

Nanotecnologia aplicada aos alimentos e biocombustíveis: interações sociotécnicas e impactos sociais

Tania Elias Magno da Silva^{*}

Adriano Premebida^{**}

Diego Calazans^{***}

Resumo A presente comunicação tem por base os resultados preliminares da discussão no campo da sociologia feitas para a pesquisa “Nanotecnologias aplicadas aos alimentos e aos biocombustíveis: reconhecendo os elementos essenciais para o desenvolvimento de indicadores de riscos e de marcos regulatórios que resguardem a saúde e o meio ambiente” (Edital 04/CII – 2008 – Nanobiotecnologia - CAPES). Parte-se da premissa de que ao analisar as diferentes dimensões da vida social afetadas pelas nanotecnologias, é preciso refletir sobre os novos valores sociais que decorrem deste avanço tecnológico e das inúmeras possibilidades que são apresentadas à sociedade como decorrentes desta chamada “nova revolução” científica. Os desafios no campo das ciências sociais, em especial no campo da sociologia da ciência e tecnologia, aumentarão proporcionalmente na medida em que conhecimentos científicos e tecnológicos de áreas de fronteira aceleram sua entrada no mundo da vida através de inovações tecnológicas e organizacionais. As novas configurações sociais decorrentes de um mundo em mudança constante, marcado pela liquidez, como afirma Bauman (2001), são cada vez mais prementes. Este processo tem efeitos sobre as estruturas psicossociais dos indivíduos, pressionando a capacidade explicativa das teorias e ferramentas conceituais tradicionais das ciências sociais.

Palavras chave Sociologia, nanotecnologia, Ciências Sociais, transumanismo

Risk analysis and regulatory frameworks for nanotechnology applied to food and biofuels, new socio-technical interactions and impacts on social life

^{*} Doutora em Ciências Sociais pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo e professora do Núcleo de Pós-Graduação em Ciências Sociais (NPPCS) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) e do Grupo de Pesquisa Itinerário Intelectuais Imagem e Sociedade. Endereço Postal: Rua Leonel Curvelo 320, bairro Suisa, Aracaju-SE. CEP 49050-480, e-mail: taniamagno@uol.com.br

^{**} Doutor em Sociologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Pesquisador e diretor técnico-científico da Fundação Amazônica de Defesa da Biosfera (FDB), Endereço Postal: FDB, Rua dos Crisântemos, n. 70, Aleixo, Conjunto Tiradentes. Manaus, Amazonas, CEP: 69083-230. Telefone (92) 36444869 e e-mail: premebida@fdb.org.br

^{***} Doutorando em Sociologia pela UFS. Endereço Postal: Rua Raul Ribeiro Nunes, 36. Jabotiana, Aracaju, Sergipe, CEP. 49095-610, e-mail: diego_calazans@yahoo.com.br

Abstract This communication is based on the preliminary results of the discussion in the field of Sociology made to the survey "Nanotechnologies applied to food and biofuels, recognizing the essential elements for the development of risk indicators and regulatory frameworks that protect health and the environment" (Edital o4/CII – 2008 – Nanobiotecnologia - CAPES). It starts with the premise that when analyzing the different dimensions of social life affected by nanotechnology, we must think about the new social values stemming from this technological advance and the numerous possibilities that are presented to society as a consequence of this "new scientific revolution". The challenges in the social sciences, especially in the field of sociology of science and technology, will increase proportionally to the extent that scientific and technological frontier areas accelerate their entry into the world of life through technological and organizational innovations. The new social settings due to a constantly changing world, marked by liquidity, as stated by Bauman (2001), are becoming increasingly prominent. This process has effects on the psychosocial structures of individuals, pressing the explanatory power of traditional theories and conceptual tools of social science.

Keywords Sociology, nanotechnology, Social Science, transhumanism

A ciência é meu território, mas a ficção científica é a paisagem de meus sonhos.

Freeman Dyson

Introdução

A presente comunicação tem por base os resultados preliminares da discussão no campo da sociologia feitas para a pesquisa “Nanotecnologias aplicadas aos alimentos e aos biocombustíveis: reconhecendo os elementos essenciais para o desenvolvimento de indicadores de riscos e de marcos regulatórios que resguardem a saúde e o meio ambiente”. Parte-se da premissa de que ao analisar as diferentes dimensões da vida social afetadas pelas nanotecnologias, é preciso refletir sobre os novos valores sociais que decorrem deste avanço tecnológico e das inúmeras possibilidades que são apresentadas à sociedade como decorrentes desta chamada “nova revolução” científica.

Há um imaginário social sendo criado em decorrência deste mundo do “maravilhoso” frente ao avanço das pesquisas científicas e do desenvolvimento da tecnologia em escala nanoscópica. Possibilidades antes vislumbradas apenas em obras de ficção científica têm se mostrado cada vez mais próximas de se realizarem e algumas já se realizaram.

Os desafios no campo das ciências sociais, em especial no campo da sociologia da ciência e tecnologia, aumentarão proporcionalmente na medida em que conhecimentos científicos e tecnológicos de áreas de fronteira aceleram sua entrada no mundo da vida através de inovações tecnológicas e organizacionais. As novas configurações sociais decorrentes de um mundo em

mudança constante, marcado pela liquidez, como afirma Bauman (2001), são cada vez mais prementes. Este processo tem efeitos sobre as estruturas psicossociais dos indivíduos, pressionando a capacidade explicativa das teorias e ferramentas conceituais tradicionais das ciências sociais. Mas não só o campo das ciências sociais tem sido afetado por essas mudanças, diversas áreas do conhecimento, principalmente as relacionadas às engenharias, apresentam novidades que apontam para o que tem sido chamado de “singularidade”, o momento em que conquistas tecnológicas significativas obtidas em curto espaço de tempo levariam nossa espécie a um dito “salto evolucionário”. Este salto representaria o ponto em que a condição humana, tal como a conhecemos, seria ultrapassada, dando origem a uma nova condição denominada de transumana.

