



NANOTECNOCIÊNCIA E HUMANIDADE

MONIQUE PYRRHO
FERMIN ROLAND SCHRAMM

IMPRESA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA
COIMBRA UNIVERSITY PRESS


ANNABLUME

(Página deixada propositadamente em branco)

NANOTECNOLOGIA E HUMANIDADE

(Página deixada propositadamente em branco)

NANOTECNOLOGIA E HUMANIDADE

MONIQUE PYRRHO
FERMIN ROLAND SCHRAMM

IMPRESA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA
COIMBRA UNIVERSITY PRESS



NANOTECNOCIÊNCIA E HUMANIDADE

Imagem de Capa
Bactérias, foto de Ally White

Projeto e Produção
Coletivo Gráfico Annablume

Colaboração
IUC

Annablume Editora

Conselho Editorial
Eugênio Trivinho
Gabriele Cornelli
Gustavo Bernardo Krause
Iram Jácome Rodrigues
Pedro Paulo Funari
Pedro Roberto Jacobi

1ª edição: julho de 2016

ISBN Digital
978-989-26-1263-8

DOI
<http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-1263-8>

©Monique Pyrrho | Fermin Roland Schramm

Annablume Editora
Rua Dr. Virgílio de Carvalho Pinto, 554, Pinheiros
05415-020 . São Paulo . SP . Brasil
Televentas: (11) 3539-0225 –Tel.: (11) 3539-0226
www.annablume.com.br

Imprensa da Universidade de Coimbra
Email: imprensa@uc.pt
URL: http://www.uc.pt/imprensa_uc
Vendas online: <http://livrariadaimprensa.uc.pt>

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	7
1. O QUE HÁ DE TÃO ESPECIAL NA NANOESCALA?	17
1. O NOVO CAMPO CIENTÍFICO DA NANOTECNOLOGIA	17
2. NANOTECNOLOGIA: RETROSPECTIVA E EXPECTATIVAS	23
3. NANOTECNOLOGIA, SAÚDE E MEIO-AMBIENTE	29
2. ÉTICA E NANOTECNOLOGIA	35
1. ANÁLISE ÉTICA DA NANOTECNOLOGIA: POR QUE A BIOÉTICA?	35
2. NANOTECNOLOGIA – ABORDAGENS E PERSPECTIVAS ÉTICAS	46
3. É POSSÍVEL UMA ANÁLISE ÉTICA DA NANOTECNOLOGIA QUE SEJA INOVADORA?	67
1. ABORDANDO O NOVO	68
2. NANOTECNOLOGIA: CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO	73
4. O QUE HÁ DE NOVO, AFINAL? ANÁLISE DE RESULTADOS	79
1. INDÍCIOS DE UMA CIÊNCIA EM CONSTRUÇÃO	80

2. A ESCOLHA DOS TERMOS NO DISCURSO CIENTÍFICO	89
3. AS CONTROVÉRSIAS	95
4. DNA NO CENTRO DA CONTROVÉRSIA	106
5. E O QUE ESTÁ EM JOGO? BIOTECNOCIÊNCIA E HUMANIDADE	111
1. A NANOTECNOLOGIA E A ERA DA GENÉTICA MOLECULAR	112
2. A ÉTICA E A CONDIÇÃO HUMANA	118
3. REFLEXÕES SOBRE ÉTICA E CONDIÇÃO HUMANA DIANTE DAS BIOTECNOLOGIAS	120
4. BIOÉTICA, AMEAÇA E CONDIÇÃO HUMANA	126
5. GENÉTICA E CONDIÇÃO HUMANA	131
6. BIOÉTICA, BIOPOLÍTICA E NOÇÃO CONTEMPORÂNEA DE HUMANIDADE	134
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	141
1. E COMO A NANOTECNOLOGIA ALTERA A CONDIÇÃO HUMANA?	142
2. UMA NOVA PERSPECTIVA DA BIOÉTICA A PARTIR DA QUESTÃO DA CONDIÇÃO HUMANA	150
REFERÊNCIAS	155

APRESENTAÇÃO

A maneira tradicional de pensar a ciência, como uma atividade puramente teórica, tem sido constantemente desafiada pelo complexo imbricamento entre saber científico e as biotecnologias. Como consequência, a percepção das práticas científicas como parte do processo contínuo e ilimitado de construção do real, em suas dimensões sócio-culturais, políticas e econômicas, tem contribuído para a renovação das análises bioéticas sobre as biotecnologias.

Dentre os objetos de estudo da disciplina, mais recentemente, a nanotecnociência despontou no final do Século XX como a mais nova promessa de rápidos avanços tecnocientíficos. Baseada na exploração das novas propriedades reveladas pelos materiais quando manipulados na dimensão de seus átomos e moléculas, a nanotecnologia, caso as projeções científicas sejam concretizadas, deverá incrementar no futuro próximo quase todo tipo de produção tecnológica, de fármacos a vestimentas, da indústria alimentar à indústria naval (Jones, 2011).

A abordagem ética do tema, conseqüentemente, é de extrema relevância. Neste livro, a análise da nanotecnologia persegue um duplo propósito: primeiramente, busca desenvolver uma compreensão mais ampla das dimensões morais deste recente fenômeno científico a partir do exame direto da literatura científica sobre o tema; em segundo lugar, ao tratar da nanotecnologia, procura delinear o fio comum que aproxima os dilemas morais impostos pelo desenvolvimento tecnocientífico, levando a repensar o próprio fazer bioético.

Bem como as demais biotecnologias, a nanotecnologia foi vista, inicialmente, de forma bastante entusiasta, anunciando promissoras mudanças na

vida humana como a conhecemos hoje. Fenômeno semelhante foi observado recentemente, quando avanços na área do genoma humano anunciavam dias contados para muitas doenças devido ao iminente conhecimento e controle totais de seus componentes e mecanismos genéticos. Da mesma forma, as células-tronco despontaram como um novo caminho para a cura de muitos males, por meio da promessa de uma ilimitada e pluripotente regeneração celular (Holm, Takala, 2007).

Simultaneamente às grandes expectativas e ao fascínio que acompanham suas promissoras descobertas científicas, a nanotecnologia provoca posições bem menos receptivas. Estas variam desde um razoável apelo à precaução diante do presente desconhecimento sobre os possíveis impactos da nanotecnologia, à alegação sobre a necessidade de uma imediata interdição das pesquisas diante de prognósticos pessimistas.

Naturalmente, o embate entre o fascínio e o medo provocados pelas expectativas de resultados impactantes não é exclusividade da nanotecnologia:

Quando (...) a imprensa publica novidades sobre a prática médica, sobretudo em campos que a grande massa da população ainda não domina, como as clonagens, um misto de terror e curiosidade atravessa muitas almas. Os defensores do progresso saúdam cada feito dos laboratórios e exigem que sejam respeitados os métodos e propostas dos sábios. Os religiosos, prudentes procuram entender o que, nas experiências, pode ser assumido e o que deve sofrer recusas. Fundamentalistas vetam pesquisas e utilizam todos os meios, das leis à pressão direta, para controlar a manipulação dos seres vivos, mesmo que ela se faça em prol da cura de pessoas adoecidas. Há, nos porões da consciência moderna, uma fantasmagoria gerada na luta dos séculos contra as práticas científicas. E semelhante história vem pelo menos do Renascimento aos nossos tempos (Romano, 2003, p.10).

Este cenário, caracterizado por um debate público entre posições contrastantes que vão do extremo da tecnofilia a uma tecnofobia irracional, envolve boa parte dos temas a que se dedica a bioética. Uma das principais frentes da disciplina é justamente aquela que enfoca o estudo e a análise do paradigma biotecnocientífico, entendido como o conjunto de ferramentas teóricas e práticas que visam transformar a qualidade da vida humana – como a diminuição do sofrimento evitável e a melhora das condições de

vida – e superar as limitações impostas pela estrutura orgânica da vida humana por meio da interferência na evolução biológica (Schramm, 2010a).

Obviamente, enquanto realizadas em um âmbito acadêmico, as análises bioéticas se caracterizam exatamente por evitar esta dicotomia entre perspectivas tecnofílicas e tecnofóbicas, servindo como paradigma descritivo e normativo de referência no diálogo com o paradigma biotecnocientífico por buscar analisar, de forma crítica e imparcial, os argumentos e os tipos de justificativa a favor e contra a utilização dos artefatos biotecnocientíficos (Schramm, 2010b).

A bioética, no entanto, tem no avanço biotecnocientífico apenas uma das suas frentes. Temas como o aborto, a eutanásia, as iniquidades em saúde, a relação profissional de saúde e usuário também fazem parte do seu repertório. Propor a análise da nanotecnologia como um novo objeto para a bioética, diante de uma gama já tão ampla e heterogênea de temas da disciplina levanta, já de partida, algumas questões. O que exatamente unifica a bioética enquanto campo de conhecimento? O que qualifica um tema como objeto da bioética? A nanotecnologia pode ser considerada enquanto tal?

Essas são algumas das questões que este livro busca enfrentar, fazendo-o a partir de um percurso de análise da nanotecnologia que problematiza a relação entre o paradigma bioético e o paradigma biotecnocientífico.

Para sondar esta relação, as incursões realizadas no contexto histórico-cultural do surgimento da bioética têm como resultado a identificação de um fio comum que engendra na mesma tessitura objetos heterogêneos que pertencem ao escopo da disciplina. Como resultado da trajetória de análise proposta, constata-se a existência de um horizonte comum que não somente reúne os objetos da disciplina, mas também se reflete no tipo de análise que a bioética oferece sobre eles. Este fio condutor se revela na percepção da extrema proximidade entre a racionalidade protetiva/interventiva do paradigma biotecnocientífico e da própria bioética.

Esta convergência entre os dois campos se deve ao fato de que ambos estão inseridos em uma configuração política inaugurada com o raiar da modernidade e decorrente de profundas transformações nas relações de poder. A vigência desta configuração, a biopolítica, em constraste ao poder soberano que se assentava na prerrogativa de fazer morrer e de deixar viver, enuncia um tipo de poder completamente distinto, fundamental para o desenvolvimento do capitalismo e destinado a fazer crescer e ordenar forças de produção. Para tanto, passa a ser a prerrogativa de fazer viver e deixar morrer

a nova dinâmica de geração de poder, o biopoder (Foucault, 2008). Tal mudança representa uma transformação capital não somente para o sistema de produção, mas principalmente para a política e para o saber biomédico. Nas próprias palavras do autor,

Durante milênios, o homem permaneceu o que era para Aristóteles: um animal vivente e, além disso, capaz de existência política; o homem moderno é um animal em cuja política está em questão a sua vida de ser vivente (Foucault, 2010, p.136).

