

3

Origens e desenvolvimento da ubiquidade computacional

3.1

Conceituando a ubiquidade computacional

Em 1945, o engenheiro e pesquisador Vannevar Bush descreveu em seu artigo *As We May Think*, algumas atividades corriqueiras que pessoas comuns poderiam realizar com facilidade se tivessem acesso a um avançado equipamento apelidado de memex à sua disposição:

O advogado tem ao toque de seus dedos as opiniões e decisões de toda a sua experiência e da experiência de seus amigos e autoridades. Um funcionário de um escritório de patentes tem acesso a milhões de patentes com trilhas para todos os pontos de interesse de seus clientes. O médico, confuso com as reações de um paciente, segue as trilhas estabelecidas no estudo de um caso semelhante e pesquisa rapidamente histórias de casos análogos, com referências aos clássicos sobre a anatomia e a histologia pertinentes. O químico, lutando com a síntese de um composto orgânico, tem toda a literatura química à sua disposição em seu laboratório, com trilhas seguindo as analogias de compostos e seus comportamentos físicos e químicos. (Bush, 1945)

As limitações técnicas da época impediram que o memex se tornasse realidade e ele limitou-se a ser apenas uma máquina conceitual. Com o passar das décadas, a visão de Bush materializou-se mas, para isso, foi preciso percorrer um longo caminho entre a teoria e as primeiras experiências práticas.

Bush foi um dos pioneiros a pensar no uso de computadores para criar relações entre informações diversas. Com base em suas teorias, outros pesquisadores começaram a imaginar um futuro onde homens e computadores trabalhariam juntos de forma simbiótica.

Joseph Licklider acreditava que a simbiose homem-computador era um desenvolvimento natural da relação entre os operadores e seus computadores eletrônicos. Segundo Licklider, os principais objetivos desta simbiose seriam:

[...] 1) deixar os computadores facilitar o pensamento formulativo da mesma forma que eles facilitam a solução dos problemas formulados e 2) permitir que homens e computadores cooperem na tomada de decisões e no controle de situações complexas sem a inflexível dependência de programas predeterminados. Na parceria simbiótica antecipada, os homens definirão os objetivos, formularão as hipóteses, determinarão os critérios e realizarão as avaliações. As máquinas computacionais realizarão o trabalho rotineiro necessário para preparar o caminho para as decisões do pensamento técnico e científico. Análises preliminares indicam que a parceria simbiótica realizará operações intelectuais de forma muito mais eficiente do que o homem sozinho é capaz de realizar. (Licklider, 1960)

Hoje, estamos acostumados a usar os computadores em várias de nossas atividades diárias. Seu uso é tão constante que muitas vezes nem percebemos o quanto nos tornamos dependentes dessas máquinas. Com o processo de miniaturização e redução dos custos de produção, os computadores tornaram-se portáteis e acessíveis, e hoje estão incorporados em uma grande gama de dispositivos. As redes digitais sem fio espalham-se por todo o planeta em uma velocidade cada vez maior, pavimentando o caminho por onde uma quantidade de dados exorbitante trafega em um ritmo frenético. Vivemos, cada vez mais, em uma verdadeira simbiose com a tecnologia.

Os dispositivos portáteis com grande poder de processamento são a porta de entrada para um universo de informações compartilhadas. Cada cidadão conectado, além de consumidor, é um produtor de conteúdo em potencial capaz de contribuir ativamente na vida em sociedade, gerando comunidades capazes de discutir e trabalhar em colaboração na solução de problemas.

Entretanto, para que os dados gerados pelas comunidades possam ser verdadeiramente úteis, sua apresentação não pode ser extremamente complexa. Para contornar a sobrecarga de informação, o uso de tecnologias que não requerem o foco de nossa atenção surge como facilitador ao acesso à informação. O pesquisador Mark Weiser, criador dos termos “tecnologia calma” e “computação ubíqua”, descreve como o conceito funciona:

Projetos que acalmam e informam encontram duas necessidades humanas que raramente combinam. A tecnologia da informação costuma ser inimiga da calma. Pagers, celulares, serviços de notícias, a World Wide Web, email, TV e o rádio nos bombardeiam freneticamente. Podemos realmente olhar para a própria tecnologia em busca de uma solução? [...] Algumas tecnologias nos levam à calma e ao conforto. Não há menos tecnologia envolvida em um confortável par de sapatos, em uma boa caneta ou na entrega do New York Times em uma manhã de domingo do que em um computador doméstico. Por que um é mais irritante e os outros frequentemente nos acalmam? Acreditamos que a diferença está no modo como eles despertam nossa atenção. A tecnologia calma trabalha tanto com o centro quanto com a periferia de nossa atenção e, de fato, se move entre as duas posições. (Weiser, 1996)

É interessante notar como alguns dispositivos são mais bem recebidos do que outros pelas pessoas. Enquanto os computadores até hoje são vistos como máquinas complexas, os telefones celulares não são percebidos da mesma forma. Devido à sua semelhança com o telefone fixo, dispositivo amplamente presente na vida cotidiana, o celular espalhou-se rapidamente pela sociedade. Com o avanço do poder de processamento e das novas redes móveis, os celulares evoluíram rapidamente, assumindo funções antes só passíveis de serem realizadas por máquinas maiores.