À medida que as respostas nos chegam através dos avanços conseguidos nas várias áreas do conhecimento, as perguntas se acumulam e as incertezas transformam-se em elementos de reflexão constante nas escolhas tecnológicas diárias. As nanotecnologias surgem como uma destas tecnologias com potencial transformador, indutoras de inovação, reestruturação competitiva da economia e condicionadora de mudanças nas formas como indivíduos atuam nas interações com o mundo tecnológico. Esta plataforma tecnológica traz um sopro vivificante, de amplo espectro, à estrutura industrial e de serviços tecnológicos, através da incorporação de processos, segmentos produtivos e novos produtos em operações baseadas na escala nanoscópica (MILLER; SENJEN, 2008). As características físicas, químicas, óticas, elétricas e magnéticas de materiais convencionais são alteradas quando reformulados em escalas operadas até, digamos, 100nm. Em tal dimensão a área superficial de uma mesma massa é maior, oferecendo a possibilidade de reatividade química e efeitos físicos (quânticos) incomuns em escalas maiores.

As aplicações nanotecnológicas são transversais a diversos setores produtivos e áreas do conhecimento. Nós iremos enfatizar dois setores: alimentos e biocombustíveis. Mas como tecnologias nanoscópicas podem induzir produtos inovadores em tais áreas? Basicamente, através do controle de propriedades específicas da matéria, tais como solubilidade, resistência, adesividade, leveza entre outras. Na indústria alimentar já existem embalagens inteligentes, que indicam ao consumidor quando o produto começa a deteriorar-se; revestimentos de alimentos para aumentar sua longevidade na prateleira ou em casa, através de seu poder bactericida; sistemas de veiculação inteligente de princípios ativos ou micronutrientes com maior biodisponibilidade; e catalisadores e sistemas anti-abrasão/corrosão para biocombustíveis.

Nas últimas décadas o conhecimento biotecnológico e nanotecnológico possibilitaram um salto em inovações em diversas áreas tecnológicas. A construção, integração e manipulação de sistemas vivos trarão novas entidades ao mundo, ultrapassando fronteiras culturais entre vivo e não vivo, humano e não humano. Categorias tradicionais de entendimento e pertencimento social, além do imaginário ocidental, serão problematizadas e novas formas de regulação de tais entidades deverão ser criadas para um convívio adequado entre humanos e artefatos técnicos. É certo que o debate sobre o uso da biosfera para a produção de alimentos e biocombustíveis se intensificará. A questão para nós, nesta proposta, é como as ciências sociais poderão adequar-se teórica e conceitualmente às questões emergentes provenientes destas tecnologias, pois terão impacto global sobre o modo como lidamos com nossas decisões diárias de consumo e nossa arquitetura cognitiva de escolhas relacionadas a riscos tecnológicos. As bases sociais e filosóficas da responsabilidade política e ética para com as novas gerações estão fortemente relacionadas ao desenvolvimento de novas tecnologias. A formulação de políticas regulatórias para determinados produtos nanotecnológicos pressionarão releituras de teorias morais e políticas, e é neste ponto que os estudos sociais em ciência e tecnologia poderão contribuir para debates e reflexões elaboradas e consistentes.

Ciência, tecnologia e desenvolvimento: o novo cenário

O avanço da ciência e da tecnologia nestes dois últimos séculos levou ao abandono de velhos dogmas e de antigas verdades. Muito do que era óbvio cai por terra, já não está conforme os fatos da realidade científica. As conquistas e descobertas no campo da tecnociência conseguiram proezas antes consideradas ficcionais, como prolongar a vida, “criar vida” artificialmente, desvendar os mistérios da herança genética através do DNA, a clonagem de seres e a manipulação de nanopartículas, entre outras conquistas. O homem semideus projeta-se no cosmo em busca de novos conhecimentos, outras formas de vida e outros mundos, aguçando o imaginário humano para além do arco-íris. Se este processo destronou velhos deuses e mitos, por certo criou outros em seu nome e está sendo vencido por estes novos seres que povoam a ideia de modernidade fundada na tríade desenvolvimento/ciência/técnica (SILVA, 2006).

Este fantástico desenvolvimento tecnológico mudou o sentido de nossa inserção no mundo com a quebra de fronteiras tradicionais que delimitavam os espaços limítrofes de circulação de uma classe em relação à outra. Setores produtivos e de comercialização em áreas de fronteira caminham de forma desregulamentada, pois as tecnologias avançam em ritmo descompassado, por sua maior velocidade, em relação aos modelos de responsabilização e gestão dos riscos socioambientais inerentes às novas tecnologias. As novas configurações identitárias, pautadas pelo conhecimento biológico, afetam as relações humanas que se ampliam ou reduzem-se conforme as pessoas estejam situadas: dentro ou fora de redes de consumo e de sistemas de conhecimento perito. O espaço que codifica esta nova realidade foge aos limites tradicionais de entendimento de mundo da maioria das pessoas.

