentos e aperfeiçoamentos a partir de soluções baseadas “apenas” em software, e alteram e expandem o espectro de áreas científicas, incluindo, além de algoritmos e lógica matemática, conhecimentos sobre redes sociais.

No entanto, as “inovações radicais” das TICs e, em particular, da telefonia móvel, não parecem ser introduzidas – como é usual deduzir a partir de uma leitura apressada de Schumpeter (1934, 1942) – “subitamente”, de maneira a alterar a dimensão e a estrutura do mercado e/ou introduzir e eliminar atores repentinamente. O longo tempo de aprendizado e para aperfeiçoamento e melhorias das inovações, detectado pelos nossos resultados, coloca tal processo em uma perspectiva mais relacionada com aquela descrita por Rosemberg (1976, cap. 11). As tecnologias aqui avaliadas resultam em cerca de dez anos entre a primeira publicação e o ano de maior concentração das publicações. Se considerarmos que a concentração de publicações é própria de tecnologias cujo conhecimento ganhou “maturidade técnico-científica”, ou seja, que a sua difusão está em processo, o tempo total para a maturidade de uma “tecnologia vencedora” pode alcançar cerca de vinte anos. Mesmo que as inovações sejam radicais, certamente não se pode considerar esse período (entre pesquisa inicial e a maturidade tecnológica) como curto. Em suma, também para as inovações radicais, o tempo é imprescindível e determinante da corrida por patentes como ativos estratégicos para as empresas.

No bojo destas transformações, o hardware perde importância e as empresas parecem se comportar de acordo com as hipóteses de Sturgeon (1997) sobre o abandono relativo das atividades de manufatura ou a fabricação de componentes e a maior atenção a outros aspectos da concorrência, dentre eles os tecnológicos²⁴. De Negri e Ribeiro (2010), analisando as principais tendências de patenteamento das empresas líderes mundiais do setor de equipamentos de comunicação, também constataram que os domínios tecnológicos de

(24) A frase impressa recentemente pela Apple em seus aparelhos é emblemática: “Designed by Apple in California. Assembled in China”.

semicondutores vêm perdendo participação à medida que cresce a importância da informática. Se essa percepção estiver correta, decorrem implicações relevantes sobre a divisão internacional do trabalho. Em primeiro lugar, os atores asiáticos posicionam-se como participantes relevantes do sistema, indicando que, conforme apontara Sturgeon, a realocação da manufatura “carrega” conhecimento científico necessário ao processo produtivo, especialmente em setores tecnologicamente dinâmicos. O conhecimento é necessário para acompanhar as mudanças produtivas, implicando a inserção mais próxima do produtor asiático em um ecossistema cujo centro está em outras partes. Isso pode explicar a presença forte de empresas asiáticas de eletrônicos na publicação científica a respeito, por exemplo, de protocolos de internet – uma tecnologia cujo conhecimento já está disseminado, mas que não se pode afirmar que seja madura. Em segundo lugar, o mesmo fenômeno explica a presença forte de empresas estadunidenses na produção científica a respeito de tecnologias mais novas (transmissão de redes sem fio e transmissão de dados a curta distância). Pode-se inclusive aventar a possibilidade de os EUA retomarem a hegemonia perdida, em tecnologias móveis, nas primeiras rodadas de concorrência em telefonia celular.

A Europa foi, durante os anos 1990, líder em tecnologia móvel e assumiu a liderança em padrões de telefonia, suplantando inclusive empresas do Vale do Silício. No entanto, a cumulatividade de empresas dessa última região serviu para o aproveitamento das novas oportunidades desencadeadas pelo advento da Internet Móvel. Por isso, não se deve desprezar outros desdobramentos, relacionados à coevolução de tecnologias e instituições que tratamos, e que tem a ver com o fato de o mercado estadunidense para esses aparelhos ser maior do que o europeu e a atual liderança mundial da estadunidense Verizon na implementação da tecnologia LTE. Também não se deve ignorar, como comentado acima, a emergência dos atores asiáticos como um desdobramento importante.

Quanto ao Brasil, trata-se de uma boa surpresa identificar universidades que fazem pesquisas nessa área. Contudo, a literatura sobre sistemas setoriais e nacionais de inovação aponta que a pesquisa feita nas universidades tem peso maior, quanto mais os outros atores do sistema participem dos processos inovativos. Não é o caso do Brasil, que não possui fabricantes relevantes senão as internacionais, ainda que seja possível pensar em inovações incrementais e melhorias que tais empresas possam estabelecer em parcerias com institutos tecnológicos e universidades brasileiras.

