

NEUROTECNOLOGIAS¹

Renata Lemos²

PUC SP / UNIVALI / Instituto Eletrocooperativa

Resumo

O avanço da nanotecnologia está trazendo novos hibridismos para a neurociência, alterando a subjetividade tecnológica no ciberespaço. Este artigo analisa estas possibilidades, analisando o caso das “Arquiteturas Robóticas Celulares Inspiradas Biologicamente”, no qual um neurônio robótico artificial está sendo desenvolvido por uma equipe internacional de cientistas. A integração de artefatos nanotecnológicos a processos neurológicos, assim como os novos tipos de drogas psicoativas que possibilitam o design neurotecnológico de atitudes e comportamentos humanos, trazem dilemas éticos para a neurociência, configurando o novo campo da neuroética.

Palavras-chave

Neurotecnologia. Convergência Nano Bio Info Cogno. Interfaces cognitivas híbridas.

Introdução

A nanotecnologia, a tecnologia da interface entre o nível quântico e o nível sólido da matéria, tem revolucionado as possibilidades de manipulação e alteração de materiais orgânicos e inorgânicos. Tanto em aplicações industriais e/ou eletrônicas, nas quais novas propriedades são adquiridas por um material, quanto nas aplicações biotecnológicas, nas quais a manipulação genética e/ou transgênica permite a livre alteração de fenótipos; é através da nanotecnologia aplicada às diversas áreas científicas que surge uma nova relação híbrida entre ser humano, corpo e ambiente.

Entre todas estas diversas áreas, a pesquisa sobre aplicações cognitivas da nanotecnologia talvez seja a menos desenvolvida até agora, se comparada ao avanço das outras aplicações, como as biotecnológicas e industriais. Contudo, é na área emergente da neurotecnologia que começam a despontar possibilidades realmente radicais como o

¹ Artigo científico apresentado ao eixo temático “Entretenimento, práticas socioculturais e subjetividade”, do III Simpósio Nacional da ABCiber.

² Renata Lemos é doutoranda do COS, PUC SP, professora do Depto de Relações Internacionais da UNIVALI, Santa Catarina, e colaboradora do Instituto Eletrocooperativa, Salvador e São Paulo.
email: renata.lemoz@eletrocooperativa.org

desenvolvimento de interfaces híbridas entre mente e matéria. O hibridismo na nanotecnologia não é somente físico, mas também cognitivo. Estas novas interfaces cognitivas surgem com a evolução de nossa compreensão sobre os processos cerebrais. Pela primeira vez na história da ciência, temos acesso tão profundo aos processos neurológicos cerebrais, como nos diz Kurzweil (2005, p.25):

“o escaneamento do cérebro humano é uma das tecnologias cujo aceleração tem sido exponencial. (...) a resolução temporal e espacial e a velocidade de banda para o escaneamento cerebral se duplicam a cada ano. Estamos progressivamente obtendo as ferramentas suficientes para começar seriamente a engenharia reversa (decodificação) dos princípios operacionais do cérebro humano”.

Bostrom (2000, p.759) já havia abordado esta questão:

“A nanotecnologia nos dará um controle até hoje nunca visto sobre a estrutura da matéria. Uma das possíveis aplicações é usar nanomáquinas para desmontar um cérebro humano congelado ou vitrificado, e registrar a posição exata de cada neurônio, sinapse e outros parâmetros relevantes. Este projeto seria equivalente ao projeto Genoma. Com um mapa suficientemente detalhado de um cérebro humano, e uma maior compreensão sobre como os diversos tipos de neurônios atuam, poderíamos replicar o funcionamento deste cérebro em um computador através de uma simulação minuciosa de suas redes neurais”.

A construção nanométrica de artefatos tecnológicos que simulam organismos biológicos viabilizou a produção de arquiteturas celulares híbridas, contendo elementos biológicos e artificiais. A aplicação mais polêmica destas arquiteturas celulares é a neurológica. Estes avanços fazem possível a interferência nos processos cognitivos do ser humano através de circuitos nanocomputacionais. Esta é uma nova área que está sendo chamada de neurotecnologia (LYNCH, 2006). A neurotecnologia lida com os impactos da nanotecnologia e suas conseqüências para a neurologia e a interferência nos processos mentais dos seres humanos através de nanoartefatos. O avanço da biotecnologia por si só já havia criado novos dilemas éticos ao disponibilizar às pessoas “curas” farmacêuticas para estados emocionais como a depressão, por exemplo.

