


Geeks, Burocratas e Cowboys: criando uma infra-estrutura Internet, de modo Wireless

François Bar e Hernan Galperin

1. Introdução

 desenvolvimento da infra-estrutura de comunicação tem estado tradicionalmente associado a importantes programas de investimento por parte de grandes entidades como, operadores de telecomunicações e agências governamentais. A razão é simples: só estas entidades eram capazes de acumular capital suficiente e alcançar as economias de escala envolvidas no desdobramento das redes com fios¹. Contudo, três tendências paralelas estão a convergir no sentido de quebrar essa tradição: A emergência de medidas mais flexíveis no espectro político tem contribuído para remover barreiras reguladoras; O advento de novas tecnologias sem fios, que alterou significativamente a equação dos custos a favor das soluções sem fios e a entrada de muitas pequenas empresas e entidades não lucrativas, ávidas por assumir um novo papel na criação e gestão das redes de comunicação sem fios.

Embora os avanços nas tecnologias *sem fios* tenham reduzido significativamente o desdobramento dos custos com a infra-estrutura de comunicações, o seu impacto na arquitectura e no controlo das redes de comunicação tem sido descurado. Como as tecnologias *sem fios* não se sujeitam às mesmas economias de escala que as tradicionais tecnologias *com fios*, elas permitem aos utilizadores finais — que actuam frequentemente em colectivo através de cooperativas e outras instituições locais — desdobrar e gerir eles próprios os sistemas, algo que não tem precedentes. Isto dissolve cada vez mais a barreira que divide o controlo entre utilizadores e fornecedores, abrindo possibilidades a uma abordagem radicalmente descentralizada da expansão do sistema, baseada na integração de redes *sem fios* locais construídas e geridas pelos utilizadores. Enquanto que actualmente as redes continuam a ser construídas por grandes empresas, as evidências apontam para uma crescente e potencial ruptura assente no modo como as redes de comunicação *sem fios* estão a ser desdobradas e operadas (Best, 2003; Bar e Galperin, 2004).

A tensão gerada em torno destas duas lógicas alternativas de desenvolvimento das redes, é exemplarmente ilustrado pelo caso dos serviços de acesso à Internet *sem fios*. Por um lado, os operadores de telecomunicações fizeram investimentos consideráveis para desenvolver telemóveis de terceira geração (3G), redes que permitem aos clientes o acesso a uma variedade de serviços baseados em IP². Por outro lado, os entusiastas do modo *wireless*, pequenos empresários e governos locais, estão cada vez mais a tomar partido de uma nova geração de tecnologias sem fios, para construir redes *sem fios* locais (WLANs³), nomeadamente em áreas negligenciadas pelos grandes operadores. As redes 3G seguem o modelo tradicional de grandes investimentos em equi-

pamento de infra-estruturas para redes controladas e centralizadas; As WLANs, por seu lado, consistem em pequenos investimentos com terminais de recepção por parte de actores independentes e a nível local, sem uma coordenação ou plano pré-concebido. Embora ambos se desenvolvam em paralelo (e para alguns em complementaridade), a tensão nos debates políticos é evidente, nomeadamente sobre como distribuir recursos limitados (em particular o espectro da rádio) e sobre o papel dos governos locais e das organizações cooperativas no desenvolvimento de tecnologias *sem fios* avançadas.

Este *paper* está organizado da seguinte forma: na primeira parte revimos a evolução da nova geração de tecnologias WLAN, nomeadamente do *Wi-Fi*⁴, e discutimos as suas implicações no controlo e na arquitectura das redes *sem fios* de banda larga emergentes. Partimos da história do construtivismo social sobre grandes sistemas técnicos e do trabalho de historiadores económicos preocupados com a evolução tecnológica, para compreender o grande e inesperado sucesso do *Wi-Fi*. De seguida revemos o evidente desenvolvimento de baixo para cima de redes *sem fios*, promovido pelos actores locais e centrando a atenção em três tipos de iniciativas dirigidas por diferentes dinâmicas de desenvolvimento: cooperativas de utilizadores finais (afectuosamente apelidados de *geeks* no nosso título), fornecedores de acesso à Internet *sem fios* (*cowboys*), e governos municipais («burocratas»). Na conclusão discutem-se as questões institucionais e políticas que mais afectam o equilíbrio entre o desenvolvimento centralizado e descentralizado das redes *sem fios* de banda larga, num futuro próximo.

2. Da *Ethernet*⁵ *sem fios* à *Wireless Mesh*⁶: a evolução inesperada do *Wi-Fi*

As tecnologias WLAN referem-se a uma vasta família de soluções de comunicação *sem fios* não celulares, que na prática incluem a maioria das tecnologias actualmente sob a standardização de actividades da cláusula do IEEE⁷ 802.xx. Enquanto que estas abarcam uma série de tecnologias com diferentes atributos e vários estádios de desenvolvimento, este *paper* centra-se sobretudo nos *standards* do IEEE 802.11 vulgarmente conhecidos como *Wi-Fi*. A razão é simples: esta família de *standards* WLAN tem conquistado uma vasta aceitação, conduzindo a significativas reduções de custos devido ao volume de produção e ao nível de penetração numa variedade de dispositivos de consumo (dos PCs aos PDAs⁸, até aos telemóveis) e está a alcançar rapidamente uma infra-estrutura de escala.

O *Wi-Fi* tem evoluído de modo algo accidental por um trajecto evolutivo que os seus criadores e apoiantes originais não previram. Trata-se de um padrão consistente com a evolução dos sistemas tecnológicos (Nye, 1990; Fischer, 1992). No caso, o *Wi-Fi*, foi inicialmente concebido como uma alternativa *sem fios* para ligações de curto alcance entre computadores da mesma residência ou escritório (i.e., uma *Ethernet* *sem fios*). Contudo, rapidamente se tornou claro que o *Wi-Fi* poderia também ser utilizado para estender o alcance de redes de computadores em espaços públicos. Mais concretamente, quer os vendedores do equipamento, quer os entusiastas do modo *wireless*, se aperceberam de que, com o *hardware* adequado e um pensamento astuto, poderiam estabelecer ligações ponto a ponto ao longo de vários quilómetros. O papel fundamental desempenhado pelos primeiros utilizadores, na inovação e submissão desta tecnologia a experimentação em condições diversas, é, uma vez mais, consistente com os modelos de evolução tecnológica (um dos melhores exemplos refere-se aos amadores de rádio no início do século XX)⁹.

