

Novas perspectivas para a Ciência e a Engenharia das Comunicações

Helio Waldman, Sócio Emérito

Universidade Federal do ABC

helio.waldman@ufabc.edu.br

Resumo— Durante o século XX, a variável que melhor definia os sistemas de comunicação era a sua capacidade. Ela limitava a quantidade de informação recebida pelo usuário, cuja atenção era monopolizada pelos bits que vinham dos canais disponíveis. No século XXI, o crescimento da capacidade dos sistemas fez com que ela superasse a capacidade de processamento de informação pelos sentidos humanos do conjunto dos usuários, deslocando o gargalo do sistema para a capacidade do usuário e a diversidade destes, e colocando o desafio de promover o casamento dos sistemas de comunicação com o cérebro humano e seus sentidos, em modo de navegação. Daí a necessidade de compreender melhor os mecanismos desta navegação e, por extensão, da cognição humana. Para isso, a formação em Telecomunicações deverá ampliar a abrangência de suas fundações disciplinares e interdisciplinares.

Palavras-Chave— Telecomunicações, interdisciplinaridade, inteligência, nuvem, Internet.

Abstract—During the twentieth century, the variable that best defined the communication systems was their capacity, which limited the amount of information received by the user, whose attention was taken by the incoming bits from the available channels. The growth of system capacity during the twenty-first century made it exceed the capacity of the human senses of the user population, shifting the system bottleneck to the user capacity, and posing the challenge of matching the communication system with the human brain and its senses, in a navigation mode. Hence the need for a better understanding of such navigation mechanisms and, by extension, human cognition. For this reason, training for Telecommunications should widen the scope of its disciplinary and interdisciplinary foundations.

Keywords—Telecommunications, Internet, interdisciplinarity, intelligence, cloud.

I. SÉCULO XX: DA ILHA AO ARQUIPÉLAGO

Ao final do século XX, uma rede telefônica com cerca de um bilhão de terminais interligava todos os pontos do planeta, constituindo o que foi considerado então a maior obra de engenharia do século. Por outro lado, cerca de um bilhão de pessoas ainda não tinham usado um telefone, deixando um desafio emblemático para o próximo século. Para compreender como este desafio foi construído e se coloca para o século XXI, é útil estudar a instigante História das Telecomunicações no século XX.

Essa história começa com o forte desenvolvimento, não regulado, da telefonia no início do século, a partir das invenções de Alexander Graham Bell e seus sucessores. Os empreendedores daquela época logo compreenderam que quanto mais pessoas assinassem o serviço telefônico, mais valioso ele se tornava. Impulsionado por este retorno crescente, a penetração do serviço nos lares americanos cresceu rapidamente durante as primeiras décadas do século, até chegar a cerca de 30% dos lares americanos quando chegou a Grande Depressão de 1929, que derrubou a economia mundial, gerando grave crise de desemprego e penúria. Ao invés de continuar crescendo, o serviço telefônico começou então a cair, à medida que muitos assinantes cancelavam o serviço e devolviam o aparelho porque já não conseguiam pagar a conta. Nesta altura, porém, o serviço telefônico já havia sido identificado pelas autoridades como importante fator da produtividade geral da economia. A preocupação com esta situação levou então os Estados Unidos e outros países a baixar legislações especiais que estabeleceram monopólios da telefonia, regulados pelo Estado, com a finalidade de reverter a tendência de queda deste importante serviço e universalizá-lo gradualmente através da sua oferta a preços cada vez mais acessíveis.

Quatro décadas depois, a telefonia estava universalizada, pelo menos nas nações mais desenvolvidas do planeta, fazendo com que as pessoas não se sentissem mais ilhadas em suas casas, mas se sentissem ligadas a um arquipélago. Os monopólios foram então quebrados para permitir o desenvolvimento de serviços digitais sobre a rede telefônica. Abria-se então, ainda que embrionariamente, o caminho que levaria às Telecomunicações do século XXI.