Esta mudança paradigmática representada pela biopolítica oferece um impulso vital para a organização da prática médica e para sua importância sociopolítica, e é este contexto que possibilita mais tardiamente o surgimento do que se conhece como paradigma biotecnocientífico e sua incessante batalha contra a finitude humana. Por conseguinte, esta transmutação nas relações de poder é também originária para a própria bioética que, em um estágio mais recente, se estabelece como um campo que busca analisar e contrapor os possíveis excessos da biotecnociência, servindo assim como mecanismo de resistência aos efeitos negativos da biopolítica (Schramm, 2010c).

Se parece inconteste que o surgimento da biopolítica e seus novos mecanismos de poder são fundamentais para o saber biomédico moderno e para o paradigma biotecnocientífico contemporâneo, resta saber o que este protagonismo político do corpo e da vida biológica representa para a sobrevivência humana. A biopolítica é positiva ou negativa para a conservação humana? Essa é a pergunta que Foucault não respondeu em definitivo. Isto porque a biopolítica em sua obra apresenta um caráter ambíguo: se por um lado esta nova configuração é fonte de subjetivação, porque torna o corpo individual o centro da política, por outro, ela também é a conjuntura da anulação em massa da vida, experimentada durante o Nazismo.

Esta ambiguidade intrínseca da biopolítica, que ora eleva o indivíduo, ora o anula completamente, é o ponto de partida para a contribuição teórica de Esposito (2002) sobre o tema. Para o autor, a centralidade biopolítica do corpo conforma o saber-fazer biomédico como resposta ao imperativo de conservação da vida. No entanto, este mesmo imperativo, que Esposito denomina paradigma imunitário, é um dispositivo biopolítico e por isso é

também ele ambíguo: a busca pela preservação da vida a qualquer custo, acaba por colocá-la constantemente sob ameaça.

Assim, o paradigma biotecnocientífico, que atua intervindo sobre a vida com o objetivo de conservá-la, converte-se em ameaça àquilo que busca proteger.

Esta perspectiva joga luz sobre o direcionamento da biotecnociência, que concentra seus esforços para possibilitar uma ação cada vez mais personalizada sobre corpos biológicos individuais, e que altera os corpos em que intervém. Mais do que isso: em uma dinâmica essencialmente biopolítica, age nos corpos de forma a alterar percepções de identidade que nos atingem a todos. Consequentemente, ao funcionar a partir de uma perspectiva imunitária, a biotecnociência transforma a humanidade entendida em seu duplo senso, como aquilo que é contemporaneamente individual e coletivo – individual, porque é aquilo que capacita o indivíduo ao exercício de sua individualidade, ou seja, sua humanidade, e coletivo, porque denota a coletividade de todos os humanos.

A bioética surge, portanto, como uma reação à percepção deste risco. É importante observar, neste ponto, que a bioética compartilha do mesmo intuito de autoconservação, que caracteriza o paradigma imunitário. Como este e o paradigma biotecnocientífico, ela também tem como objetivo a conservação da vida, mas, em um segundo nível, aquele de proteger a vida dos excessos que se cometem em nome de sua preservação e que acabam por ameaçá-la.

Desta forma, a proposta de compreensão do paradigma biotecnocientífico, mas também da bioética a partir desta necessidade contínua de autoconservação humana não se constitui em um empreendimento somente epistêmico. As derivações práticas se tornam mais claras quando se realiza que toda proteção traz em si uma ameaça para seus destinatários e isto não exclui a bioética. Tornar consciente essa realidade parece estratégico para que a bioética evite também os danos por excesso ou por falta da proteção por ela mesma exercida. A perspectiva imunitária auxilia a compreender porque beirar o paternalismo é sempre um risco que acompanha a proteção dos vulneráveis, da mesma forma que exceder-se na defesa da autonomia individual como principal parâmetro bioético é cotejar a defesa do egoísmo ético.

Logo, a progressiva redução da humanidade a seu caráter puramente biológico não é incidental, mas contextualizada em uma lógica biopolítica e imunitária. Aquilo que pretende ser a contribuição teórica original deste

livro é identificar essa humanidade sempre atualizada, porque essencialmente alvo de transformações, como o campo de ação, o objeto mesmo da bioética.

Para tanto, o livro tem como referência o que Foucault (2013) denominou abordagem genealógica do saber, ou seja, busca compreender as articulações entre as dinâmicas de poder e a produção do saber.

Já de partida, analisar o contexto biopolítico que propicia o surgimento da biotecnociência e da bioética permite revisitar um ponto consensual da disciplina: o exercício da bioética é tentar proteger a humanidade das ameaças produzidas pelos excessos do paradigma biotecnocientífico.

Passar a compreender este lugar comum, a partir das relações de biopoder que inevitavelmente atravessam o saber biotecnocientífico, desvela que aquilo que se percebe como ameaça à humanidade ocorre toda vez que as tentativas de autoconservação humana tencionam o equilíbrio dinâmico entre o individual e o coletivo.

Isto ocorre porque, segundo Esposito,

Para reconhecer as dinâmicas mais características nas práticas da biopolítica, é necessário se remeter ao lugar peculiar no qual ela se exercita – situado no ponto de conjugação entre a esfera do indivíduo e da espécie (Esposito, 2002, p. 163).

Assim, as ameaças que o paradigma biotecnocientífico, enquanto prática biopolítica, oferece à humanidade atingem exatamente este ponto de interface entre as esferas individual e coletiva. Como não poderia deixar de ser, é também nesta interface que atua a bioética, analisando potenciais ameaças à conservação da humanidade, tanto na acepção de humanidade enquanto atributo que distingue o indivíduo humano, quando no sentido de coletivo de homens.

Portanto, como característica comum, as reflexões bioéticas se dedicam a questões em que o equilíbrio na interface entre indivíduo e coletivo está em jogo. É por este motivo que o exercício da bioética ora se dedica ao exame das intervenções que tendem a supervalorizar o aspecto individual, e que se revertem assim em risco ao coletivo; ora analisa cenários em que a coletividade em seus movimentos se torna excludente para minorias ou indivíduos. É por este motivo, que, por um lado, a bioética busca valorizar

a dimensão coletiva da humanidade quando, por exemplo, as intervenções biotecnológicas em corpos individuais tornam a defesa da autonomia individual uma ameaça à sobrevivência coletiva; e pelo outro, a bioética procura oferecer proteção ao reforçar a humanidade em sua dimensão individual, quando indivíduos, por não compartilharem um mínimo comum – genético, cognitivo, econômico ou social – com o coletivo, são relegados à margem da comunidade, expostos a condições sub-humanas.

Apresenta-se, assim, uma tentativa de resposta às perguntas que iniciaram a apresentação: o que une objetos de estudo aparentemente tão heterogêneos entre si é o mesmo pressuposto: o de autoconservação imunitária. A bioética pretende conservar a humanidade em seus dois sentidos, imunizando o indivíduo da coletividade e a coletividade do indivíduo.

Acima de tudo isso, no entanto, o que a perspectiva imunitária ajuda a perceber é a dificuldade de uma ética que se realiza sobre um plano continuamente em movimento: os parâmetros que embasam a argumentação moral de defesa da vida restam sempre indefinidos. Isto porque a bioética se propõe atuar como um mecanismo de defesa da humanidade, cujos atributos não são consensualmente estabelecidos e são continuamente alterados e desafiados pelo paradigma biotecnológico. Por este motivo, a fim de contribuir para a conservação humana, a bioética continuamente esbarra na necessidade de discutir: que vida humana é essa a ser defendida?

O que fazer, então? Interditar toda e qualquer pesquisa biotecnológica? Denunciar as consequências negativas deste imperativo de autoconservação humana e abandoná-lo? Pela relação duplamente constituinte entre indivíduo e comunidade, parece não haver esse espaço externo à interação, para o qual se possa fugir. Resta à bioética pensar, de forma mais consciente, esses novos atributos, essa nova humanidade que os mecanismos imunitários da biotecnologia continuamente produzem. A perspectiva imunitária da biotecnologia revela que as análises bioéticas, além de avaliar riscos, precisam sempre ponderar quais serão os atributos de humanidade utilizados como parâmetro e o que há de excludente neles.

Cabe, assim, à bioética mais do que questionar os possíveis riscos ou os possíveis resultados econômicos e sociais das aplicações biotecnológicas. Na biotecnologia interessa a forma como seus objetivos e resultados agem para a transformação da humanidade, individual e coletiva. Estas passam a figurar entre as questões bioéticas fundamentais.

Para compreender estas alterações, a análise de argumentos morais deve compartilhar sua importância com ferramentas teóricas que permitam acessar as fontes científicas diretamente. Isto porque a relação entre o poder e o saber científico não é fortuita e para compreendê-la é preciso atingir níveis de discurso que nem sempre estão disponíveis a todo e qualquer leitor. Os planos de leitura de um determinado saber são diferenciados e diferenciáveis, como nos conta Foucault (2004), e por isso acessar as fontes de maneira a superar estes mecanismos de restrição é fundamental para desvelar como a transmissão do saber coincide com a apropriação do poder.

Latour (2000) indica que uma via de acesso possível ao conhecimento científico em construção são as controvérsias características das primeiras fases de formação de um novo campo. Segundo ele, enquanto as controvérsias ainda são vivas, as observações científicas ainda não são fatos e estão sob discussão. Neste estágio, o debate é rico em explicações e contra-argumentos, o que instrumenta a análise moral das novas tecnologias.

Neste livro, o percurso de análise que se desenvolve por meio do acesso direto à literatura recente sobre nanotecnologia e suas controvérsias nos permitiu capturar no discurso científico indícios de novos parâmetros para a concepção da condição humana. Estes indícios derivam justamente de uma polêmica que envolve a recentemente adquirida capacidade de manipular precisamente a molécula do DNA. Nesta controvérsia, inicialmente o experimento extremamente preciso de controle e manipulação da molécula, que chegou a ser chamado de origami de DNA, foi questionado quanto a sua utilidade. A polêmica, no entanto, toma um rumo inesperado quando o DNA passa a ser visto como o material nanotecnológico por excelência. É neste momento que, em nome da mais nova e promissora utilidade do DNA, o discurso científico nos convida a abandonar a hegemônica percepção do ácido nucléico como “código da vida”. Juntamente a outros fenômenos, como o advento da proteômica, a nanotecnologia torna-se assim um indicador de uma nova tendência de caracterização daquilo que é humano.

Desta maneira, o essencialismo genético, compreendido como a propensão de atribuir as disposições genéticas as nossas características corporais, nossas aptidões mentais e nossas inclinações comportamentais, que atualmente permeia nossa compreensão sobre o que é a humanidade, dá indícios crescentes de estar sob revisão. Neste cenário, o exercício crítico futuro será pensar como passará a ser descrita a humanidade, e quem será excluído desta nova definição.