O caso da Nokia ilustra como a posição de liderança pode ser contestada. A empresa vem percebendo lucros menores e perda de mercado em *smartphones*, a ponto de seu principal executivo, Stephen Elop (recém contratado, não por acaso, da Microsoft), ter indicado a necessidade de reinvenção da empresa (*The Wall Street Journal*, 2011a). Seu diagnóstico é o que em grande parte identificamos

neste artigo: os consumidores estão escolhendo aparelhos móveis baseados em software e não hardware, que indica uma mudança de batalha do campo de dispositivos para uma guerra de ecossistemas. Também recentemente (*The Economist*, 2011) a empresa anunciou que usaria o Windows Phone, sistema operacional da Microsoft, e mudanças radicais associadas à instalação de uma estrutura operacional nova e nova equipe de administradores não-finlandeses. Ilustra também o problema descrito por Teece e Pisano (1994). Apesar de acumular um grande estoque de ativos tecnológicos (como mostram alguns dos resultados apresentados neste estudo), a Nokia, por um lado, não foi capaz de dar-lhes um caráter dinâmico e distintivo, ou seja, torná-los uma fonte permanente de vantagens competitivas. Além disso, ela não conseguiu reunir as capacitações necessárias para adaptar, integrar e reconfigurar as suas qualificações organizacionais, recursos e competências funcionais internas e externas a um ambiente em que o ritmo exigido de acumulação de conhecimento é acelerado e a natureza da competição futura e dos mercados é de difícil determinação. Nesse sentido, são necessárias mudanças não apenas no âmbito da corporação, mas principalmente, para este estudo, em todos os elos interorganizacionais, pois as inovações na arquitetura dos ecossistemas requerem novas “rotinas” para integrar (principalmente o conhecimento externo) e coordenar o novo conhecimento científico (por exemplo, priorizando a ciência da computação ao invés da engenharia, ou software e não hardware). Por outro lado, esses recursos e qualificações acumuladas (Penrose, 1959), insuficientes nesta fase da luta competitiva, podem ser a base decisiva das vantagens da próxima rodada da concorrência entre tecnologias (Stopford, 1995). Nessa perspectiva, é necessário examinar os próximos passos das estratégias individuais.

No plano sistêmico, o estudo aponta a importância das relações entre empresas, institutos de pesquisa e órgãos governamentais nacionais e internacionais, como um importante determinante da dinâmica competitiva do setor de telefonia móvel. Primeiro, como vimos, pelo papel destes órgãos e instituições profissionais no desenvolvimento de conhecimento científico e técnico necessário para a fixação de padrões. Segundo, o papel das políticas industriais nacionais (notadamente no caso dos países asiáticos), estimulando a concorrência e a pesquisa, principalmente nas etapas iniciais do desenvolvimento tecnológico. Além disso, estabelecidos os parâmetros básicos da concorrência, a proteção patentária torna-se um mecanismo importante de apropriabilidade das inovações. Com isso, fabricantes e fornecedores de serviços podem atuar como mecanismos de transmissão dos padrões técnicos estabelecidos por tais instituições.

Quanto ao método empregado (análise bibliométrica), podemos apontar sumariamente que: (i) as empresas apoiam-se em conhecimento básico (ausente nos laboratórios corporativos) oriundos de universidades e instituições

profissionais (como o IEEE), tornando-os agentes importantes da introdução de padrões e soluções; (ii) as pesquisas em novas tecnologias parecem ser pouco dispersas (em termos de idiomas e países das publicações científicas), mas aparecem países em desenvolvimento (e o Brasil marginalmente, com duas universidades em duas tecnologias); (iii) a China tem presença forte e constante na publicação referente a todas as tecnologias aqui analisadas e os EUA, com o sistema nacional de inovação mais completo, parecem estar recuperando a hegemonia neste setor. Isso nos leva a acreditar que a análise bibliométrica mostrou-se um instrumento adequado e potente para indicar algumas características de tecnologias emergentes (ainda que a identificação de tais tecnologias dependa de pesquisa antecedente).

Por fim, do ponto de vista teórico, este trabalho ilustra a tese de Dosi (1988). Em mercados em que a dinâmica tecnológica é acelerada, a estrutura (número e tamanho das empresas, por exemplo), a dimensão (faturamento total em termos comparativos) e as fronteiras (número de produtos) podem ser profundamente alteradas ao longo do tempo. As barreiras à entrada são profundamente instáveis, com novos atores ingressando no mercado e antigos sendo eliminados ou subjugados, e a competição pode ser tornar mais acirrada, mesmo quando o número de competidores diminui. Nessa situação, competição pode caminhar lado a lado com concentração, assim como “capacitações dinâmicas” podem dar origem a uma configuração de mercado mais próxima ao monopólio, quase certamente temporário.