Estamos tendo um conceito de longevidade diferente de nossos antepassados. Embora a expectativa de vida tenha crescido para muitos, boa parte da população, que reside em regiões pobres, ainda carece do mínimo para sobreviver e a fome ainda é a causa de boa parte das mortes, principalmente entre as crianças, e ocorrem, muitas vezes, mascaradas por enfermidades delas decorrentes. A média de vida em alguns países, e em regiões pobres de outros, ainda é muito baixa. Os avanços da ciência e da tecnologia não estão acessíveis ou a disposição de todos igualmente. Vivemos cada vez mais em mundos separados e distantes. Não há mais terras ignotas, região perdida ou a conquistar, tudo já foi mapeado e contabilizado. Lênin ao escrever no início do século XX a obra *Imperialismo, fase superior do capitalismo* (1979), denunciava que o mundo já havia sido partilhado pelo capital. Tem razão o sociólogo francês Edgar Morin (1994) quando afirma que não temos mais como nos esconder, pois não existem mais esquinas perdidas no mundo.

Deixamos a modernidade sólida com todas as suas expectativas de construção de um futuro promissor, de segurança, para vivermos a era da modernidade líquida (BAUMAN, 2010), fluídica, onde não há qualquer tipo de estabilidade que nos de perspectiva de segurança, de continuidade. A marca dos novos tempos, do tempo presente é a instabilidade, a incerteza, a mudança constante e célere de tudo a nossa volta. Nada é para durar muito, nem os bens materiais, nem os valores e sentimentos.

Na era da modernidade sólida como coloca Dyson (1998, p. 12) “vivia-se para os filhos e para os netos. Os horizontes eram distantes, e era normal e natural antecipar cem anos no futuro...” Quem hoje se atreveria a antecipar cem anos? Para Dyson (1998) cem anos é o limite extremo da previsibilidade técnica. Qualquer tecnologia isolada, como a do carvão, do vapor, da eletricidade, da computação ou do ADN recombinante, não ultrapassa muito este limite antes de ser ofuscada pela que lhe sucederá.

Daqui a cem anos, a engenharia genética e a inteligência artificial terão amadurecido e estarão prontas para ser suplantadas por outra coisa, talvez a radiotelepatia. Não podemos prever quais serão as novas tecnologias para além de cem anos, pois dependerão de descobertas científicas que ainda não foram realizadas (DYSON, 1998, p. 112).

Segundo o escritor de ficção científica Arthur Clarke, qualquer tecnologia suficientemente avançada é indistinguível da magia (TOMA, 2004). A nanotecnologia, como uma tecnologia avançada, é vista como uma nova revolução científica, que promete resolver inúmeros problemas da vida social, como os relativos ao meio ambiente, a saúde, a alimentação, a engenharia genética, a modernização dos artefatos de guerra, entre outros. Como bem advertiu o sociólogo Paulo Roberto Martins (2005), coordenador da RENANOSOMA, há uma tendência quase paranóica de se ver na nanotecnologia a salvação de todos os males, como a tecnologia portadora de uma nova revolução industrial, e não há como negar isso, mas é preciso refletir acerca da advertência que ele fez de que esta tecnologia não está, nem deve estar acima das críticas sobre os perigos que, junto com os benefícios, pode trazer.

A nanotecnologia não é, em essência, uma tecnociência própria, mas a possibilidade de manipular tecnicamente os elementos constituintes da matéria em escala nanoscópica, isto é, elementos com nanômetros de diâmetro. Um nanômetro equivale a um bilionésimo de metro ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$). Nessa dimensão pode-se construir artefatos molécula a molécula, obtendo-se com isso resultados até então imaginados apenas pelos autores de ficção científica.

A manipulação de elementos em escala nanoscópica já garante a mescla entre compostos orgânicos e inorgânicos, favorecendo a interrelação entre as tecnologias baseadas em organismos e as tecnologias baseadas em máquinas. Essa possibilidade promete gerar uma simbiose entre máquinas e organismos, particularmente entre neurônios e redes informacionais. Também há o aprimoramento de cada dimensão separadamente, com organismos cada vez mais otimizados e máquinas com inteligência semelhante à dos humanos.

Alguns pensadores, especulando sobre os usos de tal possibilidade tecnocientífica, desenvolveram modelos de futuro, considerados altamente prováveis e desejáveis, em que as pessoas poderiam valer-se dos avanços – ainda potenciais – da nanotecnologia para superar problemas essenciais da humanidade, como o sofrimento, a velhice e mesmo a morte (KURZWEIL & GROSSMAN, 2006).

Foladori e Invernizzi (2006) nos alertam para o cuidado que devemos ter em relação às promessas que circundam a nanotecnologia como capaz de solucionar a maioria dos problemas do mundo, em especial os relacionados com a alimentação, energia, água potável, lixo e saúde.

Como resultado de recentes promessas não cumpridas, como as associadas ao suposto benefício da energia nuclear ou aos organismos geneticamente modificados, a nanotecnologia tem despertado grandes controvérsias. Existem críticas sobre os possíveis efeitos das nanopartículas sobre a saúde e sobre o meio ambiente. (FOLDORI, INVERNIZZI, 2006, p. 115).