O computador pessoal, desse modo, não é mais o único meio de acesso aos dados digitais. Há décadas, pesquisadores exploram novas possibilidades de interação com dispositivos mais eficientes no consumo de informação em diversas atividades. Em 1972, o pesquisador Alan Kay (na época trabalhando no

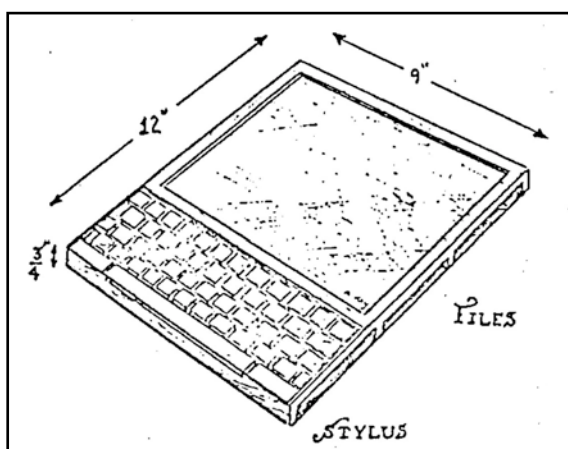


Figura 1: Ilustração do Dynabook, conceito criado por Alan Kay para um dispositivo portátil para uso educacional.

desenvolvimento de sistemas de informação baseados em interface gráfica no Xerox PARC), conceituou o Dynabook, dispositivo portátil para uso em atividades de ensino para crianças. No artigo *A Personal Computer for Children of All Ages* (Um Computador Pessoal para Crianças de Todas as Idades), Kay prevê não apenas um

equipamento similar aos que usamos hoje, um híbrido entre notebook e tablet, mas também toda uma gama de serviços dependentes de uma rede global de informação que poderia suprir seus usuários com uma quantidade praticamente ilimitada de informação:

O tamanho não deve ser maior do que o de um caderno, o peso não deve exceder 4 libras [1,8 kg] e a tela deve ser capaz de exibir pelo menos 4.000 caracteres com qualidade de impressão e com níveis de contraste próximos aos de um livro. Gráficos dinâmicos de qualidade aceitável devem ser possíveis; deve haver suporte a sistemas removíveis de armazenamento para pelo menos 1 milhão de caracteres (aproximadamente 500 páginas de um livro convencional) em conjunto com diversas horas de arquivos de áudio (voz e música). [...] A combinação deste dispositivo portátil e um sistema global de informação como a rede ARPA [precursora da Internet] ou um sistema bidirecional de TV a cabo, levará as bibliotecas e escolas (sem falar em lojas e quadros de avisos) do mundo todo para dentro das casas. Podemos até imaginar que um dos primeiros programas que o dono do equipamento escreverá será um filtro para eliminar a publicidade! (Alan Kay, 1972)

Atualmente, depois dos computadores portáteis e dos assistentes digitais pessoais (PDAs) que fizeram sucesso nas décadas de 1980 e 1990, os celulares e smartphones assumem uma posição de destaque na era da ubiquidade computacional. Segundo Eric Schmidt, presidente do Google, “a Internet ficou pequena perto dos telefones móveis. Grande parte dos acessos à web, no futuro, vai acontecer por esses dispositivos.” (Eric Schmidt, 2007).

Os telefones celulares foram bem recebidos pela população graças à facilidade de uso dos primeiros modelos. Entretanto, com o acúmulo de novas funções e o acesso ao número crescente de serviços digitais, as interfaces inicialmente simples assumiram níveis de complexidade cada vez maiores. É preciso, portanto, considerar os problemas atuais de usabilidade. “Em um mundo ideal, os computadores irão se fundir ao ambiente, eles informarão sem sobrecarregar o usuário com a informação e só se farão perceber quando você precisar deles” (Tugui, 2004). Entretanto, para chegarmos a este ideal, é preciso buscar soluções de visualização, manipulação, armazenamento e transmissão de dados otimizadas, capazes de aproveitar ao máximo as tecnologias de transmissão sem fio. Existem, hoje em dia, vários projetos que visam tornar mais eficiente a

visualização de grandes quantidades de dados. Apesar de possuírem aplicações bastante específicas, alguns destes projetos nos permitem observar interessantes soluções conceituais para otimizar o uso das redes de dados digitais.

Um desses projetos, com grande repercussão internacional, é o *Visible Human Project* (Projeto Humano Visível). Desenvolvido pela Biblioteca Nacional de Medicina Norte Americana, esta pesquisa visa a montagem de um banco de imagens completo de todos os sistemas internos do corpo humano masculino e feminino. O projeto prevê o desenvolvimento de uma interface específica para a visualização da grande quantidade de dados coletados, além de uma ligação com outras formas simbólicas de conhecimento, como a nomenclatura das partes do corpo, para oferecer um eficiente sistema de busca e recuperação de dados.

O Laboratório de Interação Homem-Computador da Universidade de Maryland (Human-Computer Interaction Laboratory, ou HCIL), nos Estados Unidos, está explorando metáforas visuais para facilitar a pesquisa no extenso banco de dados gerado pelo projeto. Os primeiros protótipos sugerem novas técnicas para a rápida exploração de dados volumétricos para auxiliar na pesquisa por conceitos médicos e termos anatômicos. O ponto forte desta pesquisa está na forma de manipular e transmitir uma quantidade maciça de informação através de sistemas convencionais de comunicação digital.