Este livro, que se baseia em tese de doutorado defendida em 2012, tem justamente como objetivo situar a nanotecnologia neste panorama mais amplo e enunciar esta relação entre o paradigma biotecnocientífico, a bioética, e a humanidade. O percurso começa por uma breve introdução às especificidades da nanoescala e da nanotecnologia. Passa-se, então, ao segundo capítulo, dedicado a apresentar as principais tendências da presente discussão ética sobre o tema. No terceiro capítulo, propõe-se uma estratégia de transpor os atuais impasses do debate ético sobre a nanotecnologia: em vez de se limitar a sondar os potenciais riscos da nanotecnologia, em um exercício conjectural, empreende-se uma análise crítica direta do discurso científico, desde suas fontes de prestígio. A trajetória que se inicia com a análise dos artigos científicos sobre nanotecnologia torna manifesto que, para muito além da toxicidade a humanos e de riscos ambientais, o principal interesse bioético reside nos indícios de uma transformação, já em curso, daquilo que chamamos de humano. Esse e outros aspectos sobre a moralidade da nanotecnologia, revelados a partir da análise da literatura científica sobre o tema, são discutidos no capítulo quatro. O capítulo cinco aborda teoricamente a inserção da questão da condição humana na abordagem bioética da biotecnociência. Por fim, o capítulo 6, mais do que concluir, busca delinear algumas implicações e potencialidades da perspectiva da finalidade de autoconservação humana para a compreensão da biotecnociência, como objeto de análise, e do próprio papel da bioética.

(Página deixada propositadamente em branco)

O QUE HÁ DE TÃO ESPECIAL NA NANOESCALA?

Trabalhar em nanoescala significa interferir em estruturas da grandeza de nanômetros (10^{-9} m). A escala em si não apresenta novidade, a existência de nanopartículas na natureza, como aquelas expelidas pelos vulcões, e seu uso pelo homem, na confecção de vitrais na idade média, também não são inéditos (NNI, 2012). Se o tamanho não é, em si, o problema, resta então a pergunta: o que torna a nanotecnologia um dos tópicos mais debatidos na esfera acadêmica?

Para compreender a agitação científica em torno da nanotecnologia, as implicações éticas que têm sido apontadas como possíveis e a forma como a nanotecnologia se relaciona à questão da autoconservação humana, é preciso primeiramente esclarecer alguns aspectos técnicos.

Por este motivo, é oferecido um rápido panorama sobre o que é a nanotecnologia e as expectativas quanto às suas aplicações e às apropriações pelo mercado. O objetivo aqui não é realizar uma abordagem exaustiva destes aspectos, mas tão somente instrumentar a análise ética sobre a nanotecnologia.

1. O NOVO CAMPO CIENTÍFICO DA NANOTECNOLOGIA

Resultado da interação dos conhecimentos de física quântica, biologia molecular, eletrônica, química e engenharia de materiais (Buzea et al., 2007), a nanociência é a área do conhecimento que estuda os princípios fundamentais de moléculas e estruturas, nas quais pelo menos uma das dimensões está compreendida entre 1 a 100 nm, as chamadas nanoestruturas. A nano-

tecnologia, por sua vez, consiste na aplicação técnica destas nanoestruturas em dispositivos nanoescalares utilizáveis (Ratner, Ratner, 2003).

A distinção precisa, porém, entre nanotecnologia e nanociência não é usual. Na literatura científica, o termo nanotecnologia, que poderia inclusive ser melhor denominado como “nanotecnociência”, refere-se à compreensão da unidade complexa de materiais, artefatos e energia, assim como aos agentes que a transformam. Neste sentido, o termo nanotecnologia, como vem sendo utilizado, descreve o conjunto das atividades cognitiva e técnica, que são de fato inseparáveis porque visam à inovação tecnológica para o mercado (Osorio, 2002).

O conceito fornecido oficialmente pela *National Science Foundation* (NSF) (2000), por exemplo, é impreciso, não estabelece distinções entre nanociência e nanotecnologia e não fornece critérios de inclusão definitivos para os produtos. Segundo a NSF (2000), nanotecnologia refere-se à pesquisa e tecnologia desenvolvidas a partir de novas propriedades vinculadas à manipulação da matéria em nível nanoescalar, ou seja, entre 1 a 100 nm; no entanto, admite que as mesmas propriedades possam ser encontradas em dimensões abaixo de 1 nm e acima de 100 nm.

Há uma convergência, porém, das diferentes definições no que tange a um conjunto de características fundamentais da nanotecnologia: ao menos uma das dimensões das partículas deve ter entre 1 e 100 nm; o processo de síntese deve demonstrar absoluto controle sobre as propriedades físicas e químicas das estruturas moleculares; e os blocos de compostos nanoestruturados iniciais, ao se combinarem quimicamente, devem ter a capacidade de produzir estruturas maiores (Mansoori, 2005).

Desta maneira, apesar de todas as definições se referirem à dimensão nanométrica, é importante compreender que determinante não é tanto a dimensão em si, mas as propriedades químicas e físicas diversas apresentadas pelos materiais quando manipulados em nanoescala (Ratner, Ratner, 2003).

Uma das vantagens oferecidas pela manipulação nanométrica dos materiais é a possibilidade de alterar as propriedades físico-químicas de um material sem alterar sua composição, o que pode lhe oferecer novas aplicações. Outro benefício explorado pelos pesquisadores é a capacidade de organização sistemática de entes orgânicos, utilizada para sintetizar compostos nanoestruturados, que passam a ser produzidos por um mecanismo conhecido por *self-assembly*, uma produção auto-organizada sem mediação de estímulos externos posteriores. A nanoescala promove, adicionalmente,

o aumento da razão superfície/volume dos materiais, tornando-os quimicamente mais reativos. Por último, materiais nanoestruturados, por terem sua disposição atômica precisamente determinada, possuem uma maior densidade, o que melhora diversas propriedades do material como, por exemplo, condutividade elétrica, capacidade de armazenamento de dados, etc. (Mansoori, 2005).

Resultantes da manipulação em nanoescala, efeitos quânticos e efeitos de superfície determinam alterações nas propriedades físicas, químicas, ópticas, elétricas, mecânicas e magnéticas de amostras nanoscópicas, como, por exemplo, cor, condutividade elétrica e térmica, densidade, dureza, coeficiente de expansão térmica, reatividade química, etc. (Buzea et al., 2007).

O surgimento dessas novas propriedades tem sido bastante investigado em estudos sobre nanopartículas metálicas e orgânicas. O ouro, por exemplo, apresenta alterações de cor, menores temperaturas de fusão e propriedades magnéticas e reativas muito acentuadas frente à estabilidade usual do material (Sardar et al., 2009). Outras partículas metálicas como ferro e cobre, bem como moléculas orgânicas, também apresentam alteração de suas propriedades ópticas, magnéticas e fisicoquímicas quando manipuladas na escala nanométrica. A análise de novas propriedades de materiais já conhecidos visa explorar possibilidades de aplicações inovadoras destes materiais (Sanvicens, Marco, 2008).

A promessa de grandes avanços na nanotecnologia deflagrou o aparecimento de uma série de “nano” áreas, indicadas por nomes como nanobiotecnologia, nanofísica, nanoquímica, nano-óptica, nanoeletrônica, nanorrobótica, nanomedicina, e que se referem às áreas tradicionais de conhecimento que incorporam materiais e dispositivos manipulados nanometricamente às suas práticas com o objetivo de explorar e se beneficiar de suas novas propriedades. Subsequentemente, surgiram outros neologismos, como nanoeconomia, nanodireito e nanoética, que aludem e tentam antecipar a potencial transformação de práticas, instituições, processos cognitivos e normativos em seus respectivos âmbitos após a incorporação da nanotecnologia em nossa prática cotidiana.

Alguns conceitos como nanopartículas, nanomateriais, materiais nanoestruturados e materiais nanoengenheirados, entretanto, merecem atenção especial para evitar confusões. As nanopartículas são partículas em que ao menos uma das dimensões é nanométrica, ou seja, ao menos uma das dimensões tem um tamanho entre 1 a 100 nm, correspondendo a estruturas

atômicas e moleculares. Estas nanopartículas não são necessariamente produtos da ação humana e se encontram naturalmente dispersas no meio ambiente, como partículas de poeira e cinzas, por exemplo. Elas podem ser resultado de vários processos físicos conhecidos, como combustão e erosão. Pode-se afirmar, também, que a síntese de nanopartículas pelo homem não é nova e tem sido realizada de maneira não intencional ou ao menos não controlada há muito tempo. Exemplo é a utilização de ouro coloidal para a pintura de vitrais já na Idade Média. É preciso, no entanto, diferenciar esta ocorrência prévia, na qual sua síntese não era controlada, de outro tipo de nanopartícula que é produzida atualmente de forma proposital, controlada, com instrumentos e objetivos determinados e proporcionados pela nanotecnologia. Desta forma, pode-se dizer que existem nanopartículas de origem ambiental ou de origem antrópica, de síntese acidental ou proposital e de origem nanotecnológica ou não (Buzea et al., 2007).

Já os conceitos de nanomateriais, materiais nanoestruturados, materiais nanoengenheirados referem-se todos à maneira de síntese desses materiais. Embora os processos e métodos, a constituição química e o estado físico desses materiais sejam muito diversos, todos eles são resultado da ação humana proposital e controlada, característica do que se chama de nanotecnologia, com todo o seu arsenal teórico e instrumental dedicado à exploração das novas propriedades derivadas da manipulação em nível nanoescalar. Por isso, enquanto é possível afirmar que há nanopartículas naturais ou incidentais, os nanomateriais são fruto da técnica e, assim, sempre intencionalmente sintetizados pelo homem, ou seja, intencionais e artificiais (Buzea et al., 2007). É justamente a ação proposital e organizada para a transformação nanotecnológica da matéria que torna os produtos nanoestruturados distintos, do ponto de vista moral, de outras nanopartículas naturais ou previamente produzidas de forma não intencional pelo homem.

Os materiais nanoestruturados, cabe ainda ressaltar, não têm necessariamente escalas nanométricas, podem consistir em blocos microscópicos ou macroscópicos de um material que durante seu processo de fabricação sofreu algum tipo de estruturação ou manipulação em nível nanométrico. Eles podem ser utilizados para construir uma diversidade de produtos e dispositivos mais ou menos complexos, conhecidos por sua vez como nanoprodutos e nanodispositivos, respectivamente (Buzea et al., 2007).

1.1. Materiais nanoestruturados: tipos e síntese

O universo de nanomateriais e suas aplicações é muito amplo. Há, atualmente, várias tentativas de se estabelecer uma classificação para os diferentes tipos de nanomateriais. Estas propostas de classificação estão em contínua revisão e expansão, já que as capacidades técnicas de manipular os materiais já conhecidos e sintetizar novos compostos são crescentes.

