

# A nova convergência da ciência e da tecnologia<sup>\*1</sup>

---

*Esper Abrão Cavalheiro*

*"If the Cognitive Scientists can think it,  
the Nano people can build it,  
the Bio people can implement it, and  
the IT people can monitor and control it"*  
(Wallace citado por Roco e Bainbridge, 2002)

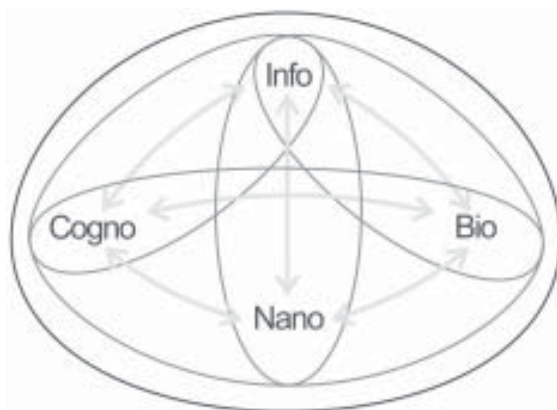
A declaração quase poética acima foi feita por um dos participantes do simpósio intitulado "Converging Technologies for Improving Human Performance", realizado em 2001, financiado pela National Science Foundation dos Estados Unidos da América e organizado por Mihail C. Roco e William S. Bainbridge. A Convergência Tecnológica, tal como tratada nesse simpósio, refere-se à combinação sinérgica de quatro grandes áreas do conhecimento: a Nanotecnologia, a Biotecnologia, as Tecnologias da Informação e da Comunicação e as Ciências Cognitivas (Neurociência), campos que vêm se desenvolvendo com grande velocidade nas últimas décadas. Ao propor a possibilidade dessa Convergência como uma realidade para o futuro próximo, os participantes desse encontro apontam para o fato de que cada uma dessas tecnologias, individualmente, já é capaz de introduzir modificações significativas na sociedade e no ambiente e que a combinação das quatro áreas poderá, portanto, trazer modificações muito mais expressivas. Com foco no que seus participantes chamaram de "novo renascimento da ciência e da tecnologia", o simpósio americano abordou várias possibilidades para a aplicação da Convergência, desde as tecnologias para o prolongamento da vida até aquelas dirigidas para o aprimoramento de funções mentais, incluindo o aumento da velocidade do aprendizado e da memorização.

---

<sup>\*</sup> Artigo publicado na revista "Novos Estudos", do Centro Brasileiro de Análise e Planejamento (Cebap), vol. 78, 2007.

<sup>1</sup> Este texto é resultado de reflexões ocorridas no Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) como subsídio para seu estudo na área da Convergência Tecnológica.

A partir desse simpósio e do documento ali originado (Roco e Bainbridge, 2002) e que serviram, em boa medida, para determinar a presença da nova Convergência nas pesquisas já em andamento e abrir o espectro de indagações sobre suas possíveis aplicações futuras, várias outras reuniões científicas se seguiram, principalmente na Europa, na tentativa de garantir espaço adequado para a ciência e a tecnologia desenvolvidas do outro lado do Atlântico. Assim, em 2004, foi divulgado o documento resultante das discussões ocorridas no seio da Comunidade Européia em torno da nova Convergência. Esse documento, que teve alguns títulos intermediários (Converging Technologies: Shaping the Future of European Societies ou Converging Technologies for a Diverse Europe ou ainda Converging Technologies for the European Knowledge Society – CTEKS), evidencia a preocupação daquela Comunidade em não se envolver profundamente com os aspectos da Convergência relacionados ao aprimoramento das funções humanas e, ao mesmo tempo, ressalta a presença mais marcante de valores humanísticos e sociais na sociedade européia.



As quatro áreas centrais da nova Convergência

Assim, algumas definições ou significados foram atribuídos a essa nova Convergência Tecnológica e algumas delas podem ser úteis para compreender as diferentes abordagens que alicerçam as várias discussões que têm ocorrido em torno da mesma:

- “Convergência Tecnológica compreende a combinação sinérgica de quatro grandes domínios da ciência e da tecnologia (“NBIC –

nano-bio-info-cogno”) que estão se desenvolvendo de forma muito rápida” (National Science Foundation, Estados Unidos da América, 2002).