Chris North, Ben Shneiderman e Catherine Plaisente, do Departamento de Ciência da Computação do HCIL, no texto *User Controlled Overviews of an Image Library: A Case Study of the Visible Human* (Visão Geral de uma Biblioteca de Imagens Controlada pelo Usuário: Um Estudo de Caso do Humano Visível) (Proceedings of the first ACM international conference on Digital libraries. Bethesda, Maryland: ACM Press, 1996) ilustram bem o problema:

Não importa se um usuário deseja simplesmente navegar pela biblioteca ou recuperar imagens para algum uso específico, é importante evitar downloads desnecessários. Como o banco de dados é extremamente grande e levaria semanas para ser copiado, e é desejável que usuários com computadores menos poderosos e com capacidade limitada de armazenamento tenham acesso ao projeto, a habilidade de explorar uma representação visual do banco de dados remotamente e copiar apenas as imagens desejadas é um requerimento. Dessa forma, é necessária uma

interface com o usuário efetiva para assisti-lo na navegação pela biblioteca e na recuperação de imagens. (North, Shneiderman e Plaisente, 1996)

Para resolver o problema, os pesquisadores desenvolveram um primeiro protótipo de interface baseada em uma nova forma de tratar os dados, considerando que eles ficam armazenados em um computador remoto, de grande capacidade.

Desenvolvemos uma interface de manipulação direta, chamada *Visible Human Explorer* (Explorador do Humano Visível”ou VHE), para a exploração remota da biblioteca digital do Projeto do Humano Visível e recuperação de imagens. Ela permite que os usuários possam explorar rapidamente, em sua própria máquina, uma versão miniaturizada do banco de dados e, com base nessa exploração, copiar imagens de alta resolução da biblioteca. O banco de dados em miniatura fornece uma visão geral do conteúdo e funciona como um mecanismo de pré-visualização e recuperação de dados. A interface, junto com o banco de dados miniaturizado, é copiada com antecedência e depois usada como um sistema de acesso ao arquivo principal. A vantagem é evidente, já que copiar o VHE inteiro corresponde a copiar apenas 3 imagens de alta resolução do projeto. Com esse paradigma, apesar da implementação ser independente dos navegadores web existentes, a interface pode ser pensada como uma aplicação dinâmica e avançada para a pesquisa de uma biblioteca de imagens médicas digitais. (North, Shneiderman e Plaisente, 1996)

Apesar de ser um projeto com mais de uma década de idade e voltado especificamente para a medicina, ele ilustra de forma convincente uma solução para a busca e visualização de uma grande quantidade de dados complexos independente da plataforma usada pelo usuário. Soluções como essa podem ser aplicadas nos celulares e smartphones atuais com elevado índice de sucesso, como comprovaram recentemente pesquisadores do Massachusetts Institute of Technology (MIT), em colaboração com os funcionários do Texas Advanced Computer Center (TACC), demonstrando a possibilidade de realizar cálculos supercomputacionais em tempo real utilizando modelos reduzidos de problemas complexos rodando em smartphones.

O grupo realizou uma série de simulações de alta-fidelidade no supercomputador Ranger para gerar um pequeno “modelo reduzido” que foi transferido para um smartphone rodando o Google Android. Os pesquisadores, então, foram capazes de solucionar problemas no telefone e visualizar os resultados instantaneamente. Segundo David Knezevic, professor associado com pós-doutorado em engenharia mecânica no MIT, não precisamos mais do acesso a um supercomputador. Uma vez

criado o modelo reduzido, podemos fazer todos os cálculos em um celular. [...] Usando smartphones, os pesquisadores imaginam que este método poderá ser aplicado para a solução de problemas em campo, como detecção de minas terrestres, assim como para resolver problemas projetuais, como a determinação da forma otimizada de estruturas em construção. [...] Quando as pessoas descobrem que podem resolver em poucos segundos problemas que normalmente levariam horas em um supercomputador Ranger, elas rapidamente compreendem do que a redução de modelos é capaz. (Dubrow, 2010)

Aplicações como essa ainda estão sendo testadas no ambiente acadêmico e científico. Entretanto, o público em geral já começa a usufruir de aplicações mais práticas, como o projeto Wolfram|Alpha. Criado pelo físico Stephen Wolfram, o ambicioso projeto visa “introduzir um novo tipo de ciência baseada em regras gerais que podem ser incorporadas em simples programas de computador” (Wolfram, 2002). Seu software roda em servidores que podem ser acessados via Web através de um site similar a um sistema de buscas online. Ao fazer uma solicitação, o usuário recebe respostas geradas dinamicamente por um mecanismo que Wolfram define como “sistema de conhecimento computacional”, ou seja, um sistema que gera os resultados realizando cálculos em uma base interna de conhecimento, ao invés de simplesmente indicar links para outros locais. Os cálculos são realizados remotamente, de modo que o usuário só precisa ter acesso a uma interface para a entrada de suas solicitações. Além de estar disponível na web, o Wolfram|Alpha também pode ser consultado através de um pequeno aplicativo disponível para dispositivos compatíveis com o iOS, o que o torna disponível em qualquer lugar.

Lidar com informações complexas em dispositivos portáteis não é uma tarefa trivial. Assim, compreender como as pessoas lidam com seus equipamentos digitais é um passo importante para que novas interfaces possam ser desenvolvidas. Em seus livros *Readings in Information Visualization: Using Vision to Think* (Leituras em Visualização da Informação: Usando a Visão para Pensar) e *The Psychology of Human-Computer Interaction* (A Psicologia da Interação Homem-Computador), Stuart K. Card deixa clara a importância em observar como usuários reais interagem com diferentes tipos de interfaces. Segundo Card, existem muitas ferramentas da psicologia cognitiva que, se

compreendidas e aplicadas, podem trazer benefícios. Ao aprender como a mente humana funciona, é possível evitar graves erros de projetos em sistemas de busca e visualização, além de facilitar a tomada de decisões quantitativas em Design.

Uma grande parcela da informação existe apenas em meio digital e está disponível em praticamente todos os lugares. Mas a mesma inovação tecnológica que contribui para o progresso humano também causa um sentimento de alienação e aversão em relação aos produtos tecnológicos. “Pessoas ainda são pessoas e muitos estão tendo dificuldades em compreender toda a informação ao seu redor. Entretanto, nossa habilidade de funcionar e sobreviver no futuro depende de nossa habilidade de nos relacionarmos com a informação” (Rijken, 1994).