Referências bibliográficas

- ANSARI, S.; GARUD, R. Inter-generational transitions in socio-technical systems: The case of mobile communications. *Research Policy*, v. 38, n. 2, p. 382-392, Mar. 2009.
- BOHLIN, E.; LINDMARK, S.; BJÖRKDAHL, J.; WEBER, A.; WINGERT, B.; BALLON, P. In: RODRÍGUEZ CASAL, C.; BURGELMAN, J. C.; CARAT, G. (Ed.). *The future of mobile communications in the EU: assessing the potential of 4G*. IPTS Technical Report preparado para o European Commission – Joint Research Centre. Seville. EUR 21192 EN.
- _____; BURGELMAN, J. C.; RODRÍGUEZ CASAL, C. The future of mobile communications in the EU. *Telematics and Informatics*, v. 24, n. 3, p. 238-242, Aug. 2007.
- BORRUS, M.; ZYSMAN, J. Globalization with borders: the rise of Wintelism as the future of industrial competition. *Industry and Innovation*, v. 4, n. 2, p. 141-166, Winter 1997.
- BRESNAHAN, T.; GREENSTEIN, S. Technological competition and the structure of the computer industry. *Journal of Industrial Economics*, v. 47, n. 1, p. 1-40, Mar. 1999.
- CORROCHER, N.; MALERBA, F.; MONTOBIBIO, F. Schumpeterian patterns of innovation activity in the ICT field. *Research Policy*, v. 36, n. 3, p. 418-432, Apr. 2007.

DE NEGRI, F.; RIBEIRO, L. C. Tendências tecnológicas mundiais em telecomunicações: índice de medo do desemprego. *Radar: Tecnologia, Produção e Comércio*, Brasília, Ipea, n. 10, p. 7-12, out. 2010.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*, v. 11, n. 3, Jun. 1982.

_____. Sources, procedures and microeconomic effects of innovation. *Journal of Economic Literature*, v. 36, n. 3, p. 1120-1171, Sept. 1988.

FAI, F.; VON TUNZELMANN, N. Industry-specific competencies and converging technological systems: evidence from patents. *Structural Change and Economic Dynamics*, v. 12, n. 2, p. 141-170, Jul. 2001.

FRANSMAN, M. Mapping the evolving telecoms industry: the uses and shortcomings of the layer model. *Telecommunications Policy*, v. 26, n. 9-10, p. 473-483, Oct./Nov. 2002.

_____. Conhecimento e evolução industrial: a indústria de comunicações móveis evoluiu sobretudo através de suposições equivocadas. In: CASTRO, A. C. et al. (Org.). *Brasil em desenvolvimento: economia, tecnologia e competitividade*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2005. v. 1, p. 489-516.

_____. Innovation in the new ICT ecosystem. *Communication & Strategies*, n. 68, p. 89-110, 4o Trim. 2007.

FREEMAN, C.; SOETE, L. *A economia da inovação industrial*. Campinas: Editora Unicamp, 2008 [1997].

FUNK, J. L. The emerging value network in the mobile phone industry: the case of Japan and its implications for the rest of the World. *Telecommunications Policy*, v. 33, n. 1, Feb./Mar. 2009a.

_____. The co-evolution of technological change and methods of standard setting: the case of the mobile phone industry. *Journal of Evolutionary Economics*. v. 19, n. 1, p. 73-93, Feb. 2009b.

GALINA, S. V. R.; PLONSKI, G. A. Inovação no setor de telecomunicações no Brasil: uma análise do comportamento empresarial. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 4, n. 1, p. 129-155, jan./jun. 2005.

GARTNER. *Eight mobile technologies to watch in 2009 and 2010*. Gartner Inc., Feb. 2009. Disponível em: <http://www.gartner.com>.

GAWER, A.; CUSUMANO, M. A. *Platform leadership: how Intel, Microsoft and Cisco drive industry innovation*. Boston, MA: Harvard Business School Press, 2002.

_____; _____. How companies become platform leaders. *MIT Sloan Management Review*, v. 49, n. 2, p. 28-35, Winter 2008.

GAWER, A.; CUSUMANO, M. A. Industry platforms and ecosystem innovation. Paper apresentado na DRUID Conference, Copenhagen, 19-21 Jun. 2012. (a ser publicado em *Journal of Product Innovation Management*, 2013).

GRUBER, H. *The economics of mobile communications*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

GUTIERREZ, R. M. V.; CROSSETTI, P. A. *A indústria de teleequipamentos no Brasil: evolução recente e perspectivas*. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, 2003.