Outra preocupação diz respeito aos possíveis efeitos que essa tecnologia teria nos países pobres e na distribuição da riqueza. Devemos sempre ter em mente que a ciência e a tecnologia não são neutras e, portanto, nunca estarão a serviço de todos indistintamente e sem custos, é preciso reconhecer que ha uma interdependência entre tecnologia e sociedade (SAREWITZ; WOODHOUSE, 2006). Como diz Foladori e Invernizzi, “a imagem de que a tecnologia é algo neutro e resulta de inventores bem intencionados não se sustenta”. (SAREWITZ; WOODHOUSE, 2006, p. 117)

Em resumo, os avanços das pesquisas em nanotecnologia parecem prometer um novo tipo de revolução científica e industrial; para algumas áreas do conhecimento como a química e a física, o avanço neste campo representa um poderoso incremento e revitalização de suas ciências. As pesquisas em nanotecnologia têm exigido cada vez mais a necessidade de estudos interdisciplinares abarcando outros campos do conhecimento como a biologia, a medicina, as diferentes áreas da engenharia, economia, direito e também as ciências sociais, isto porque as possibilidades neste campo parecem aos olhos leigos infinitas, e incitam o imaginário coletivo. Como afirma Michael D. Mehta a respeito:

Para o público em geral, a nanotecnologia tem o potencial de centrar a imaginação coletiva nas possibilidades de um mundo onde a escassez de recursos naturais, poluição ambiental e problemas de saúde supostamente sem tratamento sejam coisas do passado. A nanotecnologia promete diminuir a importância da matéria organizada e promover o desenvolvimento de tecnologias que são mais limpas e mais eficientes. É claro que muito se espera da nanotecnologia. (METHA, 2006, 107).

Nanotecnologias aplicadas a alimentos e biocombustíveis

As pesquisas agrobiotecnológicas avançam nas áreas de alimentação, energia e biomateriais. Os enclaves de alta tecnologia já não são apenas os laboratórios, mas paisagens ditas naturais, como as plantações. O conjunto de premissas de uma cidadania ecológica está conectado ao acesso desigual à saúde e infraestrutura pensada para remediar riscos tecnológicos. No caso das nanotecnologias, elas já são parte integrante da indústria de alimentos e biocombustíveis.

Os alimentos derivados de procedimentos nanotecnológicos ou que incorporem estas tecnologias (geralmente nanomateriais) em algum ponto da cadeia produtiva, como embalagens (JOSEPH &

MORRISON, 2006, p. 7), configuram um novo desdobramento dos debates sobre alimentação, comida e tecnologias, tal como os transgênicos. A convergência da bio e nanotecnologia será a tônica das principais questões daqui para frente. Os nanoalimentos estarão focados fortemente no apelo à saúde e segurança alimentar, por paradoxal que isso seja a muitas pessoas. A maior oferta de minerais, vitaminas e micronutrientes nos alimentos será possível com os processos de nanoencapsulamento, aumentando a biodisponibilidade de substâncias ativas, ligadas à nutrição, mas outras, como estabilizantes, corantes e emulsificantes. Sociologicamente, uma das questões de interesse é mapear as controvérsias que surgirão em virtude da personalização da alimentação, em torno de parâmetros genéticos e fisiológicos. Os alimentos nutracêuticos terão papel central nesta discussão. Além destes quesitos, prioridades ligadas a fatores específicos de cada indivíduo, como alergias e preferências gustativas, serão ou já são contempladas por um conjunto de novos alimentos (WEISS; TAKHISTOV; MCCLEMENTS, 2006).

As embalagens inteligentes terão uso disseminado de forma mais rápida, pois com pesquisas adiantadas e procedimentos menos complexos em termos de normas de segurança, especificidades técnicas e legislação sanitária e de biossegurança. Estes revestimentos laminados são produzidos a partir de nanopartículas e/ou nanofilmes com diversos princípios funcionais: bactericidas, antioxidantes, ecológicos, detecção de produtos químicos nocivos à saúde e liberação controlada de substâncias, como aromatizantes, nutrientes e colorizantes (DE AZEREDO, 2009 e LOPEZ-RUBIO; GAVARA; LAGARON, 2006). Além de outras aplicações, como purificação e dessalinização de água, duas grandes áreas estão no rol de possibilidades de emprego das nanotecnologias em alimentos: revestimentos de nanomateriais bactericidas em produtos de cozinha, como facas, panelas e eletrodomésticos e, na agricultura, com nanocápsulas e sensores para distribuição controlada de fertilizantes e agrotóxicos (MILLER; SENJEN, 2008).

Nos biocombustíveis, pelas características regulatórias e produtivas do setor, seu uso ainda não é muito conhecido. À montante da cadeia produtiva, no ambiente agrícola, existem pesquisas na área de sensores, e controle inteligente e preciso de agrotóxicos e fertilizantes. Mais à frente da cadeia, temos sistemas desenvolvidos, ainda em escala laboratorial, para produzir de forma mais eficiente álcool através do uso de filmes com nanoporos para a passagem conjunta, e conseqüente fusão, de óleo vegetal e álcool. Este processo acelera a produção de biodiesel (JOVANOVIĆ, 2008). Outras frentes de pesquisa são os catalisadores para acelerar reações químicas e sensores para controle de injeção eletrônico na combustão de biocombustíveis.