Muitas empresas e instituições investem em pesquisas com usuários para avaliar a eficiência de suas interfaces e, com base nos resultados, sugerem novas opções para suprir as necessidades levantadas. Entretanto, a maior parte dessas pesquisas é realizada em países desenvolvidos, sem considerar as necessidades sociais e culturais dos diversos povos de nosso planeta.

Uma interessante exceção a essa regra foi o projeto *Only Planet* da Nokia (onlyplanet.nokia.com). Realizado em parceria com universidades de diversos países, o projeto visava levantar informações sobre culturas visuais locais para aplicá-las em novos projetos de aparelhos, interfaces e serviços moldados de acordo com as necessidades de cada mercado local.

Na primeira fase do projeto, os estudantes das universidades parceiras exploraram os elementos da cultura visual mais importantes em seus países:

A pesquisa focalizou em três pontos chaves: a rua (valores comerciais), a sociedade (valores familiares) e a cultura (valores estéticos).

Estudantes observam e documentam estilos de vida, interações sociais, atitudes, expressões, valores, gostos e desejos que possivelmente não existem em nenhum outro país ou região. A ideia é que, ao identificar certos signos, visíveis e invisíveis, é possível compreender de onde eles vieram e como eles podem ser expressos no projeto de um produto. (onlyplanet.nokia.com, outubro de 2007)

Após a pesquisa inicial, os estudantes partiram para a segunda fase do projeto, onde criaram conceitos, cenários e produtos locais, com base no material visual levantado:

A combinação de teoria e prática forma uma visão holística da comunidade, buscando informação de múltiplas fontes e perspectivas.

As ideias que emergirão deste projeto estimularão uma nova experiência de criação em Design e servirão de inspiração para o desenvolvimento de novos produtos na Nokia.

O Projeto *Only Planet*, no entanto, não visa o projeto de novos dispositivos móveis ou a busca por novos talentos. Ele é uma visão mais ampla do mundo atual onde influências locais se transformam em tendências globais e essas tendências ameaçam se sobrepor àquelas menores e distintas. O Projeto *Only Planet* tenta verdadeiramente despertar a percepção da localidade entre os estudantes de Design de todo o mundo e também dentro do grupo de Design da Nokia. (onlyplanet.nokia.com, outubro de 2007)

A iniciativa da Nokia não é apenas interessante por sua proposta, mas é também uma demonstração de que as grandes empresas estão buscando a pesquisa por novas interfaces localizadas. Empresas como a Nokia perceberam que, para se tornarem globais, precisam investir no desenvolvimento de produtos moldados aos mercados específicos onde atuam. Com a produção de aparelhos e interfaces adaptadas às reais necessidades de diferentes sociedades, o acesso às novas tecnologias pode ser não apenas facilitado, mas incentivado e, com isso, novas oportunidades para a busca colaborativa por soluções dos mais diversos problemas podem surgir.

3.2

Origens da telefonia celular

Atualmente, a telefonia celular é um dos principais meios de acesso à computação ubíqua. Muito mais do que transmitir a voz dos interlocutores, as tecnologias móveis de transmissão de dados permitem a troca de qualquer tipo de

informação que possa ser convertida em formato digital, conectando pessoas de todo o mundo instantaneamente.

Até chegar ao nível atual de desenvolvimento, a telefonia celular passou por uma evolução pontuada por uma série de etapas distintas, com suas origens remontando ao término da Segunda Guerra Mundial. “Apesar de primitivos telefones móveis já existirem antes da Guerra, estes eram rádios bidirecionais especialmente convertidos, usados pelo governo e pela indústria com chamadas transferidas manualmente para a rede fixa de telefonia” (Farley, 2005). Naquela época, a tecnologia ainda era inacessível à população, mas serviu de base para os serviços que surgiram a seguir. Uma das primeiras aplicações públicas foi o rádio-telefone do final da década de 1940:

Depois da Segunda Guerra Mundial, as comunicações civis terrivelmente negligenciadas finalmente puderam ser melhoradas. Muitas cidades estavam em ruínas; suas infra-estruturas precisavam de anos de reconstrução. A administração dos Correios, Telefones e Telégrafos [PTT - *Post, Telephony and Telegraph*] e a Western Bell, uma companhia telefônica privada, começaram a operar o MTS (*Mobile Telephone System*). A Motorola produziu os rádios e a Bell System os instalou. O MTS foi modelado com base nos sistemas de transmissão de rádio convencionais. Uma antena central transmitia para dispositivos que se movimentavam em grandes áreas. Os dispositivos móveis, todos eles rádio-telefones instalados em automóveis, transmitiam para receptores espalhados pela cidade. O tráfego dos receptores e para os transmissores eram conectados por uma telefonista em um escritório central de telefonia. O MTS usava seis canais na banda de 150 MHz com espaçamento entre canais de 60 kHz. Interferências inesperadas logo forçaram a Bell System a usar apenas três canais. Listas de espera surgiram imediatamente em cada uma das vinte e cinco cidades atendidas pelo MTS. (Farley, 2005)

Durante as décadas de 1940 e 1950, a Bell System realizou uma série de pesquisas para melhorar a qualidade das transmissões para o sistema de rádio-telefones, chegando ao conceito de divisão das áreas atendidas em células cobertas por um número determinado de antenas retransmissoras. Este conceito viria a ser a base para o desenvolvimento da telefonia celular contemporânea.