KLINE, S. J.; ROSENBERG, N. An overview of innovation. In: LANDAU, R.; ROSENBERG, N. (Ed.). *The positive sum of strategy harnessing technology for economic growth*. Washington, DC: National Academy Press, 1986. p. 275-305.

KUBOTA, L. C.; DOMINGUES, E.; MILANI, D. Diferenças de escala no mercado de equipamentos de telecomunicações. *Radar: Tecnologia, Produção e Comércio*, Brasília, Ipea, n. 10, p. 25-30, out. 2010.

LUNDEVALL, B. A. National innovation systems: analytical concepts and development tools. *Industry & Innovation*, v. 14, n. 1, p. 95-119, Feb. 2007.

NASCIMENTO, P. A. Capacitações científicas do Brasil em telecomunicações: o que se pode apreender da evolução recente da produção de artigos na área? *Radar: Tecnologia, Produção e Comércio*, Brasília, Ipea, n. 10, p. 13-24, out. 2010.

NELSON, R. R. Co-evolution of industry structure, technology and supporting institutions, and the making of comparative advantage. *International Journal of the Economics of Business*. v. 2, n. 2, p. 171-184, 1995.

_____; SAMPAT, B. N. Making sense of institutions as a factor shaping economic performance. *Journal of Economic Behavior & Organization*, v. 44, n. 1, p. 31-54, Jan. 2001.

_____; WINTER, S. G. In search of a useful theory of innovation. *Research Policy*, v. 6, n. 1, p. 36-76, Jan. 1977.

_____; _____. *Uma teoria evolucionária da mudança econômica*. Campinas: Editora Unicamp, 2006 [1982].

OKUBO, Y. *Bibliometric indicators and analysis of research systems: methods and examples*. Paris: OCDE/GD, 1997.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. *The measurement of scientific and technological activities: Guidelines for collecting and interpreting innovation data (Oslo Manual)*, 3rd ed. Paris: OECD, 2005.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. *OECD Information Technology Outlook*. Paris: OECD, 2008.

PENROSE, E. *A teoria do crescimento da firma*. Campinas: Editora Unicamp, 2006 [1959].

- PORTER, A.L. Tech forecasting: an empirical perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 62, n. 1-2, p. 19-28, Aug./Sept. 1999.
- POSSAS, M. L. Em direção a um paradigma microdinâmico: a abordagem neo-schumpeteriana. In: AMADEO, E. J. (Org.). *Ensaio sobre economia política moderna: teoria e história do pensamento econômico*. São Paulo: Marco Zero, 1989. p. 157-78.
- REUTERS. *Nokia aims to undercut rivals with volume focus*. Nov. 16, 2011.
- ROSENBERG, N. *Perspectives of technology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1976.
- SCHUMPETER, J. A. *Capitalismo, socialismo e democracia*. Rio de Janeiro: Zahar, 1984 [1942].
- _____. *Teoria do desenvolvimento econômico*. São Paulo: Abril Cultural, 1982 [1934].
- STOPFORD, J. Competing globally for resources. *Transnational Corporations*, v. 4, n. 2, p. 34-57, Aug. 1995.
- STURGEON, T. J. *Does manufacturing still matter? The organizational delinking of production from innovation*. Berkeley, CA: Berkeley Roundtable on the International Economy, Aug. 1997. (BRIE Working Paper, n. 92B).
- SZAPIRO, M. H. S. *Uma agenda de competitividade para a indústria paulista – Indústria de equipamentos de telecomunicações*. São Paulo: IPT-USP-Unicamp-Unesp, 2008.
- TEECE, D. J. Profiting from technological innovation: implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research Policy*, v. 15, n. 6, p. 285-305, Dec. 1986.
- _____; PISANO, G. The dynamic capabilities of firms: an introduction. *Industrial and Corporate Change*, v. 3, n. 3, p. 537-556, 1994.
- THE ECONOMIST. *Nokia falls into the arms of Microsoft; Mobile handset-makers*. Feb. 11, 2011.
- THE WALL STREET JOURNAL. *Nokia Cancels U.S. Launch of X7 Phone*. Jan. 20, 2011a.
- _____. *Nokia Falls Behind; CEO Hints of Strategy Change*. Jan. 27, 2011b.
- UNITED NATIONS CENTRE ON TRADE AND DEVELOPMENT. *World Investment Report 2005: transnational corporations and the internationalization of R&D*. Geneva: UNCTAD, 2005 (Internet edition).
- WATTS, R. J.; PORTER, A. L. Innovation forecasting. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 56, n. 1, p. 25-47, Sept. 1997.
- WEST, J. How open in open enough? Melding proprietary and open source platform strategies. *Research Policy*, v. 32, n. 7, p. 1259-1285, Jul. 2003.