O Wi-Fi tem verificado um crescimento extraordinário desde 1997, altura em que o IEEE finalizou a especificação original 802.11¹⁰. Vale a pena notar que esta tecnologia emerge no cerne da disputa por *standards* alternativos às *WLANs*, como o *HomeRF* e o *HiperLAN*.

É interessante referir que, uma vez que estes *standards* surgiram de dentro da indústria informática e não da indústria de telecomunicações, a estandardização dos processos tem sido liderada pelo sector privado, organizando-se em torno de consórcios industriais como o *Grupo de Trabalho HomeRF* e de organizações semipúblicas como o IEEE. Comparado com o caso do contencioso dos *standards* 3G (ver Cowhey, Aronson e Richards, 2003), o papel dos governos e das organizações multilaterais como a ITU tem sido menos importante.¹¹

Estimam-se em 60 milhões os dispositivos *Wi-Fi* a operar actualmente no mundo¹². Entre os muitos factores que explicam o sucesso do *Wi-Fi*, convém frisar três deles. Primeiro, o *Wi-Fi* consegue transmitir em elevada largura de banda sem custos de cablagem, o que o torna um efectivo substituto quer para o último quilómetro, como para o *backhaul traffic* onde a instalação e os custos de manutenção da infra-estrutura do cabo é proibitiva (estima-se que as despesas com a cablagem podem compreender até três quartos dos custos iniciais de instalação das tradicionais redes de telecomunicações). Segundo, existe uma vasta indústria de apoio coordenada pela *Wi-Fi Alliance*, uma aliança industrial com mais de 200 produtores de equipamento em todo o mundo¹³. Como resultado, os preços dos equipamentos desceram rapidamente e os utilizadores podem usufruir da compatibilidade entre os dispositivos *Wi-Fi* e os pontos de acesso (APs) produzidos por diferentes vendedores. A terceira chave para o sucesso desta tecnologia reside na escassez de medidas reguladoras: as redes *Wi-Fi* têm florescido em frequências não licenciadas, nomeadamente, pequenas fatias do espectro da rádio reservadas a aplicações de pequeno alcance, na qual os dispositivos de rádio podem operar na base de isenção de licença — embora nem sempre seja o caso no mundo desenvolvido (ver Galperin, no prelo). Isto tem permitido a uma série de actores, construir *WLANs* sem quaisquer atrasos ou despesas tradicionalmente associados à obtenção de licenças de rádio atribuídas pelas autoridades em telecomunicações.

A principal desvantagem do *Wi-Fi* é o fraco alcance do sinal. Mesmo através de ligações ponto por ponto instaladas ao longo de vários quilómetros, a verdade é que, em geral, as redes *Wi-Fi* estendem-se no máximo por algumas centenas de metros. Isto faz com que esta tecnologia seja desadequada a transmissões de longo alcance (*long-haul*). Contudo, estão a emergir tecnologias semelhantes no sentido de resolver este problema, nomeadamente, o 802.16x (também conhecido como *WiMax*). Espera-se que este novo *standard* venha a oferecer ligações ponto por ponto a 70mb/s para distâncias superiores a 50 quilómetros, constituindo uma óptima alternativa ao *traffic backhaul*. Porém, o estabelecimento de protocolos para *WiMax*, que permitirão a interoperabilidade entre equipamentos de múltiplos fornecedores, tem sido mais difícil e complexo do que no caso do *Wi-Fi*. É curioso observar que o inesperado sucesso do *Wi-Fi*, associado ao desafio potencial que as tecnologias *WLAN* lançam às redes 3G desenvolvidas pelos operadores de telefones móveis (Lehr e McKnight, 2003), tem dificultado significativamente o processo de estandardização, trazendo mais actores para a mesa das negociações e tornando mais difícil o estabelecimento de acordos.

A nova geração de tecnologias *WLAN* desafia muitas das pressuposições associadas ao desenvolvimento das redes de telecomunicações tradicionais a nível local. Colocar fibra convencional e fios de cobre, ou mesmo instalar estações-base para telemóveis,

não é o mesmo que pavimentar estradas. Requer grandes investimentos prévios, economias de escala penetrantes e a arquitectura das redes tem que ser cuidadosamente planeada, uma vez que, os recursos não são facilmente reaproveitáveis. Como resultado, as redes são construídas usualmente por grandes empresas, num processo de cima para baixo, o que implica um vasto conjunto de pressuposições sobre como os serviços virão a ser utilizados, quem os utilizará, e a que preço. Contudo, estas pressuposições são mais fáceis de atingir no caso de redes bem conhecidas e de objectivo único (como redes viárias ou redes de esgotos) do que no caso das redes de TIC, onde as aplicações e utilizações resultam, frequentemente, da experiência dos próprios utilizadores (Bar e Riis, 2000). Além disso, a procura de serviços avançados de TIC, fora das zonas urbanas mais ricas, é complexa de agregar e difícil de prever.

As novas tecnologias WLAN constituem uma alternativa ao modelo de desenvolvimento de cima para baixo associado à infra-estrutura tradicional de telecomunicações. Devido às relativamente baixas despesas de capital, à utilização de equipamento não licenciado, à vasta aceitação de *standards* de transmissão abertos, à capacidade da tecnologia, e à escassez de economias de escala significativas no desdobramento e gestão das redes, os investimentos em infra-estruturas de redes *Wi-Fi* estão ao alcance de uma variedade de actores locais — desde os empresários aos governos municipais, passando pelas cooperativas agrícolas. Além do mais, a maioria destes investimentos são aplicados em poderosos terminais *sem fios* capazes de se adaptar ao seu ambiente operacional, o que permite um maior controlo lateral das utilizações e inovações da rede. Isto permite uma infra-estrutura flexível que se expande de baixo para cima sem um planeamento preconcebido, conduzido pelos que melhor conhecem a procura local no que se refere a serviços de informação avançados — utilizadores e organizações locais.