Riscos à saúde e questões regulatórias relativas às nanotecnologias aplicadas a alimentos e biocombustíveis

A convivência humana com as nanopartículas é relativamente comum em sua história evolutiva, pois muitas destas partículas estão associadas à atividade vulcânica, incêndios florestais e outras exposições menos massivas. O problema em foco é o ritmo à exposição de nanopartículas provenientes de atividades industriais e produzidas intencionalmente para os setores de alimentação e biocombustível. As pesquisas sobre a toxicidade destes materiais particulados à saúde humana e animal e os riscos ambientais envolvidos é incipiente. O grau de interação de nanopartículas à cadeia alimentar e a capacidade de interferências destes materiais em estruturas celulares e

moleculares voltava em debates com poucos dados empíricos e muita especulação. O alcance e impacto destas tecnologias na dinâmica e cinética corporal e ambiental são, ainda, relativamente ignorados. Este vácuo de conhecimento já traz controvérsias sociotécnicas no âmbito regulatório de diversos países. Os consumidores, tal como acontece com alimentos derivados de organismos transgênicos, preocupam-se com o uso de nanomateriais na indústria de alimentos, mas com intensidades diferentes, dependendo da interação e aplicação destes materiais na cadeia alimentar. O emprego dessas tecnologias em embalagem, por exemplo, pode gerar menor preocupação do consumidor do que em relação ao seu uso na formulação de ingredientes alimentares (HOUSE OF LORDS, 2010).

A regulação destes setores será complexa, pois as nanopartículas são se classificam facilmente, em virtude das gradações e características diversas. Sob a perspectiva do risco, os estudos de toxicidade estão adaptando e criando protocolos de segurança e perfis de toxicidade dependendo das classes de nanomateriais. As discussões se dividem entre os que apoiam a precaução antes de aprovar produtos com potencial de toxicidade pouco estudado e referendado, e os que preferem um ambiente menos normatizado, com os produtos lançados ao mercado e no contexto de legislações e normas antiquadas para produtos desta classe. A produção de uma estrutura normativa e legal para a gestão destas entidades artificiais perfaz uma importante agenda para as ciências sociais, fundamental para pensarmos uma sociedade de múltiplos interesses, fortemente pautada pela constante incorporação e interação de novas tecnologias e categorias de percepção e atuação no mundo.

Do ponto de vista do sistema circulatório, a nanotecnologia constitui uma tecnociência que vem sendo promovida junto à opinião pública. Ao contrário do que aconteceu com a biotecnologia e os OGMs, células-tronco e energia nuclear, existe uma intensa batalha sendo travada junto à opinião pública, visando reforçar a imagem positiva do poder transformador da nanotecnologia e, com isso, aumentar suas possibilidades de aceitação social. Para que haja investimento privado é preciso que a nanotecnologia apresente uma imagem positiva, na medida em que o interesse industrial pressupõe a sua subsequente mercantilização. Os “nanotradutores” constituem uma espécie de difusores tecnológicos que emitem uma imagem positiva da nanotecnologia. Os “nanodesconstrutivistas” constituem o lado oposto desta arena de disputa.

Um dos espaços onde este dois tipos de atores interagem e onde a contraposição entre o discurso “nanotimista” e “nanopessimista” pode ser facilmente isolado constitui as consultas públicas. As consultas públicas compreendem dispositivos concebidos para ampliar a capacidade de governança e monitorar os eventuais impactos negativos associados a uma inovação tecnocientífica sobre a sociedade e o ambiente e, também — e ao contrário do que muitos cientistas e engenheiros pensam — a reforçar a própria legitimação dos artefatos sociotécnicos, através da inclusão dos interesses leigos no debate promovido por estas consultas. A consulta pública sobre temas e escolhas sociotécnicas é ainda uma realidade incipiente no Brasil e, ao contrário do que muitos pensam, ela não é um empecilho ao desenvolvimento tecnológico e científico, mas mais uma forma de fornecer-lhe legitimidade. A nanotecnologia só se concretiza como atividade tecnocientífica através da articulação de múltiplos interesses sociais. A legitimidade do conhecimento tecnocientífico depende justamente do elaborado mecanismo de união das dimensões sociais que o sustenta.

Nanotecnologia e pós-humano

Os autores que aderem a especulações sobre modelos de futuro altamente prováveis e desejáveis com base nas inúmeras possibilidades da nanotecnologia para superar problemas essenciais da humanidade reúnem-se sob o chamado “transumanismo”, que se identifica como um movimento cultural.

As considerações apresentadas por esses pensadores têm fortes ligações com partes da filosofia e da estética contemporâneas. Para eles, em algum ponto do século XXI os avanços tecnológicos convergirão, dando origem ao evento chamado por Vernor Vinge (1993) de “singularidade tecnológica”, ou simplesmente “singularidade”, que permitiria que a humanidade se libertasse das determinações corporais que a subjagam e que têm sido, até recentemente, tomadas como inescapáveis. A nanotecnologia seria a chave para essa explosiva convergência (PORTO, 2008).

Um número restrito de tecnociências está elencado entre as responsáveis por tal suposto salto evolucionário. Entre elas destaca-se, como já dito, a nanotecnologia, que torna possíveis os mais relevantes avanços na robótica e na bioengenharia, as áreas que devem culminar na criação de espécies inteligentes oriundas da atual humanidade, mas que já não poderiam ser classificadas como tais, constituindo assim uma “pós-humanidade” (HOOK, 2004).

Antes de os pós-humanos supostamente herdarem o planeta, os seres humanos se afastariam gradualmente de sua humanidade original, ficando em um estado comumente referido como “transumanidade”, apresentando-se assim como uma humanidade transitória (FM-2030, 1989). Esse esquema em parte deriva da famosa metáfora nietzscheana da ponte para o *übermensch* (NIETZSCHE, 1989), sendo entendido esse “além-do-homem” em termos antropotecnológicos, como uma espécie aprimorada (SLOTERDIJK, 2000).