Com o passar do tempo, diversos desenvolvimentos tecnológicos viriam a pavimentar o caminho que levaria à criação dos modernos dispositivos móveis que usamos hoje. Em 1948, William Shockley, John Bardeen e Walter Brattain,

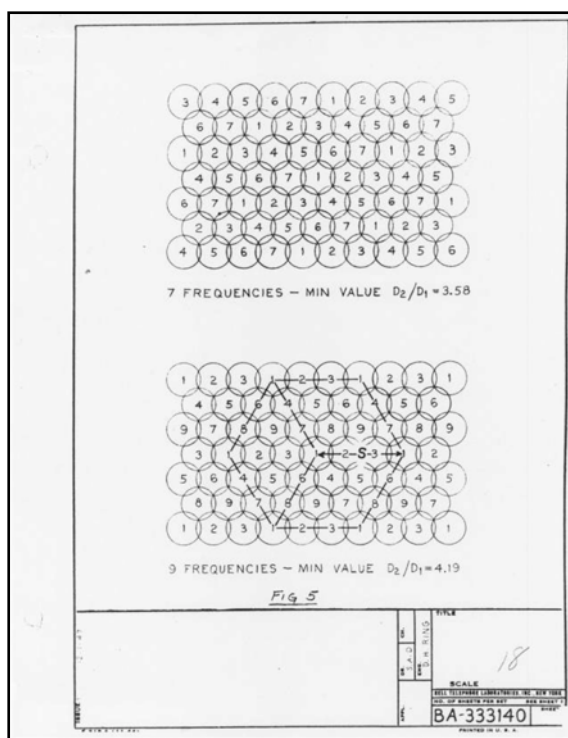


Figura 2: Trecho de um artigo dos Laboratórios Bell definindo a estrutura base para a construção de uma rede celular (1947).

dos Laboratórios Bell, apresentaram o transistor, pequeno dispositivo que levaria à uma redução drástica do tamanho e do custo dos equipamentos de rádio. Em 1958, foi a vez de Jack Kilby, da Texas Instruments, apresentar o circuito integrado, responsável pela continuação da redução de tamanho dos equipamentos. Finalmente, em 1971, todos estes avanços culminaram no lançamento do microprocessador pela Intel.

Reunindo mais de dois mil transistores, o Intell 4004 era um

verdadeiro computador em um chip de silício, capaz de realizar sessenta mil operações matemáticas por segundo.

Na década de 1970, o cenário para a implantação das primeiras redes celulares estava montado. Dos rádio-telefones dos anos 1940 às transmissões dos astronautas na Lua durante as missões Apollo na década de 1960, a Motorola dominava o desenvolvimento dos aparelhos de rádio e, desta forma, possuía o conhecimento necessário para dar o próximo passo.

Em 1973, passando a frente dos laboratórios da Bell System, empresa que, por motivos burocráticos, estava com dificuldades em implantar sua rede de telefonia celular, a Motorola apresentou, pelas mãos do Dr. Martin Cooper, o primeiro protótipo de telefone celular que serviria de referência para os modelos que chegariam ao mercado.

Em 1973, depois de completar o primeiro protótipo de telefone celular e sua estação base, o Dr. Martin Cooper ligou para seus competidores nos Laboratórios Bell. Cooper não podia resistir em demonstrar de uma forma muito prática quem venceu. O que sua equipe havia criado foi o primeiro telefone celular de mão. (Farley, 2005)



Figura 3: Protótipo da Motorola usado por Martin Cooper em 1973 (Revista Wired, 2010).

O grande desafio tecnológico deste período era prover a comunicação por voz com qualidade. Entretanto, ainda foram necessários mais dez anos de desenvolvimento e licenciamento para que a tecnologia chegasse, finalmente, às mãos das massas. Em 1983, com as frequências liberadas pelo FCC americano, a Bell System começou a operar a primeira rede celular dos Estados Unidos e a Motorola iniciou as vendas de seu primeiro

aparelho celular comercial, o DynaTAC 8000X, ao preço de 3.995 dólares, equivalentes a mais de 8.500 dólares em moeda atual.

Estas primeiras redes celulares operavam de modo analógico. Nos EUA (assim como no Brasil a partir de 1990) a primeira tecnologia usada em larga escala foi a AMPS (*Advanced Mobile Phone Service*). Por depender de frequências independentes para cada conversa simultânea, a largura de banda necessária para a oferta do serviço para a população em geral era enorme e problemas como canais ocupados, linhas cruzadas e interferências não eram raros.

O AMPS pertence a uma categoria de tecnologias móveis que hoje chamamos de primeira geração ou 1G, e oferecia apenas o recurso de comunicação por voz (Ashiho, 2003). Apesar do custo elevado dos aparelhos e linhas, o serviço de telefonia móvel se popularizou rapidamente. Com pouco mais de noventa mil assinantes em 1984, o serviço de telefonia móvel celular norte-americano quebrou a barreira de um milhão de assinantes em 1987 (CIA World Factbook, 2007).

Com a massificação da comunicação por voz, a indústria voltou seus esforços para a expansão das redes e melhoria de qualidade, iniciando o processo de evolução para as gerações seguintes da telefonia celular.

3.3

Das redes analógicas às digitais: serviços de voz e dados

A Europa também testemunhou a chegada da telefonia celular comercial durante a década de 1980 e, assim como nos EUA, o serviço foi inicialmente oferecido com tecnologias analógicas. Entretanto, enquanto no caso norte-americano a expansão da rede ocorreu com base em tecnologias compatíveis, na Europa cada país optou por uma tecnologia própria tornando impossível o uso de aparelhos fora de sua área de origem.