- “Convergência se refere às múltiplas formas nas quais as nanotecnologias se combinarão, no futuro, com outras tecnologias e que refletirão sua genuína natureza interdisciplinar” (The Royal Society & The Royal Academy of Engineering, Inglaterra, 2004).
- “Convergência Tecnológica representa o conjunto de conhecimentos e tecnologias que se associam na busca de um objetivo comum. Essa abordagem foca a necessidade do estabelecimento de agendas ou metas comuns para a convergência” (High Level Expert Group, Comunidade Européia, 2004).
- “O termo Tecnologias Convergentes se refere ao estudo interdisciplinar das interações entre sistemas vivos e sistemas artificiais para o desenho de novos dispositivos que permitam expandir ou melhorar as capacidades cognitivas e comunicativas, a saúde e a capacidade física das pessoas e, em geral, produzir um maior bem estar social” (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Espanha, 2005).
- “Convergência Tecnológica é um rótulo atual que aponta para a emergente interação entre áreas de pesquisa e de desenvolvimento tecnológico anteriormente separadas. Tal mudança resulta em novas possibilidades tecnológicas do ponto de vista qualitativo com impactos potencialmente revolucionários” (Study Centre for Technology Trends, Holanda, 2006).

Independentemente do significado atribuído à Convergência Tecnológica, pode-se considerar a nanotecnologia como aquela cuja contribuição permite e facilita a interação entre os organismos vivos e os dispositivos desenhados pelo ser humano. Os efeitos dessa interação podem se manifestar tanto em nível macroscópico (indivíduos, sensores, sistemas de informação) como na escala nanométrica (material genético, nanotubos). Assim, os dois elementos-chave da Convergência são a noção

de interação e o desenho de dispositivos que atuam na interface entre organismos vivos e componentes do processo de informação. Nesse contexto, o termo Convergência se refere às tendências ou expectativas de sinergia no desenvolvimento dessas quatro áreas tecnológicas com o objetivo de reforçá-las e de, ao combiná-las, criar novos campos de aplicação

Desde sua concepção inicial, a Convergência Tecnológica evoluiu, principalmente no meio científico norte-americano, de uma tendência para um movimento que procura acelerar a unificação das ciências com o objetivo de dar aos seres humanos uma vasta gama de poderosas opções tecnológicas na medida em que ela não consiste apenas no mero agrupamento de áreas com maior desenvolvimento no ambiente de ciência, tecnologia e inovação atual, mas na formação de um conjunto de teorias e de dispositivos completamente integrados. Entretanto, preocupações relacionadas à aplicação militar da tecnologia NBIC passaram, mais recentemente, a assumir papel significativo nas discussões internas daquele país e revelaram importantes contornos éticos da questão.

A seguir, estão colocadas algumas das possíveis aplicações práticas da nova Convergência na perspectiva daquilo que vem sendo amplamente discutido nos ambientes internacionais:

- Melhoria da saúde e da capacidade física humana: nanobio-processadores para a pesquisa e o desenvolvimento de novas estratégias terapêuticas, incluindo aquelas resultantes da bioinformática, da genômica e da proteômica; implantes de base nanotecnológica e biosistemas regenerativos para substituir órgãos humanos ou para monitoração do bem-estar fisiológico; dispositivos em escala nanométrica para a intervenção médica, plataformas multimodais para aumentar a capacidade sensorial, principalmente para os indivíduos com déficits visuais e auditivos; interfaces cérebro-cérebro ou cérebro-máquina; ambientes virtuais para o treinamento e a execução de tarefas independentemente da escala física em que estão sendo realizados.
- Melhoria das relações sociais e de grupos sociais: remoção das barreiras de comunicação determinadas por incapacidade física, pela diferença de línguas, pela distância geográfica e pelos

diferentes níveis de conhecimento levando, assim, a um aumento na efetividade e na eficiência da cooperação entre ambientes educacionais, corporativos, de governo, e outros. Outras áreas de aplicação incluem o aumento da produtividade e da criatividade, a engenharia cognitiva e desenvolvimentos relacionados a uma sociedade interconectada.