Muitos autores transumanistas justificam sua ânsia pelo pós-humano pela sugestão de que a humanidade, como a conhecemos, é uma espécie ultrapassada (WINNER, 2002). As limitações das características corporais típicas do *homo sapiens* são vistas como tecnicamente superáveis. Corpo e mente tornam-se mecanismos que podem ser aprimorados, ao menos em teoria, graças aos avanços da nanotecnologia (BOSTROM, 2003).

Alguns chegam a afirmar que a próxima espécie dominante do planeta não será sequer pós-humana, mas mesmo totalmente inumana. A robótica, turbinada pela nanotecnologia, seria capaz de construir intelectos artificiais superiores às melhores mentes humanas, mesmo as que porventura venham a ser aprimoradas. Um futuro como esse, de fato, não precisaria de nós, como aponta o apocalíptico Bill Joy (2000), alimentado pela ética de Hans Jonas (2006), que parte do pressuposto de que riscos tecnológicos, independentemente dos benefícios, seriam em si inaceitáveis.

A tecnologia está contemporaneamente associada no Ocidente à idéia de risco (BECK, 2010). A preocupação com o risco, todavia, está menos associada ao pensamento transumanista (ainda que haja casos memoráveis, como alguns textos de Bostrom) do que ao pensamento contrário a seus preceitos básicos. Autores preocupados com a manutenção da natureza humana, como Fukuyama (2006) e Habermas (2004), apontam para o risco de perda da própria noção de humanidade pela cisão entre super-humanos tecnicamente aprimorados e sub-humanos sem acesso nem aos recursos indispensáveis à plena realização de suas capacidades.

Numa visão um tanto diferente, Lúcia Santaella (2005) chama de “cultura pós-humana” a uma vindoura etapa que se insinuaria durante a cultura digital e a substituiria como fase mais avançada das comunicações no Ocidente. A cibercultura, ou cultura digital, que estamos vivendo desde a ascensão da rede mundial de computadores, seria assim uma fase intermediária entre a explosão das telecomunicações, que teve seu auge em meados do século XX, e as modificações corporais extremas apontadas pelas tecnologias “do pós-humano”.

Por cultura pós-humana, Santaella compreende, portanto, uma nova fase marcada pelo impacto cultural de certas mudanças no corpo humano advindas das novas tecnologias, que guarda muitos paralelos com a cibercultura, mas que a ultrapassa. A possibilidade de curar o envelhecimento, de eliminar doenças genéticas, de ampliar as capacidades inatas da espécie, de transplantar a consciência para o ciberespaço ou para um andróide, de mesclar máquinas a nosso corpo, entre outras, aponta para a possibilidade primordial de superar a condição humana como a conhecemos, dando início ao que poderíamos chamar de existência pós-humana.

Formas “pós-biológicas” estariam a brotar, pela junção do corpo orgânico a elementos maquínicos. O botão de disparo estaria, obviamente, com as nanotecnologias, cujos construtos estão sendo desenvolvidos para interagir com nossas células em nível molecular (AZAMBUJA, 2008). Estamos nos direcionando cada vez mais a novas configurações corporais, formando um novo corpo que mescla nossa base orgânica a extensões inorgânicas – das quais o computador conectado à rede, é um exemplo contemporâneo claro.

Robert Pepperell lançou um manifesto onde define as bases do que seria essa nova era. Entre outros pontos, o que mais chama a atenção é o novo estatuto, por assim dizer *biológico*, de certos artefatos: “Máquinas complexas são uma forma emergente de vida” (PEPPERELL, 2010). Segundo autores como Kurzweil, Moravec (1992) e o próprio Pepperell, entre outros, nós somos, por princípio, mais limitados, dentro de nossa atual condição, do que tenderiam ser as máquinas inteligentes que viermos a construir.

A perspectiva de moldarmos andróides suficientemente complexos para fugir a nosso controle ainda permanece no campo da especulação. Por outro lado, a hibridez entre os compostos orgânicos e maquínicos, ensaiada pela robótica, com suas próteses mecatrônicas e, principalmente, seus nanorrobôs, aponta para o desenvolvimento de novas formas de ser humano, com a ascensão daquilo que se convencionou chamar de “ciborgue”. Esse novo indivíduo já estaria para além da condição humana, no trans-humano, que vem a ser, como já dito, a área intermediária, a ponte entre o humano e o pós-humano.

Embora tal simbiose entre carbono e silício ainda não tenha alcançado a proporção devida para chamar a atenção da opinião pública, já existem ciborgues em formas menos radicais: as simulações digitais que milhões de seres humanos usam para trocar informações na internet já é uma forma de hibridização entre o humano e o maquínico, constituindo assim uma forma de ciborgue. Assinala-se aí, na substituição ou aprimoramento de partes orgânicas por extensões inorgânicas, a possibilidade de formas de existência pós-corporais, como pregava os extropianos, uma vertente agora extinta do pensamento transumanista (RÜDIGER, 2007).

Segundo Santaella (2005), as tecnologias que estão contribuindo para a extensão das capacidades humanas, formando a vanguarda da aurora pós-humana, são: a realidade virtual, a comunicação global (particularmente a internet), a protética, a nanotecnologia, as redes neurais, os algoritmos

genéticos, a manipulação genética e a vida artificial. Dessas, como já dissemos, a nanotecnologia é a principal.