II. SÉCULO XXI: DO ARQUIPÉLAGO À ALDEIA GLOBAL

Inicialmente, o tráfego gerado pelos incipientes serviços digitais era muito menor que o tráfego de voz, de maneira que os novos serviços puderam ser acomodados em linhas dedicadas, com provedores independentes realizando a agregação do tráfego necessária para conferir maior eficiência ao uso das linhas. Logo se percebeu, porém, que o crescimento do tráfego de dados, de 10% ao ano, era muito superior ao do tráfego de voz. Com o advento da Internet, percebeu-se ainda que o seu crescimento era muito superior ao do tráfego de dados, do qual fazia parte. Assim sendo, foi

possível projetar que, na virada do século, o tráfego de dados superaria o de voz, e ainda seria dominado pelo tráfego gerado pela Internet, cuja taxa de crescimento chegava à faixa dos 50 a 100% ao ano; como de fato ocorreu.

A perspectiva de uma enxurrada de tráfego, exacerbada ainda pelas promessas econômicas da “bolha ponto-com” até que ela estourasse em 2001, atraiu pesados investimentos ao desenvolvimento das comunicações ópticas e das redes de fibras ópticas. Lançados nos anos 70 a partir de avanços na área de materiais, os primeiros enlaces ópticos usavam fibras multimodo, cuja capacidade não excedia muito a dos velhos cabos metálicos. Com o advento das primeiras fibras monomodo comerciais nos anos 80, a capacidade das fibras deu um salto, de maneira que o gargalo dos sistemas passou das fibras para os lasers. Isso levou a uma década de intenso desenvolvimento de novos lasers para que esses oscilassem em um único modo longitudinal, chegando em seguida até os poços e caixas quânticos, moduláveis a dezenas de Gbps. Finalmente, o advento dos amplificadores ópticos nos anos 90 viabilizou a tecnologia WDM, que permite a plena utilização da capacidade multi-terahertz da fibra óptica mediante seu compartilhamento por centenas de portadoras (“comprimentos de onda”).

A predominância do tráfego de dados induziu a digitalização do tráfego de voz num primeiro momento, e a de vídeo em seguida, criando uma plataforma para a convergência, numa única rede, de serviços de comunicação que haviam nascido e crescido em redes segregadas durante o século XX. Para isso, as novas redes foram dotadas de inusitada capacidade de processamento, necessária para conferir a cada serviço a qualidade requisitada em termos de latência, tolerância a erros, disponibilidade, etc., mesmo compartilhando a mesma infraestrutura.

A extraordinária capacidade e inteligência das redes modernas fez com que seus gargalos migrassem dos canais para os terminais e agentes do processo, ou seja, para os dispositivos de comunicação e para o próprio cérebro humano. Não é por outro motivo que as pessoas passaram a trocar de celular todo ano, e que há cada vez mais interesse e recursos para entender a “caixa preta” que cada um de nós carrega sobre o pescoço.

III. CÉREBRO, SENTIDOS E CONSCIÊNCIA

Em meados do século XX, o foco nos canais de comunicação levou Claude Shannon a formular a Teoria da Informação [1], identificando a informação como uma grandeza matemática expressa em unidades conhecidas como bits, e demonstrando que a cada canal de comunicação estava associada uma capacidade, expressa em bits por segundo, que representava a quantidade de informação que ele era capaz de transmitir com confiabilidade. Revolucionária na sua concepção, a Teoria da Informação forneceu um importante marco teórico para o desenvolvimento de sistemas, na medida em que permite determinar de antemão o desempenho máximo que pode ser atingido por qualquer sistema na transmissão por um dado canal.

Tendo em vista o seu caráter seminal na proposta conceitual da Informação como grandeza quantitativa, a Teoria da Informação despertou também o interesse de outras áreas do saber, relacionadas com a capacidade do cérebro e dos sentidos humanos. Um interessante relato desses estudos pode ser lido em [2].