Podemos também imaginar um futuro próximo em que redes *ad hoc* emergem espontaneamente quando existirem dispositivos *Wi-Fi* suficientes numa mesma zona (Benkler, 2002; Agarwal, Norman, e Gupta, 2004). Actualmente, a maioria das redes *Wi-Fi* são desenvolvidas para substituir os cabos da *Ethernet* nas residências e nos escritórios, com o simples objectivo de permitir a mobilidade dos utilizadores num determinado ambiente electrónico ou num espaço físico. É semelhante ao que aconteceu com os telefones *sem fios*, que permitem uma mobilidade limitada pelo raio de alcance de um telefone fixo ligado a uma central telefónica. No entanto, como não existe uma diferença significativa entre o ponto de acesso *Wi-Fi* e os clientes, todos os dispositivos *Wi-Fi* podem ser programados para detectar outros dispositivos num determinado raio de alcance e criar ligações *ad hoc*. O tráfego pode ser direccionado para uma série de pequenos saltos de um dispositivo para outro até encontrar um *backhaul link*, e trespassar efectivamente a infra-estrutura *sem fios* existente a nível local. Claro que isto só resulta na condição de existirem vários dispositivos *Wi-Fi* numa determinada zona, o que se torna crescentemente possível à medida em que os preços dos *Wi-Fi* descem e em que se instalam mais rádios *Wi-Fi* nos dispositivos dos utilizadores. Se assumirmos a possibilidade de existir uma distribuição suficientemente densa destes rádios, a cobertura de rede pode tornar-se quase ubíqua. Colectivamente, os terminais controlarão o modo como a rede é usada. Poder-se-iam inventar e implementar novos serviços de comunicação no limiar da rede e propagados ao longo da mesma.

Considerem a previsão segundo a qual em 2008, 28 milhões de automóveis virão equipados com dispositivos de acesso a redes locais¹⁴. Isto servirá não só para ligar diversos sistemas do próprio veículo, mas também para servir de suporte à comunicação com sistemas exteriores, desde aplicações como o telefone até aos sistemas de

pagamento por Multibanco. Ao limite, e uma vez que os automóveis andam normalmente a menos de 100 pés¹⁵ de distância uns dos outros, (e têm a sua própria fonte de energia), podemos imaginá-los como bases para redes móveis. Claro que uma série de questões técnicas permanecem por resolver para a existência prática dessas redes, incluindo o desenvolvimento de *software* de informação geográfica adaptável e associado a nós móveis intermitentes. Mas o rápido crescimento do número de dispositivos *Wi-Fi* existentes cria, pelo menos teoricamente, a hipótese da emergência potencial dessas vastas zonas de grelhas *wireless* com o retrocesso progressivo dos sistemas *com fios*¹⁶.

A evolução das tecnologias WLAN alcançou actualmente um ponto crítico, com várias trajectórias possíveis entre dois extremos. Um representa a evolução do actual modelo estabelecido de desenvolvimento aplicado ao mundo das comunicações de banda larga *sem fios*: licenciados pelo Estado, fornecedores de serviços *sem fios* de controlo centralizado, arquitecturas de rede fechadas, estratégias económicas assentes num controlo apertado e na capacidade de gerar grandes quantitativos de capital para assegurar as licenças, construir redes exteriores e subsidiar equipamento terminal. O outro, representa a abordagem alternativa, em que utilizadores e instituições locais fazem investimentos de pequena escala em equipamento de rádio para construir redes locais de baixo para cima, de modo não planeado e organizado colectivamente para trocar tráfego e partilhar recursos de rede comuns. Enquanto decorrem muitos debates teóricos sobre a factualidade de tais alternativas ao modelo de desenvolvimento da rede (Benkler, 2002; Sawhney, 2003; Benjamin, 2003), nós enfrentamos uma abordagem diferente que consiste em examinar as tendências actuais do desenvolvimento dessas redes de baixo para cima, no caso as redes de *Wi-Fi*. Focalizamos a nossa atenção em três tipos de redes locais públicas de *Wi-Fi*, cada uma delas conduzida por diferentes conjuntos de actores e baseadas em diferentes lógicas de desenvolvimento: Cooperativas *wireless*, pequenos fornecedores de acesso à *Internet sem fios*, e governos municipais.

3. Modelos Descentralizados de Desdobramento de Banda Larga *Sem Fios*: revendo as evidências

a. Cooperativas *Wireless*

Alguns dos mais publicitados esforços iniciais para a disponibilização ao público de acesso à *Internet sem fios*, foram liderados pelas denominadas cooperativas *wireless*. Embora as cooperativas *wireless* tenham várias proveniências, são geralmente iniciativas locais lideradas por profissionais altamente qualificados que visam fornecer acesso *sem fios* aos membros da cooperativa, aos seus amigos e ao público em geral (Sandvig, 2003).

Na maior parte das vezes, isto compreende pouco mais do que um conjunto de pontos de acesso *sem fios*, intencionalmente abertos por estes entusiastas do *wireless*, e disponibilizados a todos num determinado raio de alcance, embora existam arquitecturas mais sofisticadas baseadas em ligações *backhaul* construídas entre estes pontos de acesso. Por exemplo, a *Bay Area Wireless User Group* (BAWUG) opera em ligações de longo alcance (2 ou mais milhas¹⁷) ligando conjuntos de pontos de acesso, enquanto que em Champaign-Urbana uma comunidade *wireless* está a construir uma rede *mesh* de 32 nós que irá funcionar como teste para a implementação de novos protocolos de *routing*.

As cooperativas *wireless* perseguem uma variedade de objectivos: Algumas limitam-se a disponibilizar aos seus membros um fórum para troca de informação sobre tecnologias *sem fios*, enquanto outros estão activamente envolvidos na construção de redes *sem fios* para testar as possibilidades das tecnologias *Wi-Fi*, como o grupo Champaign-Urbana referido acima. Embora o número exacto de redes comunitárias seja difícil de precisar (em grande parte porque são, precisamente, pequenas iniciativas comunitárias que não requerem licenças por parte das autoridades centrais), existem, só nos EUA, pelo menos 100 iniciativas documentadas, compreendendo umas com apenas alguns nós e outras com algumas dezenas de nós¹⁸. Curiosamente, muitas destas cooperativas *wireless* operam em algumas das cidades mais ricas dos EUA, como São Francisco, São Diego e Boston. Existem também muitos indivíduos (ou instituições) que se oferecem para abrir o seu ponto de acesso ao público, sem pertencerem necessariamente a uma cooperativa organizada, além de publicitarem o facto em directórios como o nodeDB.com.

Não obstante a publicidade, o conjunto destas redes comunitárias é actualmente pouco significativo em termos das infra-estruturas de acesso. Também não é claro o número de pessoas que efectivamente usufruem delas. Nos casos em que as organizações comunitárias despistam a utilização das suas redes abertas, parecem existir poucos utilizadores¹⁹. Evidências anedóticas indicam que os principais utilizadores são os próprios membros das redes comunitárias (Sandvig, 2003). Contudo, estas redes desempenham um importante papel na emergência ecológica do *Wi-Fi* representam pelo menos um claro desincentivo aos investimentos em operações *hotspots*²⁰ comerciais²¹. Além disso, e à semelhança do caso de rádio-amadores na segunda década do século XX, os entusiastas do modo *wireless* efectuaram melhorias significativas no que se refere ao alcance e funcionalidade das redes *Wi-Fi*, incluindo protocolos *routing* para redes *mesh*, ferramentas de autenticação, testes reais de propagação de sinal e problemas de interferência²².