Atualmente, dentre os principais tipos de nanomateriais encontram-se os derivados do carbono, como nanotubos de carbono e fulerenos, que são usados na síntese de catalisadores, baterias e combustíveis, supercapacitores, sistemas de purificação de água, implantes ortopédicos, películas e filmes condutores, adesivos e compósitos, sensores e componentes das indústrias automobilística, aeronáutica, espacial e eletrônica. A produção de nanotubos de carbono em 2011 foi estimada em mil toneladas. É evidente que pelo menos uma primeira consequência desta produção industrial nanotecnológica pode ser evidenciada: o acelerado aumento da produção eleva a probabilidade de ocorrência de efeitos ambientais adversos por contaminação acidental ou clandestina (Klaine et al., 2008).

Outro grupo de nanomateriais importantes são os derivados metálicos, principalmente os óxidos metálicos; entre eles, o dióxido de titânio e o óxido de zinco. As aplicações dos óxidos metálicos são muito amplas: na indústria cosmética e de protetores solares, na fabricação de tintas, películas e vernizes, células solares, cerâmica, etc. (Klaine et al., 2008).

Uma terceira classe de materiais nanoestruturados é aquela dos nanocristais semicondutores ou *quantum dots*, constituídos de um núcleo que pode tanto ser formado por metais quanto por um material semicondutor e uma cápsula de sílica. São atualmente bastante usados para diagnósticos por imagem e para fins terapêuticos; adicionalmente, encontram aplicações em células fotovoltaicas para captação de energia solar, nas áreas de fotônica e telecomunicações (Klaine et al., 2008).

O quarto grupo de materiais são os metais zero-valentes, sintetizados a partir de sais metálicos. Entre eles encontra-se o ferro zero, altamente usado para fins de remediação de poluição ambiental por meio de remoção de nitratos da água, solo e sedimentos e para a detoxificação de meios contaminados por pesticidas organoclorados. A prata e o ouro em suas formas zero-valentes também são usados, principalmente por suas propriedades

antimicrobianas e como vetores em tratamento de tumores, respectivamente (Klaine et al., 2008).

Dentre os nanomateriais, destacam-se ainda os nanopolímeros, que podem ser usados por ramos da biologia, ciência dos materiais, química, entre outros. São polímeros que podem ter sua estrutura, flexibilidade, peso e tamanho molecular determinados de acordo com a função desejada. São usados para síntese de cápsulas, vidros coloridos, sensores químicos, eletrodos, agentes terapêuticos, mecanismos de liberação de drogas e chips de Ácido Desoxirribonucléico (DNA) (Klaine et al., 2008).

Apesar da diversidade de composição encontrada entre os diferentes tipos de materiais nanoestruturados, as formas de síntese apresentam padrões semelhantes. Elas podem ser agrupadas de acordo com o meio em que se produz o material: em fase de vapor (com a pirólise por laser seguida de deposição do material na forma de um filme fino), em fase líquida (processamento e agrupamento coloidal em camadas), em fase sólida (polimerização induzida por fótons para a cristalização de estruturas metálicas) e em fase híbrida (formação dos nanotubos com o envolvimento de todas estas fases). Os métodos de produção podem também ser classificados de acordo com o tipo de estrutura produzida: nanopartículas organizadas de forma coloidal, nanotubos, deposição de filmes ou camadas e os materiais nanoengenheirados (Cao, 2006).

No entanto, de forma mais usual, os métodos de produção de nanomateriais são categorizados como: técnicas *top-down* (“de cima para baixo”), que correspondem em geral a um processo litográfico que, por corrosão química de um bloco macroscópico, produz partículas nanométricas do objeto; e técnicas *bottom-up* (“de baixo para cima”), nas quais há uma deposição controlada e organizada de átomos e moléculas para a formação de estruturas definidas em nanoescala (Cao, 2006).

1.2. Materiais nanoestruturados: aplicações

Um levantamento da literatura revela que a maior parte dos artigos científicos sobre os nanomateriais refere-se à exploração das propriedades químicas de materiais como o ouro, o óxido de titânio, o silício e polímeros em geral, ressaltando propriedades morfológicas, ópticas, catalisadoras, e

propriedades eletroquímicas de deposição, absorção, oxidação, degradação e autorreplicação (Kostoff et al., 2008).

As novas propriedades encontradas em nanoescala podem contribuir significativamente para campos como a nanoeletrônica, informática e computação, por meio de propriedades magnéticas e propriedades dos semicondutores, por exemplo; na indústria aeronáutica e exploração espacial, com contribuições para sistemas de fornecimento de energia, promovendo a resistência ao calor e evitando efeitos gerados pelo vácuo e pela gravidade; na indústria química, produzindo de forma mais controlada compostos químicos já existentes ou explorando novas propriedades de configurações moleculares inéditas; na relação com o meio-ambiente e na geração e consumo de energia, com o uso de materiais ecologicamente mais favoráveis por causarem menos desperdício de matéria e de energia devido ao melhor controle da produção; para a defesa e indústria bélica, com a produção de sistemas de monitoramento e armas químicas; além da medicina com o desenvolvimento de técnicas nanocirúrgicas, terapia gênica, liberação das drogas e diagnóstico, terapia hipertérmica por meio de magnetismo, etc. (Kostoff et al., 2008).

2. NANOTECNOLOGIA: RETROSPECTIVA E EXPECTATIVAS

Como visto em outros recentes avanços biotecnológicos, a nanotecnologia reclama para si o posto de tecnologia mais inovadora e revolucionária dos últimos tempos. Seus objetivos, métodos e produtos, contudo, ainda não são amplamente conhecidos, pois a produção tecnocientífica sobre o tema é bastante recente (Bostrom, 2007). Durante as duas últimas décadas, cientistas e engenheiros têm estudado e manipulado materiais em escala atômica e molecular convergindo para o estágio em que materiais e dispositivos nanoestruturados apresentam novas propriedades (Bhattacharyya et al., 2009). Esta convergência chegou a seu ápice há menos de 15 anos, quando, no período de um ano, o governo norte-americano aumentou em 56% o seu investimento no ramo, chegando a U\$ 422 milhões em 2000, despertando uma intensa competição pela liderança científica mundial no campo (Stix, 2001). O orçamento governamental norte-americano de 2012 para as pesquisas na área foi previsto em 2,1 bilhões de dólares, liderando o cenário de investimento mundial e representando 28% deste (NNI, 2011).

O início da nanociência remonta à busca por miniaturizar os objetos, tão em voga em meados do século XX, principalmente na microeletrônica e nas ciências da informação. Naquele contexto, em dezembro de 1959, Richard Feynman, em uma conferência na reunião da Sociedade Americana de Física, se antecipa a habilidades que começarão a ser dominadas somente na primeira década do século XXI. Com o título *There's plenty of room at the bottom* (algo como “Há muito espaço lá no fundo”), aventava a possibilidade de manipular materiais em níveis de átomos e moléculas, como se fossem blocos de construção. Com o objetivo de armazenar informações de forma mais compacta e utilizá-las de forma mais rápida, de fabricar pequenos motores e de algumas outras formas de miniaturização, o propósito de miniaturização acaba por oferecer *insights* importantes, como o fato de que as leis físicas que regem as interações no mundo macroscópico não são as mesmas que determinariam as propriedades dos átomos (Feynman, 1961).

O autor, que posteriormente ganhou o prêmio Nobel por seu trabalho em eletrodinâmica quântica, na mesma palestra chegou a oferecer dois prêmios. Um destinado a quem conseguisse construir um motor elétrico que tivesse ao menos uma de suas dimensões medindo no máximo 64 avos (1/64) de polegada, que foi pago ainda em 1960, e outro para aquele que conseguisse compactar o texto de uma página a 1/25.000 partes de seu tamanho, redução suficiente para que a enciclopédia britânica coubesse na cabeça de um prego. O último prêmio só foi recebido em 1985 (Keiper, 2003).

Apesar de ser considerado como o precursor do desenvolvimento da nanotecnologia, o discurso de Feynman não ganhou muita atenção da comunidade científica na época. Passaram-se quinze anos para o surgimento do termo *nanotecnologia*. Quase todas as ideias apresentadas naquela conferência são, atualmente, intensamente estudadas por pesquisadores em todo o mundo (Mansoori, 2005).

O termo nanotecnologia foi usado pela primeira vez em 1974 por Norio Taniguchi, um pesquisador da universidade de Tóquio, para se referir à habilidade de produzir materiais em nanoescala. Ainda nos anos 1970, a empresa IBM deu os primeiros passos para o domínio dessa habilidade e inovou ao desenvolver dispositivos que, por meio de litografia, sintetizaram nanoestruturas com dimensões entre 40 e 70 nm (Sahoo et al., 2007).

Contudo, foi somente em 1981 que a nanotecnologia obteve definitivamente o instrumento que materializou seus métodos. Gerd Binnig e

Heinrich Rohrer desenvolveram neste ano o microscópio de tunelamento, um aparelho que por meio de uma agulha muito fina e do uso de uma pequena corrente elétrica permite a análise das dimensões e disposições atômicas. Descobriu-se que uma pequena modificação permitia ao mesmo microscópio manipular e reposicionar os átomos de forma muito precisa. Este advento e, mais tarde, o desenvolvimento de outros dispositivos, como o microscópio de força atômica, por exemplo, possibilitaram uma grande precisão na caracterização, mensuração e manipulação de nanoestruturas e nanomateriais (Cao, 2006).

De posse destes instrumentos, um grupo de cientistas da companhia IBM, já em 1989, escreveu a sigla da empresa dispondo 35 átomos de xenônio. Em 1991, foi desenvolvido pela mesma empresa um dispositivo usado como um interruptor atômico, passo importante para o desenvolvimento de dispositivos nanoescalares na informática (Keiper, 2003).

A partir de então e – adicionalmente - após o lançamento do livro *Engines of Creation*, de Eric Drexler em 1986, a nanotecnologia ganhou destaque no contexto científico global (Doubleday, 2007). No entanto, só passou a ser conhecida pela população leiga mais tarde, devido a algumas obras de ficção científica, como a obra *Prey* em 2002. Escrita por Michael Crichton, o mesmo autor do livro que deu origem ao filme *Jurassic Park*, *Prey* é uma história sobre as ameaças tecnocientíficas, no caso nanorrobôs, à humanidade (Keiper, 2003).