- Segurança nacional: devido às alterações radicais na natureza dos conflitos humanos ocorridos recentemente, os serviços de defesa nacionais podem ser fortalecidos a partir da Convergência nas áreas de antecipação de ameaças, na construção de veículos de combate teleguiados, na educação e no treinamento para a guerra, na elaboração de respostas adequadas às ameaças químicas, biológicas e físicas; no desenvolvimento de novos sistemas de combate, no tratamento não-medicamentoso para aumentar o desempenho humano e nas aplicações de interfaces entre os seres humanos e instrumentos ou dispositivos.
- Unificação da ciência e da educação: os desafios apresentados pelas novas tecnologias demandam transformações radicais nos ambientes educacionais, desde o nível elementar até a formação de pós-graduados. A convergência de disciplinas previamente isoladas não pode ocorrer sem a emergência de novos tipos de indivíduos capazes de compreender, em profundidade, esses múltiplos campos e que possam, de forma inteligente, trabalhar para a sua integração. Novos currículos e novas formas de instituições educacionais são necessários.
- Expansão da cognição e da comunicação humana: deve-se atribuir alta prioridade aos esforços multidisciplinares que levam à compreensão da estrutura, das funções, e do aprimoramento potencial da mente humana. Além disso, deve-se priorizar o desenvolvimento de dispositivos para a interface sensorial pessoal, o enriquecimento das comunidades através de tecnologias humanizadas, aprender a aprender e aperfeiçoar instrumentos que facilitem a criatividade.

Desta forma, sugere-se às agências governamentais e ao setor privado que assumam como objetivo explorar o potencial da nova Convergência Tecnológica no aprimoramento do desempenho humano

e, em consequência, as alterações revolucionárias que sua aplicação poderá ter sobre a economia e a sociedade. Nesse aspecto, a nova Convergência é uma oportunidade ímpar colocada na fronteira do conhecimento que será desenvolvida no ambiente de ciência e tecnologia no decorrer das próximas décadas e que permite antever inúmeras novas conquistas para a humanidade. É nesse aspecto que a Convergência Tecnológica tem sido identificada como o verdadeiro motor das iniciativas recentes de inovação, pois embora ela não se constitua em um verdadeiro programa de financiamento para a ciência e a tecnologia, essa nova Convergência tem norteado grandes programas nacionais, tais como a Iniciativa Nacional de Inovação do governo americano, aqueles direcionados à nanomedicina e à nanobiotecnologia da Comunidade Européia e, mais recentemente, o programa de financiamento voltado para as interações entre a área da saúde e as tecnologias de comunicação e informação proposto pelo governo canadense.

Por outro lado, e como já observado antes a respeito da presença mais marcante de valores humanísticos e sociais na sociedade européia, vários estudos foram e continuam a ser realizados, principalmente em países europeus, sobre os aspectos éticos, legais e sociais da Convergência Tecnológica (relatório SIG-II). Especificamente nesse relatório, nota-se uma preocupação particular com o fato de que a nova Convergência não considera apenas os aspectos heurísticos da nanociência, mas oferece um conceito tecnológico do humano e da natureza e que implica na quebra das fronteiras entre o humano, a natureza e os artefatos tecnológicos e pressupõe o ideal do aprimoramento, e este aprimoramento do ser humano e da natureza é um grande desafio para a sociedade contemporânea.

Entre as questões morais e éticas relacionadas à aplicação da nova Convergência Tecnológica, destacam-se as preocupações quanto às relações entre o humano e a natureza, entre o corpo e a mente e o “espírito”; à existência e o caráter do livre arbítrio e seu impacto sobre os conceitos de responsabilidade moral e legal e à delegação dessas mesmas responsabilidades a artefatos tecnológicos; ao relacionamento entre entidades vivas e não-vivas; à manipulação do código genético e suas consequências, entre outras.