Com base na quantidade de receptores de cada órgão sensível, a capacidade dos sentidos foi estimada em no máximo 12 Mbps, sendo 10 Mbps para a visão, 1 Mbps para o tato, 100 kbps cada para a audição e o olfato, e 1 kbps para o paladar. Mas de toda essa profusão de bits, quantos realmente penetram a consciência? Não dá para responder pelo mesmo método, pois não sabemos de que é feita a consciência, ou mesmo se ela tem um recorte físico. Com base em estudos comportamentais, porém, é possível identificar esse número como algo entre 15 e 50 bits por segundo. Ou seja, a consciência se limita a navegar pelos milhões de bits que lhe são oferecidos pelos sentidos, mas de cada milhão desses bits ela retira para si apenas um ou dois, através de um processo de filtragem altamente inconsciente e contextualizado. Esses estudos sugerem que a consciência nunca será um grande consumidor de bits em si, mas poderá demandar ambientes “naturais” (não necessariamente realistas) ricos em informação, que estimulem o processamento inconsciente de informações a partir dos sentidos, com vistas ao enriquecimento da experiência vivencial. Tudo muito vago e nebuloso, mas é justamente aí que reside o grande desafio das novas fronteiras da comunicação.

IV. GARGALO ENERGÉTICO E UNIVERSALIZAÇÃO

De acordo com um trabalho publicado em 2004 [3], cerca de 2% da eletricidade consumida nos Estados Unidos naquele ano já era usada para alimentar dispositivos conectados à Internet, e este número está aumentando, seja pelo aumento do número de dispositivos ou usuários, seja pelo crescente consumo de energia desses dispositivos, seja ainda pelo crescimento do número de horas em que eles permanecem ligados. Essa constatação tem induzido um crescente esforço de pesquisa na busca de soluções que reduzam o consumo de potência desses dispositivos, levando às chamadas comunicações verdes (“*green communications*”).

Por outro lado, o aumento do número de usuários é um imperativo da universalização dos serviços mais essenciais, da qual depende a inclusão digital e a produtividade geral da economia numa sociedade da informação. Assim sendo, parece plausível imaginar um futuro no qual um serviço padronizado de banda larga seja universalizado através de um esforço consistente de redução de custos, protegido por um modelo apropriado de negócios (monopólio?), tal como ocorreu com a telefonia no século XX, quando esse esforço foi desencadeado por uma crise global.

V. INTERNET E NUVEM

A fim de não sobrecarregar os computadores de usuários com memória e recursos de processamento de uso esporádico, há uma tendência moderna de alocá-los na “Nuvem”, que é uma abstração para um mercado de serviços de escala planetária, sem recorte geográfico. A economicidade deste esquema pode ser positiva para um grande número de usuários, na medida em que os ganhos com o compartilhamento de recursos superem os gastos transacionais, inclusive os de comunicações. No caso dos Estados nacionais e outros usuários sensíveis, porém, a extraterritorialidade da Nuvem pode ser um obstáculo ao seu uso por causa das implicações sobre a segurança dos dados,

uma vez que as soberanias nacionais têm recorte fortemente territorial.

VI. COISAS INTELIGENTES

A extraordinária disponibilidade de capacidade de transmissão, superando a capacidade humana de aproveitá-la através dos sentidos e da consciência, enseja a ideia de aproveitá-la diretamente por dispositivos que nos prestam serviços, tais como automóveis, geladeiras, máquinas de lavar, etc., tendo talvez o aparelho móvel como “mordomo”. Para isso, é preciso dotar essas “coisas” de autonomia e inteligência na justa medida. O mesmo vale, no nível da coletividade ou família usuária de um imóvel, para manter o ambiente em condições de conforto e de sustentabilidade ambiental, através de uma rede de sensores inteligentes e com capacidade de comunicação.

A combinação de inteligência com capacidade de comunicação também é central para racionalizar a distribuição de eletricidade na chamada “smart grid”. Esse novo conceito deverá reformular a utilidade pública mais importante legada pelo século XX, - a rede elétrica, - compatibilizando-a com a introdução gradual de fontes alternativas de energia, e permitindo a cobrança de tarifas maiores nos horários de pico de consumo, incorporando assim uma importante externalidade do sistema em prol da sustentabilidade energética e ambiental.