Surpreendentemente, a coordenação entre os vários grupos de comunidades *wireless* tem sido relativamente limitada, com os diferentes grupos a duplicarem esforços em termos do acesso a aprovisionamento básico na mesma área ou pelo desenvolvimento de protocolos de *software* competitivos. Contudo, existem sinais recentes de aumento da cooperação com objectivos políticos comuns (disponibilidade do espectro não licenciado) bem como cooperação técnica²³. Existem também esforços recentes para ligar pequenas redes locais a fim de partilharem a capacidade de *backhaul* e a troca de tráfego em arquitecturas *mesh* semelhantes. Por exemplo, o projecto *Consume* sediado em Londres, é um esforço colaborante no sentido de avaliar a interoperabilidade entre as redes comunitárias de *Wi-Fi*. O grupo desenvolveu um modelo contratual de cooperação designado *Pico Peering Agreement*, que descreve os direitos e as obrigações dos parceiros (essencialmente, trata-se de uma versão simplificada dos acordos existentes entre os operadores de *Tier 1 backbone*)²⁴.

À semelhança do caso do *open source software*²⁵, os esforços das comunidades *wireless* baseiam-se no espírito voluntarista de mentes semelhantes (e tecnicamente capazes), indivíduos que concordam em fornecer *acesso grátis ou livre-trânsito na sua rede*. Enquanto que contratos simples como o *Pico Peering Agreement* podem revelar-se úteis para *peering* entre pequenas redes comunitárias, podem ser necessários acordos financeiros e legais, mais complexos, para escalonar os actuais remendos dos pontos de acesso das comunidades, numa grelha mais vasta que forneça uma verdadeira ligação alternativa para aqueles que carecem de perícia técnica e para as instituições locais com

necessidades de serviços mais complexos. Mais, enquanto o impacto das iniciativas das comunidades *wireless* procura alcançar o sucesso do movimento *open-source*, experiências com modelos cooperativos para o desdobramento e gestão de WLANs, geram novas possibilidades para o desdobramento de redes a nível local.

b. Governos Municipais

Uma segunda categoria de actores, cada vez mais envolvidos na construção e gestão de redes de banda larga *sem fios*, são os governos municipais. Esta não é certamente a primeira vez na história dos EUA, em que os municípios se envolvem no desenvolvimento de redes de telecomunicações ou de serviços provisionais (ver Gillett, Lehr, e Osorio, 2003). Contudo, os avanços tecnológicos do modo *wireless*, discutidos acima, criaram um ambiente mais atractivo para o envolvimento dos governos locais no fornecimento de serviços de banda larga *sem fios*, nomeadamente, entre as comunidades negligenciadas ou mal servidas pelos operadores tradicionais de banda larga (nomeadamente, os fornecedores de cabo e DSL²⁶). Este ímpeto é especialmente forte entre comunidades onde já existem operadores de serviços públicos (geridos pelos municípios) — por exemplo, entre comunidades com Serviços Municipais Eléctricos — para os recursos existentes (como camiões, serviços de atendimento e serviços de facturação), pois diminuem significativamente os custos da entrada do município nos serviços de banda larga *sem fios*. Ao prosseguir estes objectivos, os governos municipais possuem uma vantagem considerável relativamente às entidades comerciais ou grupos comunitários: Controlam localizações-base de antena, na forma de postes de luz ou semáforos, todos eles produzindo energia eléctrica que pode servir para alimentar os pontos de acesso.

O número de cidades a desenvolver redes de banda larga *sem fios* tem crescido rapidamente nos últimos anos. De acordo com estimativas, em Junho de 2004 existiam mais de 80 redes *Wi-Fi* municipais nos EUA e na UE, e outras tantas em fase de planeamento em grandes cidades como Los Angeles e Filadélfia²⁷. A escala, a arquitectura e os modelos de negócio destas redes municipais variam grandemente. Alguns municípios constroem apenas as designadas «*hot zones*» (que são essencialmente pequenos conjuntos de pontos de acesso público) nos centros das cidades, zonas comerciais e parques públicos. Com o fornecimento de acesso grátis a *Wi-Fi*, estas cidades esperam atrair negócios para essas zonas, bem como impulsionar o tráfego de clientes ou atrair organizadores de conferências para os seus centros de convenções ao facilitar o acesso dos conferencistas à rede. Estes foram, por exemplo, os objectivos explícitos do lançamento de acesso grátis *Wi-Fi* nas zonas centro, aeroporto e centros de convenções da cidade de Long Beach, CA²⁸.

Um modelo mais ambicioso envolve pequenos municípios que procuram desenvolver redes de banda larga *sem fios* para todas as cidades, de modo a servir edifícios governamentais, trabalhadores da autarquia com grande mobilidade, serviços de segurança e protecção civil. Este é, por exemplo, o caso de Cerritos, CA, uma pequena comunidade do sul da Califórnia que não possui banda larga via cabo e que dispõe de serviços DSL limitados. Esta cidade criou parcerias com o fornecedor de acesso *Air-mesh* no sentido de oferecer acesso aos trabalhadores da autarquia (em particular trabalhadores com grande mobilidade, como pessoal da manutenção, fiscalizadores de tráfego e inspectores de obras), ao mesmo tempo que permitia que a empresa vendesse serviços de banda larga aos residentes e comerciantes de Cerritos. Parcerias simi-

lares entre o sector público e privado, estão a surgir em algumas cidades norte-americanas, de pequena e média dimensão como Lafayette, L. A., Grand Haven, M. I., Charleston, N. C., entre outras²⁹.

Um número significativo destas redes municipais utiliza a arquitectura *mesh*: em vez de ligar cada estação de recepção de *Wi-Fi* a uma rede *com fios*, como no caso dos pontos de acesso residenciais ou dos *hotspots* comerciais, os dispositivos distribuem o tráfego entre si, sendo que apenas alguns deles dispõem de ligação à Internet *com fios*. Eles são programados para detectar dispositivos nas proximidades e ajustar espontaneamente o seu percurso quando se acrescentam novos dispositivos, ou a procurar percursos alternativos quando esses falham. Os municípios possuem uma vantagem inerente ao aderir à arquitectura *mesh* dado que, como referimos, controlam as principais localizações das antenas, como postes eléctricos, semáforos ou equipamento urbano dispersos por toda a cidade e equipado com fontes de energia. Um bom exemplo é Chaska, M. N., uma cidade com menos de 20 000 habitantes onde o governo municipal construiu 16 milhas quadradas³⁰ de rede *mesh* que opera o serviço com base nos pontos eléctricos de utilidade municipal.