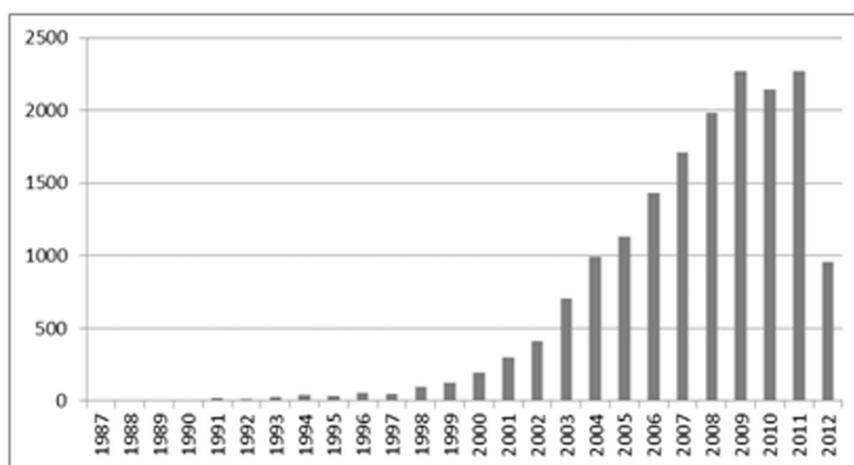
Outro marco histórico recente de bastante impacto na percepção pública foi a capa da revista *Nature* de número 7082 de 2006 que traz uma figura do “smile”, um rosto sorridente estilizado, sintetizado a partir da técnica denominada *origami de DNA*. Esta se baseia no posicionamento proposital e controlado da molécula de DNA, desenhando, por assim dizer, várias figuras, entre elas o “smile” da capa (Rothmund, 2006).

Não se passou muito tempo para que a nanociência e a nanotecnologia demonstrassem sua importância no contexto acadêmico e seu potencial para o mercado. Em 2014, a internacionalmente reconhecida base de dados eletrônica *ISI Web of Knowledge* já registrava 23.183 artigos acadêmicos sobre o tema (Web of Science, 2014). A figura 1 ilustra a publicação de artigos sobre nanotecnologia indexados pela base ao longo dos anos.

Houve um crescimento quase exponencial na produção mundial de artigos científicos sobre nanotecnologia, com um aumento anual médio de 16%. O investimento em pesquisa sobre o tema tomou contornos globais em 2004,

quando mais de 60 países já possuíam programas nacionais de incentivo a pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia. Em 2006, o investimento global tomou novo fôlego com a participação mais intensa de países como Brasil, Índia e Rússia e outros países do Oriente Médio. No contexto norte-americano, o financiamento em nanotecnologia só perde para o programa espacial em termos de investimento público. A *National Nanotechnology Initiative* (NNI) norte-americana ofereceu um financiamento acumulado desde 2001 da ordem de U\$ 21 bilhões (NNI, 2014).

Figura 1. Artigos publicados mundialmente sobre nanotecnologia por ano



Fonte: Gráfico construído a partir de dados da Web of Science

O primeiro momento do processo de estabelecimento do campo científico foi marcado pelos esforços da comunidade acadêmica para acumular conhecimentos fundamentais sobre a nanoescala e catalogar nanocompostos e nanomateriais. Esta primeira fase, que se estendeu de 2000 a 2010, teve um impacto significativo na indústria e resultou em um mercado de produtos tecnológicos de U\$ 300 bilhões em 2010. Esta primeira década de industrialização e comercialização nanotecnológica incluiu duas gerações de produtos. A primeira geração, predominante até 2005, corresponde à produção de nanoestruturas passivas, estáveis ao longo do tempo, como vernizes e películas e materiais como metais, polímeros e cerâmicas nanoestruturadas. Em 2006, as nanoestruturas ativas passaram a ganhar es-

paço. Estes produtos nanotecnológicos de segunda geração, de composição e estruturas mais complexas, baseiam sua função na mudança de composição ou estado com o uso, como nos casos das drogas de liberação direcionada e dos dispositivos de memória (Roco, 2011).

Atualmente, a nanotecnologia já foi incorporada pela medicina e por quase todos os setores industriais. O crescimento na produção de derivados nanotecnológicos é da ordem de 25% ao ano. Ademais, há uma estimativa de que o mercado global de produtos com nanotecnologia incorporada aumentará de U\$ 30 bilhões em 2000 para cerca de U\$ 3 trilhões em 2020 (Roco, 2011).

A pesquisa em nanotecnologia foi incorporada por diversas áreas como síntese de materiais avançados, biomedicina e produção farmacêutica, catálise e eletrônica. Encontra-se em expansão em campos como fontes energéticas e purificação da água, agricultura e florestamento, e se integra a novas áreas como sistemas quânticos de informação, engenharia neuromórfica (desenvolvimento de interfaces homem-máquina baseada em sistemas neurais artificiais) e nanobiologia. Também ofereceu contribuições teóricas e metodológicas para o surgimento de novas frentes de pesquisa como a spintrônica (o uso do spin do elétron como portador de dados em dispositivos de memória), plasmônica (campo que explora as interações entre superfícies metálicas e luz), nanoeletrônica carbônica, nanotecnologia de DNA (que usa DNA para a síntese e design de compostos) e nanossistemas moleculares. Todo este desenvolvimento científico já encontra ecos na vida cotidiana (Roco, 2011). Cerca de 800 produtos de uso cotidiano já são comercializados, entre eles tecidos, cosméticos, telas de computador e telefones, sensores para a indústria farmacêutica, removedores de manchas e etc. (NNI, 2014).

Um relatório governamental norte-americano aponta as direções desejadas para a produção nanotecnológica futura. Para alcançar o desenvolvimento da terceira e quarta gerações de produtos nanotecnológicos com sucesso, o documento enfatiza a necessidade de focalizar o desenvolvimento tecnocientífico mundial nas seguintes ações: a integração do presente conhecimento sobre a nanoescala para a produção de nanossistemas de caráter complexo e programável; melhor controle da auto-organização (*self-assembly*) molecular e do comportamento quântico para a criação de novos materiais e moléculas a partir de design computacional; entender os processos biológicos e as interfaces nanobiológicas com materiais sintéticos

para o conhecimento de seus impactos e usos na saúde; e, finalmente, criar mecanismos de controle para aumentar a inovação por meio de parcerias público-privadas em pesquisa sobre novos produtos e sobre formas de garantir a segurança e equidade social na produção nanotecnológica (Roco et al., 2010).

O segundo momento da produção nanotecnológica iniciado nesta década será provavelmente caracterizado por mensurações e resoluções mais precisas, com o controle de processos nanoescalares e desenvolvimento computacional de nanossistemas mais complexos e ainda mais dinâmicos. Nesta segunda década, espera-se que o desenvolvimento nanotecnológico dê origem à terceira e à quarta geração de produtos. A terceira geração de produção nanotecnológica, que já apresenta alguns avanços iniciais desde 2010, corresponde à síntese de nanossistemas integrados com componentes heterogêneos em três dimensões. Com grande destaque para a engenharia molecular, a terceira geração focalizará a auto-organização (*self-assembly*) molecular, síntese de tecidos e sistemas sensoriais artificiais, interações quânticas nos sistemas nanoescalares, processamento de dados utilizando fótons e spins elétricos, sistemas nanoeletromecânicos e outras plataformas de tecnologias convergentes. A quarta geração, esperada para o período entre 2015 a 2020, representará a síntese controlada de nanossistemas moleculares, em que componentes moleculares engenheirados substituirão componentes maiores utilizados atualmente em diversos dispositivos de memória, por exemplo. Da arquitetura diferenciada das moléculas são esperadas novas funções e propriedades, o que possibilitará construir máquinas nanoescalares, explorar o controle quântico, utilizar nanossistemas biológicos na saúde e na agricultura e entender melhor as interfaces homem-máquina nos níveis tecidual e de sistema nervoso (Roco, 2011).

De forma incontestável, segundo Roco (2011), a nanotecnologia teve um significativo avanço nos últimos anos e está destinada a produzir novas gerações de produtos, cada vez mais complexos e dinâmicos. Os produtos de primeira geração, inicialmente baseados em compostos estáveis ao longo do tempo, darão lugar à segunda geração de estruturas nanotecnológicas, cuja mudança programada de conformação é a base para seu funcionamento. A nanotecnologia proporcionará a produção de sistemas integrados na terceira geração, e produtos de quarta geração baseados em engenharia molecular com os mais diversos fins, inclusive os de criar interfaces entre os dispositivos nanotecnológicos e os tecidos humanos. Ainda que a maior parte do discurso sobre o desenvolvimento nanotecnológico resume-se a previsões, o autor

ênfatisa que a nanotecnologia já é determinante para a produção de ramos tão diversos como a indústria automobilística e a farmacêutica.

Frente aos significativos avanços até o momento e à grande expectativa quanto às aplicações futuras, é subestimado - nem sempre de forma involuntária- o fato de que, como qualquer outra nova tecnologia, a nanotecnologia pode oferecer tanto novos benefícios significativos como expor a saúde humana e o ambiente a riscos consideráveis (Best et al., 2006).

3. NANOTECNOLOGIA, SAÚDE E MEIO-AMBIENTE

Com o objetivo de analisar a potencialidade tóxica das nanopartículas surgiu o campo da nanotoxicologia. Derivado dos estudos sobre partículas ultrafinas e patologias pulmonares por aspiração de fibras, o campo já aponta algumas teorias e princípios relacionados à toxicidade das nanopartículas produzidas atualmente. As pesquisas em nanotoxicologia, ainda em seus primórdios, têm sugerido que a diminuição da dimensão, com o consequente aumento da razão de superfície/volume, torna os compostos quimicamente mais reativos devido ao aumento de sua superfície de contato, o que acelera a disseminação das partículas em solução (Hubbs et al., 2011).

Adicionalmente, o tamanho das partículas facilita sua passagem pelas membranas celulares e outras membranas intracelulares, como a nuclear, por exemplo. No conteúdo citoplasmático, as partículas podem interagir e até mesmo hibridizar com estruturas subcelulares, como microtúbulos e DNA. Há indícios de uma intensificação das respostas fisiológicas e patológicas à presença das nanopartículas, quando comparadas a partículas que não sofreram o mesmo processo de síntese e estruturação. Foram relatados efeitos como aumento da resposta inflamatória, fibrose, respostas alérgicas, genotoxicidade, carcinogenicidade e, em estudos preliminares em animais, foram afetadas as funções cardiovascular e linfática (Hubbs et al., 2011).

As nanopartículas em altas concentrações têm tendência à autoagregação molecular. No interior dos tecidos vivos, esses agregados são facilmente identificados e disparam respostas imunológicas e inflamatórias. A maior parte dos agregados são eficientemente fagocitados por macrófagos. No entanto, estudos com animais demonstram que pequenas concentrações de nanopartículas de dimensões menores do que 30 nm não são fagocitadas e

podem ser encontradas em curto intervalo de tempo na corrente sanguínea e no cérebro (Buzea et al., 2007).