As drogas do bem-estar (ex.:Prozac) e as drogas para aumento da atenção e da memória (ex.:Ritalin) vem se popularizando e se tornando formas socialmente aceitas de intervenção nos processos cognitivos e psicológicos do ser humano. Com a neurotecnologia, estas possibilidades de intervenção se ampliam perigosamente.

O Quadro 1 apresenta algumas das prioridades de pesquisa cognitiva convergente que foram catalogadas pelo Departamento Nacional de Saúde dos Estados Unidos, por representarem possíveis avanços em um futuro próximo:

NANO	BIO	INFO	COGNO
Nanocristais ou pontos quânticos ligados a receptores celulares neurais	Pesquisa genética dos circuitos neurais	Instrumentos de visualização de processos cerebrais	Análise comportamental através de dinâmicas cerebrais
Sistemas microfluídicos para entrega biomolecular espaço-temporal in vivo	Biosensores seletivamente ativados por neurofarmacêuticos	Desenvolvimento de neuropróteses eletrônicas	Implantes estimuladores cerebrais terapêuticos
Sistemas microeletromecânicos para monitoramento de redes neurais	Sistema de entrega de genes e células	Software de tradução de neuroimagens	Prevenção de derrames ou ataques epiléticos
Sistemas nanoeletromecânicos para monitoramento de neurônios	Manipulação genética de atividades sinápticas	Datamining intra-cerebral	Novos métodos para análise da conectividade neural no cérebro vivo ou post-mortem

Quadro 1: Possibilidades em Neurotecnologia

Fonte: LYNCH ,2006, p.176-177

As aplicações que estão sendo desenvolvidas se referem às possíveis interferências neurotecnológicas em variados processos cerebrais, desde aqueles referentes às funções fisiológicas do corpo quanto a processos cognitivos relativos à percepção e aprendizagem. A evolução tecnológica aplicada ao progresso científico começa agora a adentrar a fronteira entre a matéria (ciências naturais) e a consciência (ciências biológicas, humanas e sociais aplicadas). Este território, que une a dimensão mental e emocional da consciência humana à sua realidade material interna e externa, vem sendo desbravado pela unidade da matéria na nanotecnologia.

Nesta fronteira, discernir o quê interliga sinapse (observável) a pensamento (não-observável) passa a ser uma possibilidade mais concreta. Neste contexto, é imprescindível um entendimento sobre o fenômeno da convergência tecnológica Nano Bio Info Cogno (NBIC). Devido ao aceleramento da evolução tecnológica este fenômeno adquire maiores proporções:

“Quando em conjunto, a Nanotecnologia, a Biomedicina, a Tecnologia da Informação e a Ciência da Cognição (NBIC) representam as capacidades tecnológicas que estão imediatamente à nossa frente. Elas caracterizam as possibilidades do mundo no qual estamos entrando, e assim nos colocam questões relativas às formas apropriadas de convívio e de desenvolvimento humano. Ao refletirmos sobre estas tecnologias, nós estamos fazendo muito mais do que discutir uma área periférica do estado da arte da ciência. Na promessa da convergência NBIC está a promessa, o risco e o desafio do nosso futuro” (KHUSHF, 2006, p.259).

Nanorobótica e Cognição: Arquiteturas Robóticas Celulares Inspiradas Biologicamente

Para um melhor entendimento sobre as interfaces híbridas cognitivas que se originam a partir da neurotecnologia, iremos expor brevemente o caso da pesquisa multidisciplinar da equipe internacional do Projeto de Pesquisas Multidisciplinares da Secretaria Naval do governo dos Estados Unidos³, que pesquisa sobre Redes Neurais Celulares Não-Lineares (CNN). Esta equipe, chefiada pelo Dr. Gary H. Bernstein, e contando com a colaboração de cientistas nos EUA, Espanha e Hungria, tem desenvolvido tecnologias NBIC relacionadas ao córtex visual (BERNSTEIN et al., 2006, p.133).