As redes *sem fios* municipais geraram pouca controvérsia enquanto se confinaram a pequenas cidades ou comunidades que não eram servidas pelos grandes operadores de banda larga, ou enquanto estas iniciativas visavam suprir necessidades dos trabalhadores das autarquias. Contudo, assim que os grandes municípios anunciaram os seus planos para a construção de redes nas áreas metropolitanas (MANs) que cobriam vastas zonas geográficas, rebentou o debate sobre o papel dos governos locais no fornecimento de redes de banda larga *sem fios*, e os operadores locais recorreram à legislação para impedir a realização dos projectos *Wi-Fi* municipais. A hipótese teórica a favor do fornecimento de redes de banda larga *sem fios*, pelos governos locais, assenta em três pressuposições fundamentais: primeiro, que o acesso à banda larga faz parte da infra-estrutura de base para o desenvolvimento económico e social das comunidades; segundo, que por variadíssimas razões as forças de mercado não podem preencher adequadamente a procura da comunidade no que respeita ao acesso a banda larga (por exemplo, porque estrangulamentos externos impedem os operadores privados de alcançar totalmente os benefícios decorrentes da difusão do acesso a banda larga); terceiro, que nestas circunstâncias os governos locais podem criar redes *sem fios* e fornecer serviços (directamente ou com acordos de *franchise*) mais eficientemente que as empresas privadas (Lehr, Sirbu, e Gillett, 2004).

Enquanto que a primeira pressuposição parece plausível, as outras duas dependem de um determinado número de circunstâncias específicas que impedem generalizações abusivas (como as promovidas por ambos os lados do debate). Nas comunidades mal servidas pelos operadores de banda larga, torna-se claro que existe um papel a desempenhar por parte dos governos locais na disponibilização de banda larga a preços competitivos. Particularmente no caso de já existirem outros serviços municipais de utilidade pública, de modo a que as economias de escala se possam realizar no fornecimento de um pacote de serviços governamentais (electricidade, água, banda larga). À primeira vista, o argumento da falha do mercado é menos convincente em zonas onde existe um mercado de banda larga competitivo, embora mesmo nestes casos se possa discutir a existência de um papel governamental limitado no fornecimento de banda larga *sem fios* (por exemplo, ao fazer correr *fiber backhaul*, em aplicações especializadas para operações governamentais ou em associação com projectos de desenvolvimento económico). Finalmente, é necessário um melhor entendimento dos custos e benefícios

potenciais das iniciativas *wireless* municipais, para permitir chegar a conclusões sobre o papel adequado aos governos locais no que respeita ao ambiente de banda larga *sem fios*.

c. Fornecedores de Acesso à Internet de Modo *Wireless*

Uma terceira categoria de novos actores com vantagem na propriedade das novas tecnologias WLAN são os *Wireless Internet Service Providers* (WISPs.) Trata-se de novas empresas lucrativas que fornecem acesso a serviços Internet a clientes comerciais e residenciais através de redes *wireless*, que incluem acesso à Internet, alojamento de *sites* e em alguns casos um conjunto mais alargado de serviços como redes virtuais privadas e redes de voz por IP. Nos últimos dois anos, a FCC³¹ demonstrou um interesse particular pelos WISPs, vendo-os como modos de levar o acesso de banda larga às zonas rurais. Este apoio regulador tem sido reforçado pelos programas de fundos para o desenvolvimento rural, como o da comunidade USDA's, *Connect Grant Program* com o objectivo de disponibilizar «serviços básicos de utilidade pública para as comunidades em localidades rurais onde não existem serviços de banda larga»³². Em Novembro de 2003, a FCC assegurou um *Rural Wireless ISP Showcase and Workshop* para «facilitar a disseminação de informação sobre os WISPs rurais enquanto solução fundamental para o serviço rural de banda larga»³³. Em Maio de 2004, o representante da FCC, Michael Powell, anunciou a criação de uma *Wireless Broadband Access Task Force*, para recomendar políticas de encorajamento para o crescimento das indústrias WISP.

Nos Estados Unidos, os WISPs estão presentes numa grande diversidade de comunidades, desde grandes cidades (como a *Sympel, Inc* em São Francisco ou a *Brick Network* em St. Louis), até pequenas cidades rurais (como a *InvisiMax* em Hallock, M. N.). Porém, o seu impacto parece ser mais significativo nas pequenas cidades ou no meio rural, onde são frequentemente a única solução para o acesso a banda larga. Embora exista um grande entusiasmo em torno deste novo segmento da indústria dos ISPs, existe pouca informação disponível³⁴. Diferentes fontes citam dados divergentes sobre o número de fornecedores de WISP. Em Setembro de 2003, os analistas do *In-Stat/MDR* estimavam a existência de «entre 1500 e 1800 WISPs» nos Estados Unidos³⁵. Durante o *Wireless Broadband Forum* realizado em Maio de 2004 pela FCC, Margaret LaBrecque, representante do *WiMax Forum Regulatory Task Force* defendeu a existência de «2500 *wireless* ISPs nos Estados Unidos servindo mais de 6000 mercados»³⁶. No mesmo encontro, Michael Anderson, representante do *part-15.org*, uma associação industrial pelo licenciamento grátis do espectro dos utilizadores, afirmou existirem cerca de «8000 WISPs com isenção de licença a disponibilizar serviços nos Estados Unidos»³⁷, na sua maioria a servirem zonas rurais. A FCC, proprietária da *Wireless Broadband Access Task Force*, coloca as cifras «entre 4000 e 8000»³⁸. Estes números não só não são precisos como também parecem exagerados. Considerando que existem cerca de 36 000 municípios em cidades norte-americanas, das quais uma larga maioria são pequenas cidades (29 348, ou 82%, têm menos de 5000 habitantes; 25 369, ou 71%, têm menos de 2500 habitantes)³⁹, e tomando em consideração que existem vários WISPs que servem mais do que uma comunidade (Quadro 16.1), a cobertura fornecida por esta nova geração de fornecedores de acesso nas pequenas comunidades rurais é notavelmente extensa.