Outra aplicação muito promissora nesta linha são os sistemas inteligentes de transporte (ITS, ou “*Intelligent Transportation Systems*”), envolvendo a comunicação entre veículos (com e sem a participação dos motoristas) e destes com a infraestrutura viária, e eventualmente com a rede celular, com vistas a incrementar a segurança nas estradas.

VII. PRIVACIDADE, SIGILO E SEGURANÇA

Embora o filósofo Marshall MacLuhan tenha cunhado a expressão “aldeia global” ainda na era da televisão, ela parece mais apropriada para o mundo de hoje, marcado pela onipresença da Internet. Ainda que esse conceito suscite justo entusiasmo pelas possibilidades que ele sugere, ele também nos coloca novos desafios, bem como potencializa velhos problemas.

Ao facilitar o acesso instantâneo de todos a todos, a Internet facilita a geração de “spams”, seja com finalidade comercial ou criminoso. A abordagem maliciosa de pessoas vulneráveis, um problema antigo, é facilitada pela Internet.

Outro crime potencializado pela Internet e pela Teia Mundial é o “*bullying*”, através do qual as vítimas são vilipendiadas abertamente diante da sua comunidade de contactos, num violento processo de privação sócio-afetiva.

Estas situações suscitam novas questões éticas e legais, gerando a necessidade de compreender mais profundamente as novas formas de sociabilidade e, a partir dessa compreensão (ou seja, da compreensão dos próprios internautas), regular o ciberespaço para proteger a dignidade e a privacidade de todos.

VIII. FORMAÇÃO PARA O SÉCULO XXI

Desde a sua origem no século XIX, as Telecomunicações sempre se basearam num conhecimento

multidisciplinar, abrangendo a matemática e as ciências naturais, especialmente a física e a química, agregando-as através da visão sistêmica e, especialmente, da Teoria da Informação. Foi de um laboratório de comunicações que saiu o transistor, considerado a invenção mais importante do século passado, alicerçada em noções da física quântica. Durante o longo período em que o setor foi pesadamente regulado no século XX, essa abrangência disciplinar parecia adequada e suficiente para a formação dos profissionais da área.

Após a desregulamentação que se seguiu à quebra dos monopólios, multiplicaram-se os novos serviços e ambientes de comunicações como a própria Internet, e a digitalização favoreceu a incorporação de tecnologias de comunicações em outros setores, agregando-lhes valor. Multiplicaram-se assim tanto as oportunidades como os riscos associados ao uso da informação em todas as atividades humanas. Esses desenvolvimentos apontam para a necessidade da formação interdisciplinar na preparação de profissionais para o setor das Telecomunicações. O rigor da formação científica continua necessário, mas não é mais suficiente, na medida em que o profissional deverá ser capacitado a pensar “fora da caixa”, dialogando com profissionais de outras áreas, algumas emergentes como a neurociência, outras até bem antigas como o Direito.

O século XXI enfrenta situações de complexidade sem precedentes, que não podem ser resolvidas a partir de uma única abordagem disciplinar. Por isso, há necessidade de reforçar a formação geral dos especialistas, a fim de que eles possam participar eficazmente de equipes interdisciplinares que combinem a sua capacidade de resolver problemas com o imperativo de problematizar as soluções.

Essa situação não é específica da área de Telecomunicações, mas se estende para o ensino superior como um todo, com implicações sobre o recorte das suas especialidades ou modalidades.

A. Século XX: O Recorte “Clássico” das Engenharias

Até meados do século XX, a formação de engenheiros no Brasil se voltou primordialmente para suprir a necessidade de pessoal para projetar e executar obras para apoiar a urbanização da sociedade. Daí a ênfase na Engenharia Civil, voltada para um universo de aplicações que engloba as edificações, os cálculos estruturais, as obras públicas, etc., sem vinculação *a priori* com uma disciplina científica em particular.