Tal como apontou Stehr, faz-se necessária a reflexão sobre as consequências da proliferação de novos conhecimentos científicos e

tecnológicos para a sociedade contemporânea e sobre a possibilidade de controlar o uso e o consumo desses novos conhecimentos. O argumento central desse autor baseia-se na necessidade de um novo campo de atividade política em sociedades modernas e democráticas que objetivem regular o desenvolvimento e o uso do avanço recente da ciência e da tecnologia. Para ele, o uso instantâneo e irrestrito do novo conhecimento não é mais possível – se é que já o foi – em função de seus possíveis efeitos sobre a vida. Entretanto, o próprio Stehr se questiona sobre “o que”, “como” e “quem” pode estar envolvido nessa regulamentação.

Outras visões dentro da agenda da Convergência Tecnológica têm proposto o uso do “princípio da pró-ação” em substituição ao princípio da precaução que, atualmente, tem sido invocado na regulação da ciência e da tecnologia. O princípio da pró-ação baseia-se na necessidade de que os benefícios alcançados devem ultrapassar os possíveis danos resultantes do uso da nova Convergência. Neste princípio estariam incluídas as leis de responsabilidade limitada para a aplicação das novas tecnologias e a liberalização das condições que permitem aos indivíduos se apresentarem voluntariamente para tratamentos inovadores. Entretanto, uma das melhores possibilidades para o tratamento adequado do assunto seria, como já anunciado nos documentos europeus, a ocorrência de uma Convergência mais ampla, na qual as ciências naturais integradas com as ciências humanas e sociais, pudessem trabalhar as relações éticas e legais da Convergência desde os estágios mais iniciais de sua elaboração como programa de ciência, tecnologia e inovação. Tal como apontou Gordijn (2006), caso as perspectivas futuras de aplicação da nova Convergência Tecnológica no aprimoramento humano se concretizem, estaremos realmente entrando em uma nova era que testemunhará o uso generali-



zado da Convergência na transformação de nossa biologia com o propósito de aumentar o nosso desempenho. Especialmente neste caso, com lembra esta autora, a reflexão ética não deverá esperar até que as pesquisas estejam completas e que seus efeitos sejam descobertos na prática.

Em paralelo a essas discussões, outro importante segmento das sociedades desenvolvidas começa a se preparar para essa nova onda que ocorre no ambiente de ciência, tecnologia e inovação e que está relacionado aos novos produtos oriundos da Convergência Tecnológica e seus mercados, seu papel no crescimento econômico tanto nos países com maior tradição no uso do conhecimento como base da economia bem como naqueles considerados emergentes neste aspecto; ao redirecionamento das indústrias já existentes; ao surgimento de novas modalidades de empresas, etc. As novas tecnologias acabam sempre por induzir uma mais vigorosa competitividade entre as empresas, como tem sido observado no recente campo da convergência digital, com o rápido crescimento de produtos e serviços dela resultantes. Embora isto não seja novo, o fenômeno mais recente indica o quanto as novas tecnologias são capazes de romper com os limites tradicionais das indústrias ao promoverem uma realocação dramática de segmentos do mercado e ao fazerem com que empresas que anteriormente atendiam a segmentos diferenciados passem a competir pelos mesmos consumidores. Pode-se, portanto, imaginar qual o impacto que a nova Convergência poderá ter nos novos mercados através de produtos e serviços não só direcionados para a solução de questões que afligem a humanidade, mas, principalmente, daqueles que servirão para o aprimoramento de suas funções cognitivas.

As perspectivas abertas pela Convergência Tecnológica são imensas. Não são menores os temores que ela inspira para os mais pessimistas. Seus desafios parecem atrair, atualmente, os melhores cérebros do mundo e mobilizar paixões intensas assim como extensos interesses. Estaremos diante de uma ferramenta capaz de tornar o mundo melhor e mais humano ou essa será a versão *hi-tech* que ecoa a tentação bíblica do “sereis como deuses”? Os programas e projetos da nova Convergência Tecnológica e suas aplicações conseguirão que os esforços titânicos de equipes de cientistas consigam, finalmente, por em mãos humanas o fogo dos deuses para fazer que o progresso tecnológico seja sinônimo de vidas mais felizes, trazendo assim para a história o mito de Prometeu sem o castigo das correntes ou correremos o risco de repetir a

saga trágica do Dr. Victor Frankenstein criado por Mary Shelley que, é bom lembrar, escolheu para subtítulo de seu livro *o moderno Prometeu?* O certo é que a Convergência Tecnológica abre possibilidades e encerra dilemas éticos importantes demais para que seu monopólio pertença a quem quer que seja, inclusive a cientistas. Deve, portanto, interessar, implicar e mobilizar a todos. Porque, para além de ser um tema de interesse para a ciência de ponta, certamente pressupõe dimensões de uma nova cidadania planetária.