Ainda nos anos 1980, quando os países europeus decidiram criar uma única rede para abranger todo o continente, aproveitou-se a oportunidade para utilizar um padrão digital capaz de oferecer serviços avançados e facilidade de *roaming*. Assim, “enquanto os grupos norte-americanos se concentravam na expansão de sua rede analógica robusta mas repleta de fraudes e com poucos recursos, a Europa estava se planejando para o futuro” (Farley, 2005).

No início dos anos 1990, as primeiras redes GSM entraram em funcionamento. Inicialmente chamada *Groupe Spéciale Mobile*, hoje a tecnologia é conhecida como *Global System for Mobile Communications* - para manter a sigla inalterada, a letra C não é utilizada. Totalmente digital, a implantação desta rede é considerada como exemplo de cooperação entre países e, graças a um processo de implantação bem sucedido, hoje é possível utilizar um mesmo aparelho celular em toda a Europa.

A digitalização da rede levou a uma segunda geração da telefonia celular (2G) e, com ela, novos serviços passaram a ser oferecidos aos usuários: envio e recebimento de fax; transmissão de dados; notificações; compatibilidade com WAP (*Wireless Application Protocol*) e serviços móveis de localização (Ashiho, 2005). Antes limitados à comunicação por voz em tempo real, os telefones celulares começaram a se transformar em aparelhos mais flexíveis, capazes de integrar recursos que foram muito bem recebidos pelo mercado. Através dos serviços de caixa postal e SMS, tecnologias anteriores, como pagers e secretárias eletrônicas, começaram a ser aposentadas.



Figura 4: Nokia 5165, aparelho digital com tecnologia TDMA (acervo pessoal).

Durante a década de 1990, houve um alto investimento por grande parte dos países na transição para tecnologias digitais. Nos EUA, optou-se pelo uso do TDMA (*Time Division Multiple Access*), um método de acesso que, assim como o GSM, permitiu um aumento considerável no número de usuários atendidos. Ambas as tecnologias trabalham com divisão de tempo, onde cada canal recebe as transmissões de um grupo de usuários simultâneos alternados sucessivamente a intervalos curtos o suficientes para que não

percebam as interrupções, permitindo que as operadoras pudessem atender de três a dez vezes mais usuários.

No final dos anos 1980, a Qualcomm apresentou sua tecnologia CDMA (*Code Division Multiple Access*), baseada em um método de acesso onde cada canal também recebe múltiplas transmissões simultâneas, porém, ao contrário do TDMA, não há alternância. Para que as transmissões não interfiram umas nas outras, cada uma recebe uma codificação diferente e, dessa forma, até sessenta e um usuários podem ocupar um mesmo canal simultaneamente, o que aumentou ainda mais a capacidade das operadoras.

Além de permitir uma grande expansão das redes de telefonia celular, a segunda geração consolidou a qualidade das chamadas de voz uma vez que os reveses típicos da era analógica, como interferências, linhas cruzadas e clonagem, foram eliminados. As gerações seguintes, portanto, foram focadas na ampliação da capacidade de transmissão de dados.

O sistema de transmissão de dados nas redes GSM era muito ineficiente, com velocidades limitadas a 14.4kbps (Ghribi e Logrippo, 2000). A partir de

2000, com a introdução de tecnologias como GPRS (*General Packet Radio Service*) e, posteriormente, o EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*), as redes GSM passaram a suportar velocidades mais altas graças à aplicação do conceito de tráfego por pacotes, ideal tanto para o envio de pequenas quantidades de dados quanto para conexões permanentes com a Internet. Ao viabilizar o acesso à Internet com velocidades até 160 kbps (Ainscough, 2001), essas tecnologias abriram o caminho para a terceira geração, ficando conhecidas como 2.5G (GPRS) e 2.75G (EDGE). A partir daquele momento, os dispositivos móveis passaram a ser usados para troca de imagens, acesso à redes sociais e navegação pela web, trazendo, pouco a pouco, um número cada vez maior de recursos da Internet para os bolsos dos usuários.

Oferecendo velocidades até 384 kbps, tecnologias como o UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) finalmente trouxeram a experiência completa do acesso à Internet para os dispositivos móveis. Com este nível de velocidade, a transmissão de vídeo em tempo real tornou-se possível e os usuários passaram a dispor dos serviços de videoconferência, *streaming* de áudio e vídeo e conexão permanente aos serviços de dados. Nascia, então, a terceira geração da telefonia celular, ou simplesmente 3G.

Hoje em dia, as redes de dados móveis oferecem velocidades muito superiores, categorizando uma nova geração intermediária, denominada 3.5G. Graças a tecnologias como o HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) e HSDPA+, muitos países oferecem acesso à Internet em bandas verdadeiramente largas, com picos de velocidade superiores à 5 Mbps. Em alguns casos, como nas redes LTE (*Long Term Evolution*), as velocidades podem chegar a 40 Mbps, superando, a velocidade de acesso a partir de pontos fixos. Algumas destas tecnologias ainda estão em fase inicial de implantação e deverão, em um futuro próximo, quebrar a barreira dos 100 Mbps. Com este nível de desempenho, há uma clara tendência em substituir as redes fixas de dados pelas conexões móveis permanentes e, assim, estamos presenciando o início da transição para uma quarta geração da telefonia celular (4G) que será caracterizada pela oferta de um serviço rápido, de qualidade e com custos mais acessíveis.



Figura 5: Motorola XT910 Razr, smartphone com tecnologia HSDPA (acervo pessoal).

Os dispositivos móveis atuais, compatíveis com as tecnologias de dados mais modernas, são verdadeiros portais para fontes permanentes de informação. Graças aos smartphones, tablets e outros dispositivos de pequeno porte, temos a oportunidade, pela primeira vez, de colocar em prática os conceitos de ubiquidade computacional que começaram a ser discutidos há mais de vinte anos.