A maneira como as nanopartículas induzem a resposta inflamatória tem sido alvo de muitos estudos. A principal explicação até o momento é que, por meio da indução de produção de radicais de oxigênio, as nanopartículas causam estresse oxidativo de forma mais intensa do que partículas maiores. Os radicais de oxigênio induzem a resposta inflamatória mediada por citocinas e causam dano no DNA, provocando mutações e genotoxicidade (Fu et al., 2014).

Em um contexto sistêmico, muitos estudos têm apontado para um papel importante das vias respiratórias nos mecanismos de nanotoxicidade. A inalação contínua de nanopartículas insolúveis leva a seu crescente acúmulo nos pulmões e à sobrecarga da função fagocitária. Esse acúmulo leva a danos teciduais dependentes do tempo e quantidade de exposição, podendo variar de fibrose a respostas neoplásicas. A via respiratória é também uma passagem para o sistema nervoso, devido aos terminais nervosos olfativos nas vias aéreas superiores (Zhang et al., 2014).

As nanopartículas podem ainda ter acesso ao sistema nervoso por meio da absorção epitelial e dérmica e por meio da passagem seletiva de nanopartículas de carga positiva, como fulerenos e óxido de titânio, pela barreira hematoencefálica. Devido a fatores complexos que determinam falha no balanço homeostático das partículas metálicas necessárias para o funcionamento cerebral, o acúmulo de partículas metálicas exerce um importante papel na gênese de patologias neurodegenerativas como Alzheimer, Parkinson e Pick (Buzea et al., 2007).

As nanopartículas podem ainda ser absorvidas por meio da ingestão gastrointestinal e por meio de implantes e injeções endovenosas. Transportadas pela corrente sanguínea, as nanopartículas podem ter efeitos tóxicos por interação direta com as células sanguíneas ou entrarem em contato com outros tecidos, órgãos e sistemas, como fígado, baço, rins e sistema linfático, podendo causar danos celulares e teciduais (Zhang et al., 2014).

Ainda que os nanomateriais tenham sido associados a diversos mecanismos de toxicidade e estresse celular, mencionados acima, e que os prováveis danos atinjam em potencial toda a fisiologia humana e animal, algumas nanopartículas têm se destacado por suas propriedades desejáveis, como a função antimicrobiana apresentada pela prata, por exemplo. A prata e os compostos de carbono conhecidos como fulerenos parecem também ter

um efeito antiviral contra o HIV (Vírus da Imunodeficiência Humana) por meio de mecanismos competitivos que inibem a reprodução viral (Buzea et al., 2007). Essas propriedades desejáveis das nanopartículas para a saúde e a contribuição da nanotecnologia para os mais diversos ramos tecnológicos industriais, atualmente, fazem com que consumidores e trabalhadores estejam cada vez mais expostos ao contato com os materiais nanoestruturados (Kuhlbusch et al., 2011).

A exposição aos nanomateriais e nanopartículas pode ocorrer em diferentes contextos, por contato com roupas e produtos químicos, pela ingestão de medicamentos e pela inalação. A preocupação com a inalação adquire proporções ainda maiores devido à exposição massiva e continuada de trabalhadores das indústrias e moradores das zonas industriais.

Devido ao estágio inicial da produção nanotecnológica, os estudos produzidos até o momento são uma combinação de métodos de aferição de espaços reais de trabalho e simulações em laboratório. São estudadas contaminações por pós, suspensões, películas, vernizes e compósitos. Os principais materiais estudados são carvão, nanotubos de carbono, nanofibras de carbono, fulerenos, prata, óxido de titânio, óxido de silício, óxido de alumínio, metais e outros óxidos metálicos (Kuhlbusch et al., 2011).

A toxicidade das nanopartículas e dos materiais nanoestruturados depende de uma interação complexa de fatores como tamanho, concentração, tempo de exposição, estado sistêmico e predisposições do organismo exposto (Buzea et al., 2007). No entanto, seria um erro afirmar que os mecanismos de toxicidade das nanopartículas são plenamente conhecidos (Zhang et al., 2014). Isso se dá porque aquilo que faz a nanotecnologia parecer tão promissora - o comportamento diverso das nanopartículas em relação às formas brutas do mesmo material - ao mesmo tempo torna seus potenciais efeitos sobre a saúde e sobre o meio-ambiente imprevisíveis (Service, 2004a).

O desconhecimento parcial das propriedades dos materiais é conjugado à defasagem por parte dos organismos nacionais e internacionais de regulação, que levam em conta a composição química dos elementos e não sua conformação. A utilização da composição como parâmetro de análise em detrimento da conformação química remonta a uma regulação de novos produtos químicos, baseada em um modelo industrial anterior à nanotecnologia, e torna-se particularmente preocupante no panorama atual. Isto porque, no caso de ter sido sintetizado a partir de um composto químico

conhecido, um produto nanotecnológico pode chegar às mãos do consumidor sem que sua entrada no mercado tenha sido condicionada ao fornecimento de informações sobre suas condições de produção e de segurança. A despeito dos estudos científicos que apontam repetidamente para as novas propriedades e perfis de toxicidade diversos relacionados à manipulação nanoescalar dos materiais, as agências e mecanismos de controle e regulação nem sempre consideram este aspecto, mantendo os mesmos sistemas de classificação e testes usados em outros materiais, considerando novos materiais nanoestruturados como bioequivalentes a seus materiais brutos correspondentes. Esta defasagem dos mecanismos reguladores possibilita que um novo composto nanoestruturado chegue ao mercado de medicamentos, por exemplo, sem passar por novos testes de toxicidade, sendo que as reações orgânicas podem ser completamente diversas (Raj, 2011). Atualmente, existem algumas iniciativas, ainda em estágios muito iniciais, de promover mecanismos reguladores mais adequados à nanotecnologia que, no entanto, ainda buscam sistematizar meios e métodos de determinar quais nanomateriais serão testados e como (Hamburg, 2012).

Até mesmo os parâmetros utilizados nos testes toxicológicos e imunológicos podem não ser completamente adequados aos materiais nanoestruturados. Isto porque não são conhecidas as relações entre tempo e quantidade de exposição necessárias para que os materiais nanoestruturados gerem algum tipo de resposta inflamatória ou se há inclusive a possibilidade de novos tipos de resposta, com eventos celulares e teciduais nunca observados em reações a partículas macro e microscópicas. Vale aqui lembrar que a nanotecnologia torna-se um campo científico no momento em que se constata que o mesmo instrumento que analisa o objeto, o manipula e altera, gerando novos comportamentos a se analisar. Por consequência, as análises toxicológica e imunológica de produtos nanoestruturados podem estar sujeitas a novas regras ou precisar interpretar diversamente padrões conhecidos (Shrader-Frechette, 2007; Stern, McNeil, 2008).

Os impactos, positivos ou negativos, das aplicações nanotecnológicas não se limitam aos seres humanos, sendo a questão ambiental um tópico bastante enfatizado quando a pauta é nanotecnologia. A produção de tecnologias e produtos com impacto ambiental diminuído, como dispositivos para captação de energia fotovoltaica, por exemplo, é uma das principais vertentes à qual se dedica a nanotecnologia. Destacam-se os nanomateriais orgânicos ou derivados do carbono, que têm sido empregados no desenvolvimento de dispositivos para absorção, filtração e controle de patógenos,

na fabricação de sensores ambientais e de mecanismos para captação e armazenamento de energia renovável e na prevenção da poluição ambiental (Mauter, Elimelech, 2008).

Contudo, nem todos os tipos e tampouco todos os usos dos materiais nanoestruturados trazem resultados ambientais positivos. A produção e o uso dos materiais nanoestruturados e sua consequente liberação no meio-ambiente precederam a necessária avaliação do impacto para os ecossistemas. Atualmente não há dados sobre as concentrações destes materiais no meio-ambiente, sobre sua distribuição ou sobre suas formas físico-químicas quando em contato com os diferentes ecossistemas. É necessário ainda desenvolver técnicas de identificação e mensuração desses materiais em meios atmosféricos, aquáticos e terrestres, já que as abordagens clássicas não consideram as novas características de comportamento, destinação, biodisponibilidade e toxicidade dos novos materiais. É sugerido que uma abordagem próxima àquela dos colóides pode ser efetiva devido à semelhança de características com as nanopartículas (Klaine et al., 2008).

As nanopartículas livres no ambiente serão certamente absorvidas pelos organismos vivos, nos quais poderão causar danos celulares possivelmente mediados por mecanismos como o rompimento das membranas, oxidação das proteínas, interrupção da energia de transdução, formação de radicais reativos de oxigênio, genotoxicidade e liberação de mediadores tóxicos. Esses mecanismos podem variar de acordo com o tipo de material, com o meio contaminado e com o organismo afetado (Klaine et al., 2008).

Os rápidos avanços da nanotecnologia e seus potenciais impactos sobre a saúde e o meio-ambiente - exemplificados acima - são os aspectos mais frequentemente abordados pela produção científica sobre o tema, devido inclusive a suas implicações éticas. No entanto, nem as discussões e tampouco as consequências éticas das aplicações nanotecnológicas reduzem-se aos campos da saúde e da ecologia. Com efeito, a emergência da nanotecnologia no panorama mundial atual traz à tona questões relacionadas à equidade na distribuição dos benefícios e acesso aos avanços tecnocientíficos, implicações quanto à privacidade e segurança (equipamentos de monitoramento invisíveis e infinitas possibilidades para a indústria bélica), consequências sociais, culturais e econômicas da modificação da constituição de seres vivos, etc. (Salvarezza, 2003).

(Página deixada propositadamente em branco)

Como visto no capítulo 1, as novas propriedades encontradas em materiais nanoestruturados são associadas tanto a suas aplicações mais promissoras quanto a seus potenciais impactos negativos para o homem e o ambiente. No entanto, em uma revolução tecnológica, há muito mais a se analisar eticamente do que potenciais riscos para a saúde humana e o ambiente.

A exposição do cenário mais amplo sobre a reflexão ética da nanotecnologia, incluindo suas principais implicações e abordagens, pretende oferecer instrumentos para uma reflexão ética inovadora e que não se restrinja à mera especulação sobre potenciais riscos.

1. ANÁLISE ÉTICA DA NANOTECNOLOGIA: POR QUE A BIOÉTICA?

Diante da complexidade das questões levantadas por uma tecnologia que se enuncia como revolucionária, são numerosos os autores que afirmam que a nanotecnologia demanda uma forma também nova de problematizar seus aspectos éticos. Neste contexto surge a nanoética. Esta seria uma nova disciplina científica dedicada a refletir sobre os aspectos sociais, morais e, de uma forma ampla, os efeitos da nanotecnologia para a humanidade (Keiper, 2007; Allhoff, 2007).