A pequena escala destes operadores é ilustrada na Tabela número 1. Embora os grandes WISPs sirvam pouco menos de 10 000 subscritores, na sua maioria são operações *mom-and-pop* que servem apenas cerca de 100 clientes cada⁴⁰. Isto é indicativo

de uma estrutura industrial extremamente fragmentada, em grande parte resultante de custos muito baixos: com um investimento inicial de cerca de 10 000 dólares em equipamento. Um pequeno empresário pode criar um sistema capaz de servir 100 clientes, com retorno financeiro em cerca de 12 a 24 meses⁴¹. Com efeito, muitos WISP foram criados por clientes frustrados e cansados com as dificuldades em obter, nas suas pequenas comunidades, ligações de alta velocidade a preços acessíveis, e que decidiram enfrentar os custos de uma ligação T1, e distribuir os custos através da revenda, da capacidade em excesso, aos seus vizinhos através de *wireless links*⁴². Porém, um problema comum é a disponibilidade de linhas T1 (ou comparáveis) para *back-hauling traffic*. Ao contrário dos ISPs urbanos, muitos WISPs têm que pagar taxas adicionais referentes a *long-haul* para se ligarem a POPs Internet localizados nas grandes cidades, o que aumenta significativamente os custos.

Quadro 16.1 «Top 10» Fornecedores de Acesso a Internet de modo *Wireless* (WISP)

<i>Sede</i>	<i>Wireless ISP</i>	<i>Subscritores</i>	<i>Comunidades Servidas</i>
Omaha, NE	SpeedNet Services, Inc.	7,000	235
Prescott Valley, AZ	CommSpeed	4,579	—
W. Des Moines, IA	Prairie iNet	4,001	120
Amarillo, TX	AMA TechTel Communications	4,000	—
Erie, CO	Mesa Networks	3,000	—
Moscow, ID	FirstStep Internet	2,709	16
Lubbock, TX	Blue Moon Solutions	2,000	—
Owensboro, KY	Owensboro Municipal Utilities	1,550	—
Orem, UT	Digis Networks	1,516	—
Evergreen, CO	wisperTEL	1,000	31

Fonte: *Broadband Wireless Magazine* (em <http://www.bbwxchange.com/top10wisps.asp>, as of 2/23/05) e dados das empresas.

O sector do WISP é uma indústria jovem, em que a maioria dos operadores entraram no mercado nos últimos três anos. A disponibilidade de financiamento público e privado, associada ao lento desenrolar de banda larga por parte dos suportes tradicionais, na maioria das pequenas comunidades rurais, tem sustentado o notável crescimento daquele segmento. No momento, parece haver uma procura significativa, por parte dos clientes, e um amplo apoio político para sustentar as actuais taxas de crescimento. Contudo, pelo menos dois factores chamam a atenção. O primeiro é a entrada em funcionamento dos fornecedores tradicionais de banda larga *com fios*, como os operadores do cabo e telecomunicações que, em vários casos, entraram nas zonas rurais para desafiar WISPs com ofertas a baixos preços. O segundo é a sustentabilidade a longo prazo destas operações em pequena escala que, normalmente, dependem de um número relativamente escasso de clientes. Nos primeiros dias do telefone, esforços de enraizamento foram fundamentais para estender as telecomunicações à América rural. No entanto, após uma onda de consolidação no início do século XX, apenas alguns permaneceram independentes (Fischer, 1992). Embora as novas tecnologias WLAN

tenham igualmente impulsionado uma nova geração de pequenos empresários de telecomunicações, permanece em aberto a avaliação da sustentabilidade destas redes a longo prazo.

4. Conclusão

David (2002) descreve exemplarmente a Internet como um legado fortuito de um modesto programa de I&D que mais tarde foi adaptado e modificado por diversos actores políticos e económicos para realizar funções nunca pensadas pelos seus pioneiros. O *Wi-Fi* também surgiu de uma modesta experiência no âmbito da gestão, lançada em 1985 pela FCC e que, inesperadamente, resultou na proliferação de redes *sem fios* locais em casas, escritórios e espaços públicos. Assim como a Internet veio desafiar as redes de telecomunicações tradicionais, com esta nova arquitectura vem também uma nova distribuição de controlo sobre as redes *sem fios*. Contudo, novas e rápidas tecnologias *sem fios* evoluem. Será um processo evolutivo com várias partes interessadas, não apenas produtores de equipamento e suportes existentes, mas também governos locais, novos fornecedores e utilizadores finais, que irão interagir para moldar a tecnologia de diferentes modos. Embora algumas batalhas venham a ser conduzidas pelo mercado, outras terão lugar nos tribunais, em agências reguladoras e em organizações que estabelecem padrões de procedimento. Tendo superado o seu propósito inicial enquanto apêndice da infra-estrutura *com fios*, as redes de *Wi-Fi* encontram-se agora num ponto crítico: incorporam possibilidades técnicas de carácter potencialmente disruptivo, e no entanto, é na esfera social e das interações económicas e políticas que o seu futuro está a ser traçado.

Com dezenas de milhar de unidades vendidas em poucos anos, existe agora uma massa crítica de rádios *Wi-Fi*. Todos os sinais apontam para a continuação desta tendência nos próximos anos: os dispositivos *Wi-Fi* estão a ficar muito baratos e encaixados num vasto conjunto de dispositivos finais, desde telemóveis a televisões, acessórios e automóveis. Quando a densidade atingir um determinado limiar, a arquitectura tradicional de desdobramento e os modelos de controlo precisarão de ser revistos, porque é provável que o sistema alcance a sua capacidade máxima à medida que muitos dispositivos vão competindo por recursos escassos como frequências e *backhaul links*. Isto conduzirá inevitavelmente a debates reguladores sobre a reforma do actual edifício legal para as comunicações *sem fios*, em grande parte baseadas no modelo de difusão a partir de alguns transmissores de alta tensão ligados a numerosos dispositivos de baixa tensão com inteligência limitada. O debate continuado sobre o não licenciamento *versus* modelos de direitos de propriedade, no espectro da gestão, ilustra bem este ponto.