#### REFERÊNCIAS

- BAINBRIDGE, William S.; ROCO, Mihail C. (Ed.). *Managing nano-bio-infocogno innovations: converging technologies in society*. Dordrecht: Springer, 2006.
- BERNOLD, Thomas (Org.). *Converging technologies for a diverse Europe*. Bruxelas: European Commission report. 2004.
- BIBEL, W. (Org.). *Converging technologies and the natural, social and cultural world*. Bruxelas: European Commission HLEG Foresighting the New Technology Wave, 2004. Special interest group-report.
- CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS. *El desafío de la convergencia de las nuevas tecnologías (Nano-Bio-Info-Cogno)*. Barcelona, 2005.
- DOORN, Maurits (Ed.). *Converging technologies: innovation patterns and impacts on society*. [S.l.: s.n.], 2006. The Netherlands Study Centre for Technology Trends report.
- NORDMANN, Alfred (Org.). *Converging technologies: shaping the future of European societies*. Bruxelas: European Commission HLEG Foresighting the New Technology Wave, 2004.
- RINGLAND, Gill (Org.). *Economic effect of converging technologies*. Bruxelas: European Commission HLEG Foresighting the New Technology Wave, 2004. Special interest group III-report.
- ROCO, Mihail C.; BAINBRIDGE, William S. (Ed.). *Converging technologies for improving human performance: nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive sciences*. Arlington: [s.n.], 2002. NSF/DOC-sponsored report.
- SHELLEY, Mary. *Frankenstein*. Oxford: [s.n.], 2001.
- STATMAN, J. (Org.). *Ethical, legal and societal aspects of the converging technologies (NBIC)*. Bruxelas: European Commission HLEG Foresighting the New Technology Wave, 2004. Special interest group II-report.

STEHR, Nico. *Knowledge politics: governing the consequences of science and technology*. Boulder: Paradigm Publishers, 2005.

THE ROYAL SOCIETY; THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. Londres, 2004.

## Resumo

A ação sinérgica de quatro campos científicos e tecnológicos, os quais apresentam crescimento acelerado nas últimas décadas, isto é, a nanotecnologia, a biotecnologia, as tecnologias de comunicação e informação e as ciências cognitivas (neurociência), tem sido intitulada de Convergência Tecnológica. Este artigo faz uma revisão das principais discussões que vêm ocorrendo no seio da comunidade científica internacional sobre o desenvolvimento dessa nova Convergência e assinala para a necessidade de uma abordagem mais ampla, para além daquela restrita ao ambiente das ciências naturais, com a inclusão das ciências humanas e sociais e outros fundamentais atores da sociedade contemporânea.

## Palavras-chave

Convergência tecnológica. Nanotecnologia. Biotecnologia. Tecnologias da informação e da comunicação. Neurociências.

## Abstract

*The synergistic combination of four major fields of science and technology which are progressing at a rapid rate, i.e., nanotechnology, biotechnology, information and communication technologies, and cognitive science including neurosciences, is known as Convergent Technologies. This paper reviews the recent impact of this Convergence on S&T&I environments and points out to the need of amplifying the discussions to include humanities and social sciences and other important actors of contemporary societies.*

## Keywords

*Converging Technologies. Nanotechnology. Biotechnology. Information and Communication Technologies. Neurosciences.*

## O Autor

ESPER ABRÃO CAVALHEIRO é assessor da Presidência do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e professor titular de Neurologia Experimental da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp). E-mail: [esper@cgee.org.br](mailto:esper@cgee.org.br)