A nanoética, como a nanotecnologia, entretanto, já surge sob bastante polêmica. Entre as críticas mais comuns, argumenta-se que a nanotecnologia não impõe nenhuma questão ética realmente nova e que suas possíveis im-

plicações morais são as mesmas já relacionadas a outros avanços tecnológicos recentes (Ferrari, 2010).

Todavia, ainda no caso em que a nanoética falhe em apontar novas questões éticas, isto não significa que a nanotecnologia não demande atenção ética. Se as questões éticas postas são as mesmas referentes aos anteriores avanços tecnocientíficos, significa apenas que estas questões seguem necessitando de uma resposta (Allhoff, 2007). Desta forma, é necessário recorrer aos mesmos questionamentos, caso eles ajudem a elucidar o fenômeno. Ou, dito de outra maneira, para a análise ética das nanotecnologias não são necessárias novas perguntas, mas uma maneira renovada de abordar os avanços tecnocientíficos (Khushf, 2007).

Assim, o que é absolutamente necessário à análise da nanotecnologia é uma perspectiva mais abrangente, que se apresente como alternativa à frequente abordagem especializada e majoritariamente especulativa da nanoética (Nordmann, 2007).

Esse exercício de contextualização da nanotecnologia revela aspectos importantes para sua análise ética e oferece uma alternativa à mera especulação. A comparação com outros avanços tecnológicos recentes revela, por exemplo, que a proposta da nanotecnologia de organizar o mundo desde sua menor unidade não é nova. A pressuposição da existência de uma unidade ou informação primordial sobre a qual a tecnociência interfere não é exclusiva da nanotecnologia, mas deriva da perspectiva cartesiana e atinge em determinada medida toda a produção de saber científica. Ao propor uma intervenção que dispõe a matéria átomo a átomo, a nanotecnologia organiza seu conhecimento a partir de blocos estruturais, compreende o universo como um todo construído a partir de peças de montar, perfeitamente manipuláveis. Com isso, retoma a atitude epistêmica do determinismo que permeia a ciência desde o atomismo de Dalton e a física newtoniana e segue até os dias de hoje na genética (Osorio, 2000).

A contextualização da nanotecnologia revela que o determinismo que a anima se fundamenta na busca de uma causa ou lei, um padrão, que explique todos os fenômenos de forma a torná-los passíveis de modificação. Este intento é o mesmo que motiva tantos outros recentes avanços biotecnocientíficos, como a pesquisa com células-tronco embrionárias, por exemplo. Afinal, o objetivo destas pesquisas é o desenvolvimento de um processo capaz de gerar todos os tipos celulares funcionais de um organismo a partir de uma célula indiferenciada e pluripotencial, ou seja, a busca por uma

unidade primordial a partir da qual se poderia gerar todo o organismo. As células-tronco, a genética, bem como a nanotecnologia são, portanto, objeto de um tipo de saber-fazer que tem como projeto uma intervenção que incide sobre um código ou informação programadora, uma unidade fundamental que pré-determina o todo e apresenta as conformações que se desejam modificar.

Resumidamente, a nanotecnologia, como saber-fazer, supõe a possibilidade de conhecer quais são os invariantes do real (no caso, os átomos) e as leis que regem seus comportamentos para, então, controlar e modificar esta realidade.

O exemplo máximo desta busca pelo controle absoluto desde a menor unidade da realidade é o fenômeno da grande importância que o DNA tomou em nossa sociedade. O conhecimento sobre o genoma humano levaria a uma capacidade de localizar o gene (ou o conjunto deles) responsável por cada uma das características humanas, inclusive as características psicológicas e de comportamento, o que poderia eventualmente servir para modificá-las (Sibilia, 2008).

O que se demonstra, portanto, com este exercício de contextualização é que a atuação de instrumentos sobre objetos científicos, entendidos como uma unidade fundamental, no intuito de programar e transformar previamente os eventos sobre os quais se deseja interferir, é atitude fundante para a tecnociência atual. Esta postura, por bem da verdade, é característica do próprio empreendimento científico que parte da suposição de uma verdade última, uma regra única, de alguma forma absolutamente válida, verdadeira e objetiva, que rege todo o universo (Gleiser, 1997; Koyrè, 1991).

Assim, como alternativa ao exercício de tentar prever o que deriva como consequência ética do cumprimento das promessas da nanotecnologia, a contextualização nos demonstra que estas promessas não são novas e nem o medo e fascínio a elas relacionados.

Neste cenário, não basta tentar prever os efeitos tóxicos de novos materiais e artefatos técnicos, numa espécie de análise comparativa de riscos e danos de tipo biológico. É preciso investigar as possíveis implicações éticas dos avanços biotecnocientíficos num sentido mais amplo, que inclui os aspectos sociais e ambientais, presentes e futuros, ao mesmo tempo em que se busca promover um olhar sóbrio sobre as percepções sociais de tais artefatos, seus riscos e benefícios, sem incorrer em simplificações tecnofílicas e tecnofóbicas. Ou seja, a bioética serve, em nosso caso, como uma caixa de ferramentas interdisciplinar para encarar os desafios impostos pela bio-

tecnociência, provendo uma leitura racional e imparcial sobre as possíveis transformações causadas pelos artefatos do paradigma biotecnocientífico, como as biotecnologias (Schramm, 2010a), mas também a nanotecnologia.

A bioética, assim, não parte de uma perspectiva tecnofílica que subestima os riscos e superestima o caráter positivo das biotecnologias, exaltando-as como possíveis libertadoras das limitações e vulnerabilidades humanas. Mas também não se apresenta com uma visão tecnofóbica que defende a interdição de qualquer tecnologia que tenha o potencial de ameaçar os interesses das próximas gerações. Em suma, a bioética deve servir como paradigma descritivo e normativo de referência no diálogo com o paradigma biotecnocientífico, ao buscar analisar, de forma crítica e imparcial, os argumentos e os tipos de justificativa a favor e contra a utilização dos artefatos biotecnocientíficos (Schramm, 2010a).

A vigência da biotecnociência como paradigma, ao mesmo tempo técnico e cognitivo, da atividade humana, parece ser uma expressão clara de que, atualmente, a principal motivação da prática tecnocientífica não é o domínio do conhecimento sobre um tema ou problema (um saber), mas sobre uma prática técnica (um saber-fazer) que almeja favorecer determinados objetivos. Nestes, busca-se, sobretudo, a inovação, produto da vinculação irreversível entre a experimentação e o mercado, e que produz, como resultado, uma relação entre o saber e o poder que nunca foi tão concentrada e eficiente na modificação, controle e reprodução da vida. Com isso, as estratégias de biopolítica e de biopoder – concebidas, grosso modo, como o controle das populações e dos indivíduos baseado no poder de fazer viver de uma determinada maneira, pré-estabelecida, e de deixar morrer (Foucault, 2010) – fazem com que as práticas científicas ganhem um status de prestígio social praticamente inquestionável (Novaes, 2003). Em suma, esta realidade que atinge a todos, em seus jogos complexos de (bio)poder, caracteriza o paradigma biotecnocientífico que, com suas implicações morais, é um dos tópicos mais importantes das sociedades contemporâneas e um dos principais objetos a que se dedica a bioética (Schramm, 1996).

1.1. Paradigma biotecnocientífico: breve histórico

O presente panorama científico se caracteriza pela busca de um controle absoluto na compreensão e modificação dos corpos. Apesar das críticas à

pretensão de explicar todas as dimensões da existência a partir da informação contida no material genético, nunca antes o sonho de controlar e de transformar os processos vitais pareceu tão plausível. Assim sendo, a modelação e remodelação do corpo, praticada desde tempos imemoráveis, está novamente em pauta, mas não como antes, pois a proposta de intervenção biotecnocientífica é muito mais precisa e, supostamente por isso, muito mais eficaz, visto que se daria a partir de dentro do corpo; isto é, a partir de seu código “programador” (Sibilia, 2002).

Entretanto, a intervenção nos corpos e a introjeção cada vez mais frequente de agentes artificiais trazem efeitos que ultrapassam sua potencial toxicidade conhecida ou previsível; ou seja, as possíveis implicações do uso de produtos biotecnológicos vão muito além dos riscos à saúde humana: à medida que estabelecem trocas mais fluidas e íntimas com o organismo, dissolvem-se ainda mais as fronteiras já pouco nítidas entre os agentes sintéticos e os orgânicos, e, também, os limites entre o natural e o artificial. Entendido agora como um poder de fazer viver que alonga a vida humana coletiva por meio de técnicas e argumentos biológicos sofisticados, o biopoder se manifesta como nunca. Neste sentido, ao enunciar que a evolução tecnológica é mais rápida e eficiente do que a seleção natural, o biopoder se torna aquilo que pode em princípio nos liberar das limitações e contingências do acaso na determinação do desenvolvimento de nossa espécie, pois o biopoder mediado pela biologia não só faz viver, mas promete fazê-lo melhor do que a própria natureza (Sibilia, 2002).

Esta busca pelo conhecimento e controle pleno sobre o funcionamento dos corpos não é objetivo novo da ciência deste século ou do anterior. De fato, as atuais configurações do paradigma biotecnocientífico e do biopoder são frutos de um processo marcado por duas grandes rupturas. A primeira delas se dá pela transformação da relação entre vida, morte e poder das sociedades pré-industriais. Com efeito, naquele momento o poder assentava-se – de acordo com Foucault - sobre a prerrogativa de fazer morrer e de deixar viver, sobre o direito de confisco por parte do soberano, que incluía apreensões de bens, corpos, tempo e vidas. A esta dinâmica Foucault deu o nome de Poder Soberano. O advento do século XIX, no entanto, enunciou um tipo de poder completamente distinto, fundamental para o desenvolvimento do capitalismo e destinado a fazer crescer e ordenar forças de produção, assentado na prerrogativa de fazer viver e deixar morrer, denominada biopoder (Foucault, 2010).

Neste contexto, em que o poder derivava da capacidade de promover a vida, em vez de tirá-la, os dispositivos mecânicos que automatizaram profundamente diversas funções de produção após a Revolução Industrial transferiram seus ritmos para os corpos e as rotinas dos homens. A partir deste momento, a metáfora do relógio usada por Descartes para explicar o funcionamento dos organismos vivos passou a ditar a cadência do mundo; ou seja, o relógio passa a ser o modelo para a explicação do funcionamento dos organismos vivos, inclusive o do corpo humano. Com a contribuição fundamental de Newton, a pretensão cartesiana de conceber uma teoria geral dos fenômenos naturais se realizou. A mecânica newtoniana não somente explica qualquer fenômeno físico, mas afirma ser capaz de prever o futuro de qualquer parte da gigantesca máquina cósmica que é o Universo por meio da Lei da Gravitação Universal. Segundo esta lei, o Universo uma vez iniciado continua por si mesmo devido à atração entre as massas dos objetos. Desta forma, o homem passa a habitar um Universo que dispensa maiores intervenções divinas (Koyrè, 1991).