Este projeto tem frentes em cada uma das quatro áreas NBIC. Em relação à área Nano, o projeto “desenvolve sensores para radiação infra-vermelha visível ao construir antenas em escala nanométrica”. Na área Bio, o projeto desenvolve “pesquisa para mapeamento das estratégias da natureza na detecção motora e seletividade direcional apresentada por neurônios da retina”. Na área Info, o projeto desenvolve

“dois novos conceitos específicos de arquitetura celular: a Rede Neural Celular Não-Linear em Estrela (Star CNN) e a Métrica Dinâmica de Ondas. Em relação à área Cogno, espera-se que a combinação entre estes três eixos de pesquisa forneça uma plataforma para a inserção de circuitos robóticos inspirados biologicamente como auxiliares nos processos da visão de mamíferos” (BERNSTEIN et al., 2006, p.134-135).

No caso do mapeamento dos circuitos neurais da retina dos mamíferos, ocorre um processo de decodificação, quando se busca discernir a relação entre o percurso dos elétrons dentro do neurônio e a formação da imagem no cérebro. Acontece então a decodificação de determinados processos biológicos, que em seguida servem como modelo para a engenharia de artefatos nanorobóticos com codificações que replicam aquelas da biologia. Em suma: circuitos neuronais biológicos servem de modelo para circuitos neurais nanorobóticos em um mesmo sistema nanocomunicacional. Estes circuitos neurais são aqueles responsáveis pela

³ *Office of Naval Research Multidisciplinary University Research Initiative*

transformação dos estímulos das células retiniais em padrões visuais reconhecidos pelo cérebro. Através de uma técnica nanobiológica de inserção viral a nível molecular, foi possível “acender as luzes do circuito” e assim visualizar e decodificar o funcionamento deste circuito neural:

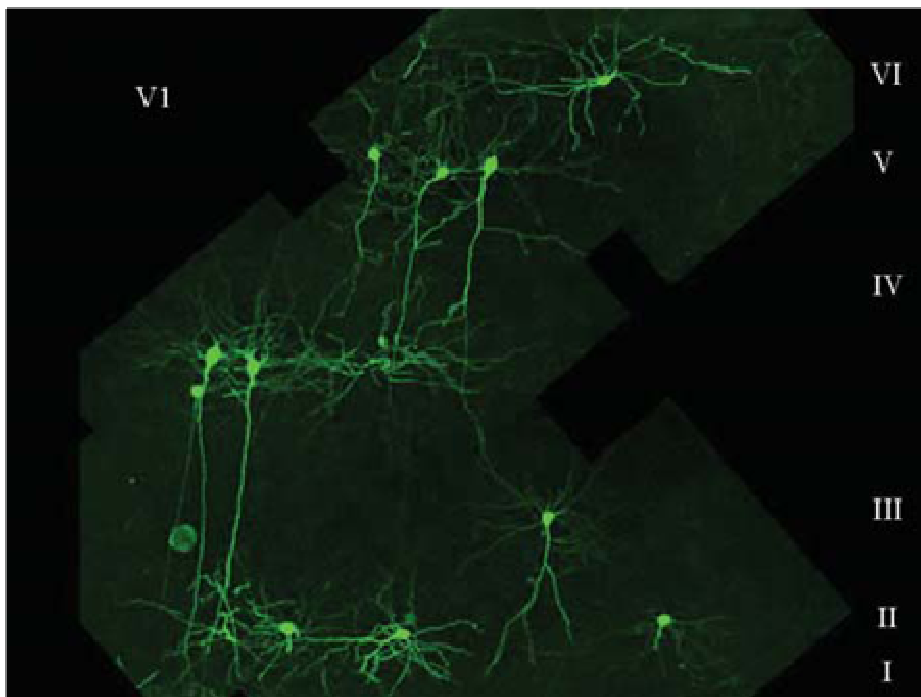


Figura 6 – Circuito Cortical Neural

Fonte: BERNSTEIN et al., 2006, p.145

Já em relação à área Info, a modelagem de uma arquitetura celular robótica em escala nanométrica está sendo feita a partir da tentativa de replicação artificial da arquitetura celular biológica, através da codificação de comportamentos inteligentes os quais simulam os comportamentos neurais biológicos. Esta codificação é particularmente difícil, pois busca replicar fenomenologias complexas e dinâmicas não-lineares como, por exemplo, a captação visual do movimento. A visão é um fenômeno complexo e não-linear. Ao buscar replicar artificialmente o funcionamento da visão, se faz necessário aplicar as mesmas dinâmicas não-lineares nas arquiteturas computacionais.