Além de auxílio indispensável às demais, ela apresenta ainda a possibilidade de serem construídas máquinas menores que uma célula, que podem agir no corpo humano com mais eficiência do que anticorpos, representando uma forma inédita de simbiose. A realidade virtual soma-se à internet na perspectiva de deslocar a consciência de sua base corporal, ainda que apenas momentaneamente, como num sonho lúcido ou numa jornada mística.

As redes neurais são sistemas computacionais gerados como uma matriz de neurônios interconectados; o objetivo é dar às máquinas a capacidade de aprender. A vida artificial, por sua vez, é um programa de computador que objetiva criar um espaço virtual no qual organismos digitais podem simular funções orgânicas, como crescimento, alimentação e morte.

A manipulação genética é, dentre as tecnologias elencadas, a que mais tem despertado interesse e exaltações dos grupos de pressão, a discutir sua regulamentação, uma vez que ela apresenta a possibilidade de gerar organismos artificiais com características sob demanda, inclusive seres humanos. A prótese e a robótica somam-se na busca de substitutos ou aprimoramentos mecatrônicos para membros perdidos ou doentes (ou mesmo membros saudáveis, cuja potência pode ser aumentada através de exoesqueletos, por exemplo); às vezes, até mesmo substituir ou auxiliar órgãos, como o coração. Também está na robótica, quando somada às redes neurais, a possibilidade de engendrar máquinas com sensibilidade e consciência.

Considerações finais

De fato, há uma perceptível aproximação entre a máquina e o ser humano, cada um dos quais a se tornar mais semelhante ao outro. Já há robôs capazes de reconhecer e classificar objetos, cuidar de idosos e crianças, demonstrar afeto, realizar pesquisas científicas e oferecer satisfação erótica a inventores solitários. Por outro lado, já há humanos com próteses sofisticadas, capazes de obedecer a comandos do cérebro, assim como indivíduos completamente dependentes das máquinas para sobreviver e se comunicar – entre os quais o exemplo mais famoso é o do físico Stephen Hawking, portador de uma doença degenerativa que o faz dependente de uma sofisticada máquina para se comunicar; o que faz dele um tipo de ciborgue.

Robôs também já podem ser controlados a distância por presença remota, isto é, por comandos enviados pelo cérebro do operador através de eletrodos conectados a um sistema que recodifica os dados e os envia ao robô a uma distância considerável. E ainda podemos acrescentar à lista a interação cada vez mais sofisticada entre usuários e seus computadores ou videogames.

As coletividades e as representações que as sustentam serão chamadas a se posicionar ante a seguinte questão: em que medida a simbiose e o convívio com formas artificiais de inteligência podem modificar nossa noção de “humano” e, assim, apresentar um desafio ao estabelecimento de princípios éticos universais calcados numa comunidade de tudo que é “humano”?

Em um universo de relações aberto às categorias ambivalentes que pululam em decorrência dessas transformações, como a ideia de “coisa” e de “vida”, a multiplicidade e a efemeridade dos sentidos, características dos aglomerados urbanos, poderiam proteger psiquicamente seus seguidores da perda da exclusividade humana no que se refere à compreensão do mundo, caso sejamos capazes de gerar máquinas com nível intelectual igual ou superior ao nosso, percebendo-se o desafio ao pensamento ocidental de separação ontológica entre as máquinas-algo e os humanos-alguém, decorrente do entrelaçamento complexo desses princípios antes inconciliáveis?

Artigo recebido em 18/12/2011 e aprovado em 12/01/2012.

Referências

AZAMBUJA, C. C. Transumanismo e nanotecnologia Molecular. *Cadernos IHU Idéias*, 2008.

AZEREDO, Henriette M. C. de. Nanocomposites for food packaging applications. [Food Research International](#), v. 42, n. 9, p. 1240-1253, 2009.

BAUDRILLARD, J. *A sociedade de consumo*. 2. ed. Lisboa: Edições 70, 2007.

BAUMAN, Zygmunt. *O mal-estar da pós-modernidade*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editores, 1998.

_____. *Modernidade líquida*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editores, 2001.

_____. *Vida líquida*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2007.

BECK, U. *Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade*. São Paulo: Editora 34, 2010.

BOSTROM, N. *The transhumanist FAQ: a general introduction: version 2.1*. 2003. Disponível em: <<http://www.transhumanism.org/resources/FAQv21.pdf>> . Acesso em: 2011.

DYSON, Freeman. *Mundos imaginados*. São Paulo: Cia das Letras, 1998.

FEYNMAN, R. P.. *Plenty of room at the bottom*. 1959. Disponível em: <<http://www.its.caltech.edu/~feynman/plenty.html>>. Disponível em: 2012.

FM-2030 [pseudônimo de Fereidoun M. Esfandiary]. *Are you a transhuman?: monitoring and stimulating your personal rate of growth in a rapidly changing world*. New York: Viking Adult, 1989.

FOLADORI, Guillermo; INVERNIZZI, Noela (Coord.). *Nanotecnologías disruptivas: implicaciones sociales da las nanotecnologias*. México: Universidad Autónoma de Zacatecas, 2006.

FUKUYAMA, F. *Nosso futuro pós-humano*. Rio de Janeiro: Rocco, 2006.

GALLO, Jairo Giraldo; GONZÁLES, Edgar; GOMÉZ-BAQUERO, Fernando. *Nanotecnociencia: nociones preliminares sobre el universo nanoscópico*. 2. ed. Bogota-Colombia: Ed. Buinaima, 2007.

HABERMAS, J. *O futuro da natureza humana*. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

HOOK, C. Transhumanism and posthumanism. In: POST, S. G. *Encyclopedia of Bioethics*. New York: Macmillan. 2004.p. 2517–2520. Disponível em: <<http://gale.cengage.com/pdf/samples/sp657748.pdf>>. Acesso em: 2011.