Uma das questões centrais para a evolução das WLANs é a de saber como é que o vasto e rápido crescimento do número de dispositivos de rádio poderá ser coordenado para lançar um verdadeiro desafio às redes existentes. Nós pensamos que nos aproximamos rapidamente de um ponto em que isto pode acontecer, devido a dois desenvolvimentos relacionados. O primeiro, são as dinâmicas de baixo para cima associadas ao desenvolvimento do *Wi-Fi* discutidas neste *paper*. À medida que residentes, grupos comunitários, pequenos empresários e instituições locais constroem as suas próprias redes, aumentarão os incentivos para a partilha de recursos, como alcançar acordos sobre *roaming* ou *peering* e idealizar-se-ão novos mecanismos cooperativos para gerir infra-estruturas *sem fios* descentralizadas, como as redes públicas.

A possibilidade de fazer apenas isto está ligada ao segundo desenvolvimento, a recente emergência dos protocolos *open-source mesh* que podem juntar dispositivos *Wi-Fi* vizinhos numa única rede. Neste momento, a tecnologia *mesh* tem sido trabalhada para dispositivos de redes centralmente desenvolvidas, e muito do trabalho técnico para tornar as redes *mesh ad hoc* uma realidade, ainda permanece por fazer. Não obstante, tal como acontece com outras tecnologias, as experiências realizadas pelos utilizadores e empresas de I&D irão resultar eventualmente em soluções práticas. Porém o maior desafio, será criar novos acordos organizacionais para gerir a *wireless grid*. Como se disse, devido a ter sido concebida sob pressuposições desenhadas para a primeira geração de tecnologias *sem fios*, o actual regime regulador limita o crescimento e retrai as experiências para o desdobramento, de baixo para cima, das tecnologias WLAN. Revisitar estas pressuposições é um passo fundamental para permitir o florescimento destas entusiasmantes novas formas de construção de redes.

Notas

¹ Redes com fios, *wired* no texto original. (N. T.)

² Um IP é um endereço numérico de um computador ligado à Internet. O IP, ou Internet Protocol, é o protocolo da Internet que identifica, localiza e estabelece ligação entre computadores ligados à Internet. (N. T.)

³ WLAN (*Wireless Local Area Network* — Redes Locais Sem Fios) é uma nova tecnologia de redes de computadores, com as mesmas funcionalidades das redes de computadores com fios. Por meio da utilização de rádio ou infravermelhos as WLANs estabelecem comunicação entre os computadores e dispositivos da rede, ou seja, não usam fios ou cabos. Os dados são transmitidos através de ondas electromagnéticas e podem existir várias conexões num mesmo ambiente sem que uma interfira com a outra. (N. T.)

⁴ *Wi-Fi* é a abreviatura de «*wireless fidelity*» e pode ser traduzido como «fidelidade sem fios» muito utilizada para promover o acesso, em banda larga, à Internet, em locais públicos, de maneira rápida, fácil e sem a necessidade de cabos. A expressão *Wi-Fi* foi criada para se referir a produtos e serviços que respeitam o conjunto de normas 802.11 criado pelo IEEE. (N. T.)

⁵ (LAN) A *local-area network*. (N. T.)

⁶ *Mesh Networks* (redes em malha) — redes em que cada nó e cada ponto de acesso podem

comunicar entre si, sem a necessidade de encaminhar o tráfego pela central do operador. (N. T.)

⁷ Electrical and Electronic Engineers. (N. T.)

⁸ *Personal Digital Assistants* (PDAs), ou Assistente Pessoal Digital, é um computador de dimensões reduzidas, dotado de grande capacidade computacional, cumprindo as funções de agenda e sistema informático de escritório elementar, com possibilidade de ligação com um computador pessoal e uma rede informática sem fios — *wi-fi* — para acesso a *correio electrónico* e Internet. (N. T.)

⁹ Ver Douglas (1987).

¹⁰ Actualmente, o *Wi-Fi* apresenta-se de três formas: 802.11b, que opera na frequência 2,4 GHz e oferece uma velocidade até 11Mb/s; 802.11a, que opera na frequência 5 GHz e oferece uma velocidade até 54Mb/s; mais recentemente, 802.11g, compatível com 802.11b mas que oferece uma velocidade até 54Mb/s. Continua a trabalhar-se em novas variantes que tendem a melhorar o alcance, a segurança e a funcionalidade do *Wi-Fi*, como 802.11e (*quality of Service*), 802.11r (*roaming*), e 802.11s (*meshing*).

¹¹ Actualmente, o desenvolvimento do HomeRF tem sido abandonado, e enquanto que a nova geração de HiperLAN *standards* (HiperLAN2) alcançou o seu momento, na UE, como resultado do ETSI (European Telecommunications Standards Institute) regras relacionadas com a utilização não licenciada da banda 5 GHz que

atrasou o lançamento dos produtos 802.11 no mercado europeu, os analistas concordam que este concorrente do *Wi-Fi* vai, na melhor das hipóteses, preencher um pequeno nicho do mercado empresarial.

¹² Comunicação da Devabhaktuni Srikrishna, CTO, Tropos Networks (Dezembro, 2004). Disponível em www.arnic.info.

¹³ A *Wi-Fi Alliance* foi formada em 1999 para certificar a interoperabilidade de vários produtos WLAN baseados nas especificações IEEE 802.11. Desde o início do programa de certificação em 2000, o grupo já certificou mais de 1000 produtos.

¹⁴ ABI Research, 2003, *Automotive Wireless Networks Opportunities for Wi-Fi, Bluetooth, RFID, Satellite and Other Emerging Wireless Technologies* (<http://www.abiresearch.com/reports/AWN.html>).

¹⁵ Cerca de 30,4800 metros. (N. T.)

¹⁶ Existem vários precedentes históricos relativos à substituição de velhas tecnologias por novas tecnologias, consideradas complementares ou sustentáculos de sistemas estabelecidos. Vale a pena lembrar que os caminhos-de-ferro chegaram a ser considerados apêndices do sistema de canais, que o telefone foi considerado como sustentáculo da rede de telégrafo, e que os sistemas eléctricos de corrente directa (CD) e corrente alternativa (CA) foram considerados complementares (Nye, 1990; Fisher, 1992; Sawhney, 2003).

¹⁷ Cerca de 3218,69 metros. (N. T.)

¹⁸ Para obter uma lista similar ver <http://wiki.personaltelco.net/index.cgi/WirelessCommunities>.

¹⁹ Ver por exemplo as estatísticas de uso da *Seattle-wireless* em <http://stats.seattlewireless.net>.

²⁰ Um *hotspot* é um ponto de acesso sem fios onde os utilizadores se podem ligar a redes ou à Internet normalmente mediante pagamento. (N. T.)

²¹ Verizon cita a disponibilização de acesso *wireless* grátis, em várias áreas de Manhattan, como motivo por que decidiu oferecer acesso grátis a *Wi-Fi* aos seus clientes de DSL.