A área Info do projeto aqui apresentado se dedica principalmente a “...explorar o potencial da dinâmica não-linear na detecção, reconhecimento e classificação de eventos complexos. A detecção e classificação de objetos (eventos) complexos é um desafio difícil em que a dinâmica não-linear se apresenta como um instrumento promissor para lidar com estas

dificuldades” (BERNSTEIN et al., 2006, p.146). A interface entre os níveis nano e quântico mais uma vez evidencia-se neste caso.

Através do mapeamento das sinapses neurais do córtex visual de mamíferos, a nanotecnologia aliada à biotecnologia e à tecnologia da informação produz nano-artefatos capazes de simular estas sinapses pela emissão controlada de elétrons. Como o elétron enviado pela sinapse neural é o mesmo da sinapse artificial, tem-se o estabelecimento de um princípio de unidade comunicacional, ou de continuidade semiótica, entre a rede neural biológica e a rede neural artificial, estabelecida através da nanotecnologia.

Esta unidade comunicacional acontece através de processos simultâneos de decodificação neurobiológica (mapeamento sináptico neurobiológico) e de codificação de redes neurais artificiais que irão replicar as dinâmicas sinápticas eletronicamente (nanoartefatos). Como no nível nano tanto a matéria biológica quanto a matéria inanimada são compostas basicamente pelas mesmas moléculas (estando suas diferenças baseadas na configuração estrutural e na dinâmica sistêmica), a possibilidade de manipulação e reconfiguração molecular destas estruturas unindo orgânico a inorgânico fundamenta o conceito de unidade da matéria:

“todos os tipos de matéria – viva e não-viva – se originam no nível nano. Os impactos das tecnologias que pertencem a este nível não podem ser subestimados: o controle da matéria ao nível nano representa o controle sobre os elementos da natureza” (ETC, 2003, p.06).

A unidade da matéria viabiliza a unidade comunicacional / continuidade semiótica entre sistemas materiais biológicos ou não. É através da unidade da matéria no nível nano, e das suas propriedades nanocomunicacionais, que a integração entre sistemas biológicos e artificiais se torna possível. Esta integração se caracteriza pelo mapeamento de fluxos informacionais biológicos (percursos biosemióticos) que são decodificados em função de seu significado funcional, e em seguida gera fluxos digitais análogos (percursos cibersemióticos) que ao serem codificados abrem novas possibilidades para a expansão das capacidades cognitivas dos seres humanos. Estes percursos semióticos podem ser tanto químicos, quanto eletrônicos. No caso das neurotecnologias, estes percursos são químicos em sua maioria, como nas drogas funcionais neurológicas que alteram padrões de atenção, performance sexual e comportamento.

Neuroética

Assim como a manipulação genética trouxe importantes questões éticas para a sociedade, no campo da bioética, também a neurociência e a neurotecnologia trazem outros tipos de questionamentos éticos sobre nosso status ontológico como seres humanos. De acordo com Levy (2007), a neuroética é o campo que estuda as relações existentes entre os domínios do subjetivo (noção de eu, livre-arbítrio, identidade, sentimento) e objetivo (processos físicos). Esta citação descreve muito bem o tipo de questões que surgem a partir da neurotecnologia:

“Será que estamos trapaceando se nossas notas na escola melhoram depois que começamos a tomar ritalina, ou o crédito é apenas nosso? Se nos apaixonamos por uma pessoa que toma prozac, e depois descobrimos que esta pessoa tem um temperamento difícil quando não está sob o efeito da droga, será que nossa conclusão é que não a amamos mais? Então quem era a pessoa por quem nos apaixonamos? Será que estamos tratando pessoas (inclusive nós mesmos) como objetos se nós alteramos quimicamente seu raciocínio, personalidade e performance sexual? (...) algumas pessoas enxergam uma distinção metafísica fundamental se erodindo, a distinção entre coisas (mesmo coisas biológicas e complexas), e pessoas” (FARAH, 2005: 37).