3.4

O dispositivo móvel como plataforma de integração

Para se ter uma ideia de como as tecnologias móveis podem influenciar sociedades, podemos voltar nossa atenção para os países desenvolvidos, onde tais tecnologias afetam a vida da população há mais tempo. Segundo Jarice Hanson, em seu livro *24/7: How Cell Phones and the Internet Change the Way We Live, Work and Play* (24/7: Como os Telefones Celulares e a Internet Alteram a Forma como Vivemos, Trabalhamos e Brincamos), o telefone celular inteligente e a Internet nos permitem interagir tanto com pessoas do outro lado do mundo quanto com nossos vizinhos, amigos e familiares mais próximos. As tecnologias de informação aproximam as pessoas, criam novas formas e regras de comunicação, permitem a qualquer um expressar seus pontos de vista publicamente a qualquer

hora e em qualquer lugar, permitem capturar e distribuir imagens em tempo real, entre muitas outras coisas. Todas essas ações, quando realizadas de uma forma coletiva, certamente afetam o modo de vida de uma sociedade, com influências nas esferas política, econômica e cultural.

Se em países desenvolvidos a telefonia celular pode alterar hábitos sociais e influenciar a política e a economia, em países pobres esse impacto pode ser ainda mais evidente. Em seu livro *Can You Hear Me Now: How Microloans and Cell Phones are Connecting the World's Poor to the Global Economy* (Você Pode Me Ouvir Agora: Como Microempréstimos e Telefones Celulares estão Conectando os Pobres do Mundo à Economia Global), o autor Nicholas P. Sullivan descreve como o empresário Iqbal Quadir, o fundador da maior operadora de telefonia celular GSM de Bangladesh, convenceu outros empresários locais a ajudar os habitantes dos pequenos vilarejos a obter empréstimos custeados por investidores estrangeiros para criar uma rede de aluguel de telefones celulares, oferecendo acesso à telefonia celular para toda a comunidade. Sullivan nos mostra como o uso dos celulares em Bangladesh, junto com investimentos em tecnologia, podem ajudar a combater a pobreza de uma forma bem mais eficaz do que simples doações financeiras.

Os pesquisadores indianos V. Lalith Kumar, A.L.Suseela, e Akashdeep Aharma, no artigo *Taking Information Technology To The Heart Of India* (Levando a Tecnologia da Informação ao Coração da Índia), também enxergam as tecnologias de informação como uma importante ferramenta de desenvolvimento:

A adoção de uma estratégia proativa e a implantação da Internet em comunidades rurais e agrícolas de países em desenvolvimento permitirá aos trabalhadores enfrentar os desafios sem precedentes gerados pela economia global, mudanças políticas e degradação ambiental. Para lidar com esses desafios e para tomar decisões críticas, as pessoas de todos os níveis da sociedade devem ser capazes de acessar informações críticas e de se comunicar. [...] A longo prazo, levar informações ricas à população da Índia [...] só pode ter um impacto positivo no bem estar material das massas. O momento para agir e apoiar a transmissão de conhecimento pelos sistemas de comunicação é agora. Hoje vivemos verdadeiramente em uma aldeia global, mas é uma aldeia com uma pequena elite com informação e muitos sem acesso a ela. Com as novas tecnologias disponíveis, temos uma oportunidade de mudar isso.” (V. Kumar, A. Suseela, e A. Aharma, 2005)

Em todo o mundo, a desenvolvimento tecnológico desperta discussões não apenas de cunho social, mas também ético. Rafael Capurro, Professor de Gerência da Informação e Ética da Informação na Universidade de Mídia de Stuttgart afirma que a “tecnologia da informação tem um impacto ambíguo na sociedade e essa situação clama por uma análise ética de dois níveis. De um lado, é preciso reconsiderar as questões de poder e controle sob o ponto de vista de estruturas institucionais. Por outro lado, a moldagem tecnológica da sociedade também deve ser reconsiderada sob o ponto de vista da pluralidade de seres humanos” (Capurro, 1996). O desafio está em utilizar a tecnologia da informação como uma ferramenta para o desenvolvimento socioeconômico de todas as camadas da população e não apenas como uma forma de controle nas mãos de uma pequena elite.

3.5

O impacto na geração de conhecimento

As tecnologias móveis e as novas redes que favorecem o compartilhamento de informações não são apenas importantes instrumentos para o desenvolvimento sócio-econômico. Ao facilitar a troca de informações, conectando pessoas em um fluxo constante de ideias, elas contribuem diretamente para nosso desenvolvimento científico como peças imprescindíveis para a geração de conhecimento.

No círculo dos pesquisadores, a prática científica é algo corriqueiro. Entretanto, a ciência hoje é vista como algo muito distante do dia-a-dia da maioria das pessoas pois é realizada em guetos onde um pequeno grupo de indivíduos é responsável pela produção e manutenção da maior parte do conhecimento científico. Como diz o astrofísico Roger Malina, presidente do conselho da International Society for the Art, Science and Technology (ISAST):

Precisamos de uma nova sensualidade, precisamos de um novo método científico, precisamos entender o mundo. A sociedade não mais acredita que a ciência é uma

prioridade para os gastos do governo ou para a carreira das pessoas. Precisamos de uma nova cultura. (Malina, 2008)

Para a maioria das pessoas, a ciência está desprovida de ligações com suas necessidades e lutas diárias. Existe, no entanto, um grande potencial para utilizar a ciência como forma de criar comunidades capazes de conduzir o que podemos chamar de micro-ciência – uma apropriação e geração de dados científicos a partir de ações individuais.