²² É interessante verificar que o notável Pringles «cassandra» utilizado por muitos dos entusiastas do *Wi-Fi*, tem um precedente na história da rádio, uma vez que, os rádio-amadores utilizavam frequentemente contentores Quaker Oats para construir sintonizadores de rádio.

²³ É digno de nota que a sessão inaugural do *National Summit for Community Wireless Networks* se realizou em Agosto 2004.

²⁴ Disponível em www.picopeer.net.

²⁵ *Software Livre*. (N. T.)

²⁶ DSL (Digital Subscriber Line) é uma tecnologia que aumenta espectacularmente a capacidade das linhas telefónicas destinadas a particulares ou empresas. (N. T.)

²⁷ *Muniwireless.com*, Relatório do Primeiro Aniversário, (Junho, 2004). Disponível em www.muniwireless.com.

²⁸ Entrevistas com Chris Dalton, do Economic Development Office da cidade de Long Beach, 6 de Fevereiro, 2004 (ver também John Markoff, «More Cities Set Up Wireless Networks», *New York Times*, 6 de Janeiro, 2003). Também é digno de nota que, durante a nossa visita ao centro de Long Beach, detectámos vários pontos de acesso privados, abertos à utilização pública.

²⁹ Para descrições destes projectos *wireless* municipais nos Estados Unidos e noutras zonas, ver <http://www.muniwireless.com>.

³⁰ Cerca de 25 749,5 metros quadrados. (N. T.)

³¹ A *Federal Communications Commission* (FCC) é uma agência governamental norte-americana independente, que responde perante o Congresso. (N. T.)

³² Ver <http://www.usda.gov/rus/telecom/commconnect.htm>.

³³ Ver <http://www.fcc.gov/osp/rural-wisp/>.

³⁴ Os autores agradecem a preciosa ajuda na pesquisa por parte do Namkee Park, USC, no sentido de despistar alguma da informação disponível.

³⁵ Citado em Bob Brewin, «Feature: Wireless nets go regional», *CIO*, 14 de Setembro de 2003.

³⁶ Transcrição do FCC Wireless Broadband Forum (5/19/2004), p. 63. Disponível em: http://wireless.fcc.gov/outreach/2004broadbandforum/comments/transcript_051904.doc.

³⁷ *Ibid.*, p. 89.

³⁸ «Connected on the Go: Broadband Goes Wireless», Relatório da Wireless Broadband Access Task Force, FCC, Fevereiro de 2005, p. 5.

³⁹ *2002 Census of Governments*, em <http://www.census.gov/govs/www/cog2002.html>.

⁴⁰ Stephen Lawson, «Wi-Fi brings broadband to rural Washington», *Network World Fusion*, 08/23/04.

⁴¹ Ver por exemplo «How Much Does a WISP Cost?», Broadband Wireless Exchange Magazine, em <http://www.bbwxchange.com/turnkey/pricing.asp>.

⁴² Tal como o representante da *Part-15.org* (e CIO da WISP PDQLink) Michael Anderson relembra, «Eu penso que a maioria dos WISPs, os isentos de licenças, os pequenos, com menos de 10 empregados, a 100 milhas de qualquer área metropolitana, esses sujeitos, na maior parte

das vezes, iniciaram os seus negócios devido à frustração de não disporem de acesso a banda larga nas suas zonas, o que os tornava ou suburbanos ou rurais. Penso que em '98, '97, quando comecei, senti as mesmas frustrações. Pagava 1700 dólares por mês por um T-1 no escritório, e em minha casa, a quarto quarteirões de distância, o mais que podia esperar era uma ligação de 288 kb/s». Transcrição do FCC Wireless Broadband Forum (5/19/2004), p. 117.

Referências Bibliográficas

- AGARWAL, A., NORMAN, D., e GUPTA, A. (2004), *Wireless grids: Approaches, architectures, and technical challenges*. MIT Sloan School of Management Working Paper 4459-04.
- BAR, F., e GALPERIN, H. (2004), *Building the wireless Internet infrastructure: From cordless Ethernet archipelagos to wireless grids*. *Communications and Strategies* 54(2): 45-68.
- BAR, F., e RIIS, A. (2000), *Tapping user-driven innovation: A new rationale for universal service*. *The Information Society* 16:1-10.
- BENJAMIN, S. (2003), *Spectrum abundance and the choice between private and public control*. *New York University Law Review* 78: 2007-2102.
- BEST, M. (2003), *The wireless revolution and universal access*. In *Trends in Telecommunications Reform*. Geneva: ITU.
- BENKLER, Y. (2002), *Some economics of wireless networks*. *Harvard Journal of Law and Technology* 16(1): 25-83.
- COWHEY, P., ARONSON, J., and RICHARDS, J. (2003), *The peculiar evolution of 3G wireless networks: Institutional logic, politics, and property rights*. In E. Wilson and W. Drake (eds.), *Governing global electronic networks*. Cambridge, MA: MIT Press.
- DAVID, P. (2002), *The evolving accidental information super-highway*. *Oxford Review of Economic Policy* 17(2): 159-187.
- DOUGLAS, S. (1987), *Inventing American broadcasting, 1899-1922*. Baltimore: John Hopkins Press.
- FISCHER, C. (1992), *America calling: A social history of the telephone to 1940*. Berkeley: University of California Press.
- GALPERIN, H. (forthcoming), *Wireless networks and rural development: Opportunities for Latin America*. *Information Technologies and International Development*.
- GILLETT, S., LEHR, W., e OSORIO, C. (2003), *Local broadband initiatives*. Presented at the Telecommunications Policy Research Conference, Alexandria, VA, October, 21.
- LEHR, W., e MCKNIGHT, L. (2003), *Wireless internet access: 3G vs. WiFi? Telecommunications Policy* 27(5-6): 351-370.
- LEHR, W., SIRBU, M., e GILLETT, S. (2004). *Municipal wireless broadband: Policy and business implications of emerging access technologies*. Available at http://itc.mit.edu/itel/docs/2004/wlehr_munibb_doc.pdf.
- NYE, D. (1990), *Electrifying America: Social meanings of a new technology*. Cambridge: MIT Press.
- SANDVIG, C. (2003), *Assessing cooperative action in 802.11 networks*. Presented to the 31st Telecommunication Policy Research Conference, Washington D.C.
- SAWHNEY, H. (2003), *Wi-Fi networks and the rerun of the cycle*. *Info* 5(6): 25-33.