Ao mesmo tempo, a combinação da urbanização com o desenvolvimento científico multiplicou as aplicações dos novos conhecimentos em múltiplos setores de atividade. Daí o surgimento, em meados do século XX, de Engenharias que não eram definidas pelo universo de suas aplicações, mas sim por uma disciplina científica da qual derivariam suas aplicações, sem delimitá-las *a priori*. Foi assim que surgiram a Engenharia Elétrica, a Engenharia Mecânica, a Engenharia Química, mais recentemente a Engenharia Física, etc.. Nesta concepção, cada Engenharia é definida a partir de uma disciplina científica identificada como portadora de soluções numa ampla gama de atividades humanas: a eletricidade, a mecânica, a química, etc.. Ela parte da visão da disciplina-mãe como uma “*solucionática*”, com o perdão do

neologismo, que fornece soluções para problemas suscetíveis de serem resolvidos por ela.

Essa abordagem foi extremamente bem-sucedida no que ela se propunha a fazer. O caso mais emblemático desse sucesso foi o da Engenharia Elétrica, que procurava identificar soluções que usassem os fenômenos elétricos, talvez por terem sido estes praticamente ignorados pela Humanidade até o século XIX. O uso desses fenômenos, especialmente na forma de ondas e circuitos, gerou aplicações em inúmeras áreas, inclusive na comunicação à distância: daí o advento das modernas Telecomunicações no bojo da Engenharia Elétrica.

A adoção desta abordagem essencialmente disciplinar fez com que o século XX gerasse grandes inovações, mas sem necessariamente atacar de frente os problemas mais prementes da sociedade. Na medida em que se parte de uma disciplina em busca dos problemas que ela pode resolver, não há garantia de que os problemas beneficiados sejam os mais críticos ou importantes. Essa constatação levou alguns pensadores a propor a abordagem interdisciplinar, na qual a investigação parte do problema ou da problemática, que mobiliza a busca de soluções seja num domínio disciplinar quando isso é possível, seja através do concurso de várias disciplinas como geralmente ocorre em problemáticas reais.

É claro que nada impede que ambas as estratégias sejam usadas ao mesmo tempo, uma procurando soluções interdisciplinares para problemáticas prementes; e outra procurando problemas, não necessariamente prementes, que possam ser resolvidos por um ferramental disciplinar. Porém, durante o longo período da Guerra Fria, a abordagem disciplinar foi muito priorizada pela chamada *Big Science*, beneficiando a sociedade apenas com seus chamados *spinoffs*.

Assim sendo, o século XXI recebe um legado de vários problemas prementes, não resolvidos; e um enorme arsenal de “soluções” geradas pela dinâmica do mercado ou pelo esforço bélico das grandes potências, que até podem ajudar, mas não foram engendradas para resolver os ditos problemas; e frequentemente geram novos problemas quando aplicadas em escala ilimitada, sem a devida problematização socioambiental. Em consequência, o foco das organizações sociais, inclusive e especialmente o das Universidades, está se deslocando do desenvolvimento das disciplinas para o estudo dos problemas mais prementes da sociedade.

Um exemplo desta tendência pode ser observado na Universidade de Illinois em Urbana - Champaign, que recentemente lançou um programa de novas contratações que deve levar à admissão de 500 novos docentes nos próximos 5 a 7 anos, no que talvez sinalize o início do fim da crise que assola as Universidades do Primeiro Mundo. As áreas dessas contratações não são definidas pelo perfil disciplinar dos candidatos, mas sim pelo seu compromisso com o estudo e a solução dos problemas mais prementes da sociedade americana e global, agrupados em seis “clusters” ou eixos principais:

- Desenvolvimento Econômico
- Educação
- Energia e Ambiente
- Saúde e Bem-Estar (“Wellness”)
- Informação e Tecnologia

- Igualdade Social e Intercultural (“*Cultural Understanding*”)

Observe que as Telecomunicações enquanto tecnologia, ainda que apresentem maior centralidade no eixo da Informação e Tecnologia, estão presentes em todos os demais, viabilizando soluções ou agregando valor. Mas não se espera mais que ela se sustente por si só, ou pela intermediação cega do mercado, se não pela sua contribuição à construção de soluções interdisciplinares das problemáticas apontadas.