Os dispositivos móveis conectados permitem que pessoas comuns possam obter informações científicas sobre coisas simples, como a qualidade da água que sai de suas torneiras, o nível de poluição no ar que respiram, a presença de substâncias que causam alergias, a origem e composição de produtos alimentícios, além de vários outros fenômenos físicos e sociais invisíveis ao olhar desatento.

Para que possamos definir a importância em despertar o interesse pela ciência na sociedade, é preciso entender como ela se distanciou de nosso dia-a-dia. Apesar do ser humano dispor de grande curiosidade em relação a tudo o que ocorre ao seu redor, a ciência moderna não é fruto de um mero interesse pelo conhecimento. Hilton Japiassu identifica os motivos que levaram ao desenvolvimento científico:

A ciência moderna nasceu com o advento do sistema mercantilista. Não surgiu como uma atividade pura e desinteressada, como uma aventura espiritual ou intelectual. Mas dentro de um contexto histórico, inseparável de um movimento visando à racionalização da existência. E é todo o desenvolvimento da sociedade comercial, “industrial”, técnica e científica que se inscreve no programa prático da racionalidade burguesa: não se faz comércio empiricamente, pois ele é um negócio de cálculo, deve ser feito racionalmente. (Japiassu, 1991)

O progresso científico é consequência de nossa própria história, onde fatores econômicos levaram a humanidade a tentar compreender a natureza para controlá-la e dela extrair recursos para seu próprio desenvolvimento, o que podemos observar em vários momentos distintos da história humana. Durante a Revolução Industrial, o progresso técnico era perseguido como forma de aumentar a produção para atender à demanda de um mundo cada vez mais controlado pelas

relações comerciais. A corrida espacial de meados do século XX não ocorreu por mera curiosidade humana, mas por causas políticas e militares. Até mesmo pesquisas na área médica são fortemente influenciadas pelos interesses econômicos de grandes laboratórios. O professor e artista eletrônico Stephen Wilson questiona a objetividade dessas pesquisas:

A pesquisa científica e tecnológica não é tão “objetiva” quanto muitos de seus praticantes gostariam de crer. Embora algumas de suas práticas lutem pela objetividade, todo o empreendimento está sujeito a forças políticas, econômicas e sociais maiores. Os historiadores da ciência e da tecnologia documentaram os ventos que determinam que tipo de pesquisa acaba conseguindo apoio, promoção e aceitação e quais produtos vencem no mercado. Os paradigmas dominam o pensamento e a prática científica até que novos paradigmas se desenvolvam. Muitas teorias e tecnologias possivelmente significativas são ignoradas. (Wilson, 1996)

O que presenciamos hoje é um grande destaque para a “ciência de grande porte”, aquela que está distante da realidade da maioria das pessoas. Telescópios espaciais, sondas enviadas a Marte, a busca pelo bóson de Higgs, todos são exemplos fantásticos da ingenuidade humana, mas nada disso faz parte de nosso dia-a-dia. Conquistas como essas soam intangíveis aos ouvidos do cidadão comum, cuja principal preocupação é alimentar sua família e não desvendar os mistérios do universo.

A ciência, entretanto, é muito mais do que as experiências realizadas pelos grandes institutos. Para Japiassu, ela é “o conjunto das aquisições intelectuais, de um lado, das matemáticas, do outro, das disciplinas de investigação do dado natural e empírico” (Japiassu, 1979). Sob essa ótica fica claro que a ciência não precisa ser realizada apenas por grandes cientistas, mas por qualquer pessoa capaz de observar e analisar os fenômenos que ocorrem em seu ambiente.

Vivemos hoje em uma época de grande consciência ambiental pois não é mais possível negar que a atividade humana está trazendo graves consequências para nosso planeta. Trazer a pesquisa científica para o cotidiano das sociedades pode ser o primeiro passo para despertar o interesse pelo desenvolvimento de projetos sustentáveis, algo que Jorge Frascara destaca como extremamente importante:

A escalada do lixo e a atitude geralmente irresponsável da indústria e dos governos sobre o uso de produtos e processos tóxicos e destrutivos é extremamente prejudicial para o meio ambiente. A sustentabilidade precisa se tornar parte de todo processo de projeto, e as escolas terão um papel muito importante na formação de novas gerações de projetistas. Enquanto é fácil reconhecer inadequações a nível internacional, há muito o que fazer a respeito da sustentabilidade em nosso próprio quintal. (Frascara, 2002)

Ao voltarmos nosso olhar para o que ocorre em nossa vizinhança, seremos capazes de observar como nossas ações afetam tanto o ambiente quanto a sociedade em que vivemos. Despertando o interesse pela ciência, traremos subsídios para o desenvolvimento de projetos comunitários, resolvendo pequenos problemas pontuais cuja solução não depende necessariamente do apoio de grandes instituições. Aos poucos, na medida em que o número de projetos aumentarem, a sociedade poderá desenvolver um olhar crítico em relação à sua influência no planeta, verificando que, muitas vezes, são as pequenas ações que, em conjunto, provocam as maiores mudanças.

Vivemos hoje em um nível de desenvolvimento tecnológico ideal para que este cenário se torne realidade. Através das redes sociais, das ferramentas de criação e edição de arquivos compartilhados, serviços digitais de comunicação e acesso constante a um número crescente de fontes de informação, estamos nos acostumando a pensar de modo cada vez mais colaborativo. No próximo capítulo, veremos como a evolução dos sistemas online de comunicação deram origem às redes sociais contemporâneas e como os conceitos nelas inseridos estão moldando as novas ferramentas que, em conjunto com os modernos e portáteis equipamentos digitais, permitem a concretização das ideias de pesquisadores como Vannevar Bush, Alan Kay e Mark Weiser.