HOUSE OF LORDS. Nanotechnologies and food: *Science and Technology Committee, 1st Report of Session 2009–10*. 2010. V. 1. Disponível em: <<http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/board/fsa100306.pdf>>. Acesso em: 2012.

JONAS, H. *O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica*. Rio de Janeiro: PUC, 2006.

JOVANOVIC, G. *Home page*. 2008. Disponível em: <<http://cbee.oregonstate.edu/research/jovanovic>>. Acesso em: 2011.

JOY, B. *Why the future doesn't need us*, 2000. Disponível em: <http://www.wired.com/wired/archive/8.04/joy_pr.html>. Acesso em: 2012.

KURZWEIL, R.; GROSSMAN, T. *A medicina da imortalidade*. São Paulo: Aleph, 2006.

JOSEPH, T.; MORRISON, M. *Nanotechnology in agriculture and food: nanoforum report*, 2006. Disponível em: <<http://www.nanoforum.org/dateien/temp/nanotechnology%20in%20agriculture%20and%20food.pdf?20032007152346>>. Acesso em: 2012.

LÊNIN, I. *Imperialismo, fase superior do capitalismo*. São Paulo: Liv. Edit. Ciências Humanas, 1979.

LOPEZ-RUBIO, A.; GAVARA, R.; LAGARON, J. Bioactive packaging: turning foods into healthier foods through biomaterials. *Trends Food Scientific Technology*, v. 17, p. 567-575, 2006.

MARTINS, Paulo Roberto. Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL, 1., 2005, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Humanitas, 2005.

MCLUHAN, M. *Os meios de comunicação como extensões do homem*. São Paulo: Editora Cultrix, 1969.

METHA, Michael D. Privacidade versus vigilância o cómo evitar um futuro nanopanótico. In: FOLADORI, Guillermo; INVERNIZZI, Noela (Coord.). *Nanotecnologías disruptivas: implicaciones sociales da las nanotecnologias*. México: Universidad Autónoma de Zacatecas, 2006. p. 107-114.

Liinc em Revista, v.8, n.1, março, 2012, Rio de Janeiro, p 207-221 - <http://www.ibict.br/liinc>

MIAH, A. *Posthumanism: a critical history*, 2007. Disponível em: <<http://ieet.org/archive/2007.04.12-MiahChapter2.pdf>>. Acesso em: 2011.

MILLER, M.; SENJEN, R. *Out of the laboratory and onto our plates: nanotechnology in food & agriculture: a report prepared for friends of the Earth Australia, friends of the Earth Europe and friends of the Earth United States*. 2008. Disponível em: <http://www.foeeurope.org/activities/nanotechnology/Documents/Nano_food_report.pdf>. Acesso em: 2012.

MORAVEC, H. *Homens e robots: o futuro da inteligência humana e robótica*. Lisboa: Gadiva, 1992.

MORIN, Edgar; KERN, Brigitte. *A terra pátria*. Portugal: Instituto Piaget, 1994.

NIETZSCHE, F. *Assim falou Zarathustra: um livro para todos e para ninguém*. Rio de Janeiro: Bertrand, 1989.

PEPPERELL, R. *The posthuman manifesto*, 2003. Disponível em: <<http://www.robertpepperell.com/Posthum/cont.htm>>. Acesso em: 2012.

PORTO, M. *Singularidade tecnológica e nanotecnologia*. 2008. Disponível em: <<http://www.mphp.org/ciencia-e-tecnologia/singularidade-tecnologica-e-nanotecnologia.html>>. Acesso em: 2012.

RÜDIGER, F. Breve história do pós-humanismo: elementos de genealogia e criticismo. *Revista da Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Comunicação*, 2007. Disponível em: <<http://www.compos.org.br/seer/index.php/e-compos/article/viewFile/145/146>>. Acesso em: 2012.

SANTAELLA, L. *Culturas e artes do pós-humano*. São Paulo: Paulus, 2005.

SARAWITZ, Daniel; WOODHOUSE, Edward. Lo pequeño es poderoso. In: FOLADORI, Guillermo; Invernizzi, Noela (Coord.). *Nanotecnologias disruptivas: implicaciones sociales de las nanotecnologias*. México: Universidad Autónoma de Zacatecas, 2006.

SCHULZ, P. *A encruzilhada da nanotecnologia*. Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2009.

SILVA, Tânia Elias M. da. *Desenvolvimento e modernidade: os desafios de um tempo*. Recife: [s.n.], 2007.

SLOTERDIJK, P. *Regras para o parque humano: uma resposta à carta de Heidegger sobre o humanismo*. São Paulo: Estação Liberdade, 1999.

TOMA, Henrique E. *O mundo nanométrico: a dimensão do novo século*. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

VINGE, V. *The coming technological singularity: how to survive in the Post-Human Era*. 1999. Disponível em: <<http://www-rohan.sdsu.edu/faculty/vinge/misc/singularity.html>>. Acesso em: 2012.

WEISS, J.; TAKHISTOV, P.; MCCLEMENTS, J. Functional materials in food nanotechnology. *Journal of Food Scientific*, v. 71, n. 9, p.107-116, 2006.

WINNER, L. *Are humans obsolete?*.2002. Disponível em: http://www.virginia.edu/iasc/HHR_Archives/Technology/4.3DWinner.pdf. Acesso em: 2012.