B. O Bacharelado Interdisciplinar

No Brasil, a criação da primeira Universidade do século XXI, a UFABC, se deu em 2005 sob o signo da interdisciplinaridade, e por isso se filia a essas novas tendências. Tendo começado do zero, foi então concebida uma estrutura curricular na qual a primeira etapa do ensino superior é constituída necessariamente por um Bacharelado Interdisciplinar (BI). Nele, o aluno egresso do Ensino Médio irá receber uma formação interdisciplinar numa grande área do conhecimento, como a Ciência e a Tecnologia, tema do primeiro BI, com o qual as Engenharias apresentam maior afinidade. Um segundo BI, em Ciências e Humanidades, foi criado em 2009.

Os cursos de Engenharia da UFABC têm duração de dois anos em dedicação integral, e são oferecidos aos alunos egressos do Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia (BCT), cuja duração é de três anos em dedicação integral. A partir do ensino médio, portanto, a formação dos engenheiros se mantém nos tradicionais cinco anos. O percurso dessas cinco anos, porém, segue uma dinâmica nova, baseada em alguns novos pressupostos:

- a) A formação dos futuros engenheiros inicia-se com a construção de um sólido substrato teórico-conceitual abrangendo toda a área de Ciência e Tecnologia, que é compartilhada com a formação dos futuros cientistas (físicos, químicos, biólogos, matemáticos, cientistas da computação, e neurocientistas);
- b) A opção por uma carreira de Engenharia ou uma carreira científica ocorre apenas no terceiro ano do BCT, colocando os futuros engenheiros, no contexto do século XXI, em contato mais próximo com os futuros cientistas, num diálogo entre iguais;
- c) O currículo do BCT é constituído de 47% de créditos em disciplinas obrigatórias, 30% de créditos em disciplinas de opção limitada, selecionadas pelo aluno dentre um grupo pré-determinado; e 23% de disciplinas de livre escolha do aluno.

Assim sendo, o aluno do BCT, quando chega ao terceiro ano ou mesmo antes, pode usar a sua liberdade de escolha de disciplinas livres para “degustar” as diversas opções de cursos de formação específica oferecidas pela Universidade ou por outras instituições que também ofereçam a mesma formação interdisciplinar em Ciência e Tecnologia. Dessa degustação pode resultar uma opção mais motivada e consciente por um curso de formação específica. Mais importante que isso, dela resulta o enriquecimento do currículo do aluno com a diversidade de visões, abordagens e métodos que compõem o poderoso arsenal analítico e conceitual das Ciências e Engenharias modernas. Neste

processo, cada aluno faz o seu próprio currículo, gerando uma diversidade de perfis cognitivos no espaço coletivo, montada sobre forte base teórico-conceitual comum, necessárias para dar conta do dinamismo tecnológico do nosso tempo, numa perspectiva interdisciplinar.

C. Um Recorte Interdisciplinar para as Engenharias

Tendo em vista a formação interdisciplinar dos alunos de Engenharia, não teria sentido definir as formações específicas a partir de recortes disciplinares. A partir da base interdisciplinar, a formação específica do engenheiro do século XXI pode e deve se voltar para problemáticas fundamentais do mundo contemporâneo. Como essas problemáticas emanam de realidades cada vez mais complexas, seu número e variedade crescem com o tempo, de maneira que nenhuma instituição poderia ter a pretensão de abordar todas essas questões. Daí a importância de conferir ampla liberdade às Universidades para propor novos perfis cognitivos aos futuros engenheiros, deixando aos órgãos de classe a faculdade de classificá-los num universo mais limitado de perfis profissionais.