As questões éticas trazidas pela neurociência e neurotecnologia não são questões que se restringem a decisões de ordem moral, mas que tocam no ponto central de toda a filosofia: a natureza última da espécie humana, e nossa concepção sobre o que significa ser humano. A neuroética ainda está se consolidando como um campo científico, sendo que até agora existem duas abordagens principais sobre o tema (LEVY, 2008). A primeira é a abordagem estreita, que se restringe a questões de ordem prática, como por exemplo: É ou não é admissível usar escaneamentos cerebrais e detectores eletrônicos de mentira como provas em casos judiciais? Até que ponto o uso de drogas psiquiátricas e anti-depressivos deve ser encorajado como uma ferramenta de reengenharia de personalidades artificiais? São questões que se referem a decisões de ordem regulatória e legal, e não necessariamente filosófica.

Já a segunda abordagem, chamada de ampla, enumera questões sobre a natureza filosófica da moralidade, sobre a origem e significado do autocontrole humano, e a existência ou inexistência do livre arbítrio. No centro destas questões está o dualismo cartesiano entre mente e corpo, que embora seriamente desafiado pela neurociência (EDELMAN, 2004; LAKOFF & JOHNSON, 1999) continua a determinar como a grande maioria das pessoas percebe a si mesmas.

Conclusão

À medida que a neurotecnologia se torna parte do cotidiano das pessoas, o design farmacológico de estados emocionais e respostas comportamentais pré-determinadas inevitavelmente irá repercutir na sociedade e na cultura. As interfaces entre a possibilidade de design neurotecnológico individual e as pressões culturais que exigem respostas comportamentais padronizadas podem dar origem a configurações sociais artificialmente homogêneas em uma “normalidade” artificialmente construída, alienante e passiva. A neuroética, principalmente em interfaces cognitivas tecnológicas, é um campo que já nasce inserido no contexto da cibercultura.

REFERÊNCIAS

BATESON, Gregory. **Mind and nature: A necessary unity**. New York: Ballantine, 1979.

BERNSTEIN, G. et al. Biologically-inspired Cellular Machine Architectures. In: Bainbridge, W.S.; Roco, M.C. (eds) **Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations: Converging Technologies in Society**. 133 – 152p. Springer: Dordrecht, 2006.

BOSTROM, Nick. **Technological Revolutions: Ethics and Policy in the Dark**. 2006. Disponível em: <http://www.nickbostrom.com>. Acesso em 18 set. 2007.

BOSTROM, Nick. When Machines Outsmart Humans. **Futures**. Vol. 35:7, pp. 759 – 764, 2000.

CHALMERS, David. Facing Up to the Problem of Consciousness. **Journal of Consciousness Studies** 2(3):200-19, 1995. Disponível em: <http://consc.net/papers/facing.html> Acessado em: 27 dez. 2007.

DREXLER, E. K. **The Engines of Creation**. New York, NY: Anchor Books, 1986.

EDELMAN, G. M. **Wider than the Sky: the phenomenal gift of consciousness**. New Haven: Yale University Press, 2004.

ETC, Group. **The Big Down: From Genomes to Atoms**. Winnipeg, Canada: ETC Group. 2003.

EVERETT, Hugh. Relative State Formulation of Quantum Mechanics, **Reviews of Modern Physics**, vol 29, p. 454-462, 1957.

FARAH, Martha. Neuroethics: the practical and the philosophical. **TRENDS in Cognitive Science**, Vol. 09 N.01 January 2005.

KURZWEIL, Ray. **The Singularity is Near**. New York: Viking Press, 2005.

LAKOFF, G.; JOHNSON, M. **Philosophy in the Flesh: The Embodied Mind and Its Challenge to Western Thought**. New York: Basic Books, 1999.

LEVY, Neil. **Neuroethics**. Cambridge University Press, New York: 2007.

LEVY, Neil. Introducing Neuroethics. **Neuroethics**. 1:1–8, 2008.

LYNCH, Zach. NEUROPOLICY (2005–2035): CONVERGING TECHNOLOGIES ENABLE NEUROTECHNOLOGY, CREATING NEW ETHICAL DILEMMAS. In: Bainbridge, W.S.; Roco, M.C. (eds) **Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations: Converging Technologies in Society**. 173 – 189p. Springer: Dordrecht, 2006.