Pensando nisso, a UFABC oferece oito modalidades de Engenharia, numa lista que não tem a pretensão de exaurir as possibilidades, ou mesmo as necessidades, da sociedade moderna. Nela encontramos Engenharias que buscam desenvolver a capacidade da sociedade se apropriar eficientemente de insumos e grandezas críticas da sociedade contemporânea, como os Materiais, a Energia e a Informação. A Engenharia Ambiental e Urbana aborda a necessidade de dar sustentabilidade ao desenvolvimento, conciliando-o com a preservação do meio ambiente. A Engenharia Aeroespacial se preocupa com a conquista do espaço e o seu uso na gestão do planeta. A Engenharia de Gestão busca o aperfeiçoamento dos processos gerenciais com vistas à sua eficácia e produtividade. A Engenharia de Instrumentação, Automação e Robótica promove o constante monitoramento e automatização dos processos, visando à promoção da sua confiabilidade e produtividade. Finalmente, a Engenharia Biomédica coloca a tecnologia a serviço do bem-estar humano, intermediada pela Medicina. Em maior ou menor grau, as Telecomunicações estão presentes em todas essas modalidades, mas alcançam maior centralidade na Engenharia da Informação.

D. A Engenharia da Informação

A Engenharia da Informação é constituída pela convergência de áreas tradicionais como as Telecomunicações e a Computação, sendo focada em temáticas que emergem dessa convergência, como o Processamento Multimídia, a Mobilidade, as Redes Sociais, a Inclusão Digital, as novas Arquiteturas de Redes, a neutralidade das redes, e outras, inclusive as discutidas nas Seções III a VII acima. A motivação principal decorre da utilização e importância do computador e da Internet tanto na vida privada como pública, os avanços na comunicação móvel, a dependência cada vez maior por informação com mobilidade, o advento de novos serviços e aplicações multimídia, os grandes avanços tecnológicos, a oferta de novos dispositivos e serviços a preços mais acessíveis, aliados à velocidade com que a tecnologia evolui. A área

engloba as diversas vertentes que no seu conjunto podem ser caracterizadas como as tecnologias da informação, num contexto multidisciplinar e volátil associado ao caráter social da informação.

Além disso, a Engenharia da Informação está na raiz dos grandes avanços do século XXI, adequada para fornecer respostas possíveis a uma sociedade cuja dinâmica é altamente dependente da disponibilidade de informação em qualquer lugar, a qualquer momento: a chamada Sociedade da Informação. Algumas idéias-força foram legadas pelo século XX, especialmente Telecomunicações e Computação, mas agora elas se projetam sobre uma sociedade em que a informação se torna um elemento essencial, moldando novos comportamentos sociais e produtivos. Os novos clientes da informação exigem acessos imersivos em ambientes naturais de comunicações onde possam buscar informações, oportunidades de negócios, educação ou trabalho, intercâmbios culturais ou sociais, etc. Os canais de comunicação se tornam invisíveis, na medida em que o usuário espera navegar em ambientes de comunicação. Mais recentemente, a interação e o acesso à informação ultrapassam a navegação tradicional, lidando com ambientes baseados em realidade virtual e mundos inteiramente digitais.

A Engenharia da Informação não é apenas uma nova área do conhecimento, no sentido de ser associada a novos conteúdos. No novo mapa das Engenharias, elas são definidas pelas grandezas básicas que balizam o crescimento econômico (informação, energia, ambiente) e pelos sistemas que lhe dão sustentação social (saúde e educação) e logística. Socialmente referenciadas na sua própria concepção, as novas Engenharias mobilizam conhecimentos de diversas disciplinas científicas, integradas por perspectiva interdisciplinar do saber.

Além da UFABC, algumas universidades que oferecem programas de graduação em Engenharia da Informação são a Universidade de Hong-Kong, China (<http://www.ie.cuhk.edu.hk>), a Universidade de Sydney, Austrália (<http://www.ee.usyd.edu.au>) e a Universidade de Cambridge, (<http://www.eng.cam.ac.uk/research/div-f/index.html>), Inglaterra.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece aos colegas Profs. Drs. João Cesar Moura Mota e Marcelo Sampaio Alencar o convite para apresentar esse trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] Claude E. Shannon: *A Mathematical Theory of Communication*, Bell System Technical Journal, Vol. 27, pp. 379–423, 623–656, 1948.
- [2] Tor Norretranders, *The User Illusion: cutting consciousness down to size*, Penguin Books.
- [3] K.J. Christensen, C. Gunaratne, B. Nordman, A.D. George, The next frontier for communications networks: power management, *Computer Communications* 27 (2004), pp. 1758-1770.