O corpo morto pareceu, então, enquadrar-se perfeitamente nas explicações oferecidas pelo modelo mecanicista. O corpo vivo, incompreensível e imprevisível no quadro do paradigma mecanicista, teve que ser partido. A dúvida, como ponto fundamental do método cartesiano, levou ao questionamento da existência das sensações físicas e do próprio corpo, o que levou Descartes à conclusão de que a única evidência inegável de sua existência era seu pensamento e que, portanto, seria a capacidade de pensar a expressão máxima da essência humana (Koyrè, 1991).

Esta separação cartesiana entre mente e corpo tornou-se fundante para o pensamento ocidental. Ao corpo e à matéria foi reservado um espaço de segunda classe: enquanto a mente e a capacidade de pensar revelariam o conhecimento da verdade, o corpo seria somente uma máquina e poderia ser explicado pelas mesmas leis mecânicas que governavam o resto do universo material (Koyrè, 1991).

Posteriormente, as sociedades de controle e a disciplina dos corpos sofrem algumas mutações. Os dispositivos de poder tornam-se mais sutis e aparentemente mais eficazes. Esta segunda grande ruptura é desencadeada pela revolução biológica, a descoberta do código genético que precedeu uma série de outras biotecnologias, às quais se uniu recentemente a nanotecnologia (Sibilia, 2002).

Neste novo contexto cultural, as técnicas disciplinares se tornam mais sofisticadas, mimetizam o mercado e adaptam-se à sociedade da informação. Neste capitalismo, agora “pós-industrial”, o trabalho perde o lugar de categoria central na vida social e a propriedade material deixa de ser a principal fonte de poder. Assim, uma nova ordem é estabelecida em que o conhecimento, matriz da inovação e do desenvolvimento, se torna a fonte de poder (Bell, 1974). Neste novo cenário, os corpos são definidos e modelados de outra maneira: a partir da informação; e os mecanismos de biopoder se tornam substrato de uma nova ordem mundial em que o papel do Estado é diminuído e se delinham estruturas mais fluidas e globalizadas de submissão da sociedade ao capital (Hardt, Negri, 2001). O biopoder perdura nesta nova fase, a dinâmica do fazer viver e deixar morrer permanece, mas com mecanismos mais sutis, baseados na manipulação da informação de modo a fazer viver uma vida mais “pura” e sadia.

No entanto, esta escolha de quem é deixado morrer e dos instrumentos sofisticados de manutenção da vida de quem é feito viver passa a pertencer à biologia. Juntamente a ela, as ciências da informação ganham um papel fundamental nesta nova configuração do biopoder. Em um contexto em que a mente humana se torna a principal força de produção, a função das novas tecnologias passa a ser o processamento de informações, fundamentado em uma linguagem digital por meio da qual a informação é gerada, armazenada e transmitida. Em um contexto onde a linguagem digital permeia tanto a informática quanto a biologia, e o tratamento das informações passa a ser um objetivo principal comum (Braga, Vlach, 2004), é o código – genético -, e não o funcionamento de peças e engrenagens, que explica a vida (Sibilia, 2002).

A descoberta do código genético e a possibilidade de programá-lo em função dos desejos e projetos humanos reconfigura o saber científico e suas potencialidades. Ao aliar as tecnologias da informação à biologia, formula-se um saber-fazer que não se limita a compreender e descrever a vida, mas intenta transformá-la a partir da informação da qual deriva: é estabelecida a biotecnociência (Schramm, 1996).

Assim, a biotecnociência se dedica às tarefas de prever, controlar e intervir, mas não como antes, sobre o *hardware*. A biologia incorpora a lógica das ciências da informação e passa a agir sobre as informações, sobre o *software*, graças a métodos de contínuo monitoramento (Sibilia, 2002).

Obviamente, estas transformações epistemológicas, tecnológicas e antropológicas, anunciadas pelos avanços do saber-fazer biotecnocientífico, geraram desdobramentos morais importantes que motivaram o surgimento e florescimento da própria bioética (Schramm, 1997).

1.2. Nanotecnologia, paradigma biotecnocientífico e paradigma bioético

Temos assistido a ciência tornar-se, por meio de uma série de transformações ocorridas principalmente a partir da metade do Século XX, cada vez mais tecnociência, um saber-fazer cujo principal objetivo é a ação concreta, por meio de técnicas e dispositivos, sobre problemas. Neste contexto, a biotecnociência consiste em um tipo de conhecimento racional e procedural resultante dos progressos do campo biológico, principalmente nas subáreas da biologia molecular, da bioquímica, da genética e das neurociências. É neste quadro que se institui o chamado paradigma biotecnocientífico, caracterizado pelo exponencial avanço biotecnológico (Schramm, 1997).

Neste contexto, assistimos também a uma profunda transformação na ética: a emergência do paradigma bioético, cujo refletir sobre os desdobramentos morais do paradigma biotecnocientífico é marcado por um afastamento progressivo de ideologias universalistas e de absolutos morais, comuns às religiões. Devido à intereção e as interferências mútuas, os dois paradigmas evoluem conjuntamente (Schramm, 1997).

Com efeito, a abordagem das questões derivadas do grande desenvolvimento biotecnocientífico dos últimos cinquenta anos constitui um dos principais enfoques da bioética (Berlinguer, 2004). Garrafa e Porto (2003) dão o nome de Bioética de Situações Emergentes a esta linha de pesquisa e incluem, nesta categoria, temas como o Projeto Genoma Humano e a engenharia genética; a doação e o transplante de órgãos e tecidos humanos; a fecundação assistida e as tecnologias reprodutivas; a clonagem; e, também, o controle ético das pesquisas com seres humanos e as questões relacionadas à biossegurança.

Por sua vez, decorrente do contínuo avanço da biotecnociência, a nanociência representa uma tentativa de se apropriar de um território até agora inexplorado do mundo: a nanoescala. Neste novo cenário, ela tem seu sucesso verificado a partir da realização técnica: a habilidade de agir em nanoescala, de ver, de se mover e mover coisas, gravar o nome em uma

molécula. Isto significa que a nanociência não é “ciência” no sentido tradicional de dispositivo logotéorico, certamente importante para entender o real e produzir conhecimento graças ao poder simbólico, mas propriamente *tecno-ciência*, na qual não há separação entre a representação teórica e a intervenção técnica, entre entender a natureza e transformá-la, embora seja sempre possível, e às vezes necessário, distinguí-las. Sendo assim seria mais apropriado falar de *nanotecnociência*, compreendendo esta como um fenômeno complexo, resultado da convergência de configurações científicas, tecnológicas, políticas e econômicas. De fato, este conjunto imbricado de relações e de dispositivos cria um espaço maior para a integração entre as reflexões éticas e filosóficas e a prática científica, devido à sua natureza interdisciplinar e transdisciplinar e à maior presença de pressões políticas e sociais sobre o processo de produção de conhecimento científico (Jotterand, 2005).

Este nível de integração é típico também da bioética, que surgiu no bojo da emergência dos movimentos culturais e políticos de luta pelos direitos civis dos anos 60 (Mori, 2010), mas também como resposta aos avanços científicos derivados da revolução biológica. Esta revolução prático-cognitiva, representada pela descoberta da molécula de Ácido Desoxirribonucleico (DNA) e de sua relação com a hereditariedade genética, teve repercussões fundamentais para as *biotecnologias modernas*, que passam a utilizar técnicas derivadas do conhecimento sobre genética para alterar os organismos vivos com fins inclusive comerciais (Schramm, 1999; Brink et al., 2004). É neste contexto que surge a bioética, em sua forma de refletir os conflitos e de interrogar o que “devo fazer” frente ao que “posso fazer” (Neves, 1996).

No caso da nanotecnologia, a possibilidade de rearranjar átomo a átomo parece ser o que faltava para conhecer e manipular o universo, desde sua menor parte. Neste sentido, seu arsenal tecnológico nos propiciaria interferir na evolução humana, proporcionando corpos e mentes considerados perfeitos (Sfez, 1996). Este tipo de discurso já é conhecido e por alguns denominado Síndrome do Santo Graal (Overly, 1991) e é acompanhado por uma fascinação em torno dos desenvolvimentos tecnocientíficos que atinge níveis extremos e faz parecer sempre, e a cada vez, que é este avanço (e não mais o anterior) aquilo que faltava para compreender o universo, para alcançar a “vida eterna”, quer seja por um corpo perfeito, melhorado, quer seja pela mente, cada vez mais potente e compatível com as máquinas atuais (Sfez, 1996).

Essa possibilidade (ou o discurso sobre a possibilidade) de agir sobre a vida, quer em sua dimensão unicamente orgânica, quer em suas dimensões simbólicas, imaginárias e técnicas, é o que desperta os sentimentos opostos e extremos de fascínio e espanto em relação a esta nova forma de competência humana (Schramm, 2010a).

O panorama não é diferente na nanotecnologia. Enquanto cientistas e grande parte da mídia enfatizam os fantásticos potenciais da nanotecnologia, principalmente para a área biomédica; ecologistas e ambientalistas questionam a respeito de impactos ambientais inesperados. As expectativas sobre a nanotecnologia também variam entre os extremos do entusiasmo e do pavor.

Nesta discussão, entre o pessimismo da razão da tecnofobia e o otimismo da vontade da tecnofilia (Schramm, 2010b), o que parece estar em cheque é a própria condição humana. De fato, a retórica sobre a potencialidade da biotecnociência de interferir na identidade, de alterar a tal ponto a vida humana de modo a transformá-la em algo novo, ainda não conhecido, põe em questão que vida é esta a ser transformada. É esta a preocupação que constituiu o pano de fundo dos acalorados debates em torno da nanotecnologia.

Assim, a nanotecnologia, por ilustrar tão bem o contexto rico e complexo da tecnociência de seu tempo, torna-se um objeto de estudo interessante até mesmo para compreender e avaliar a presente abordagem bioética sobre a tecnociência em geral.

As contínuas transformações e descobertas das ciências da vida têm implicações importantes para a política e para a ética, mas também para o senso comum das pessoas. Neste âmbito, a concepção do processo saúde-doença, por exemplo, sofreu profundas transformações. A visão molecular da vida e a utilização massiva da linguagem das tecnologias da informação nas narrativas sobre o código genético levaram a uma percepção de que os humanos todos são “pacientes em fila de espera”, nem propriamente saudáveis nem doentes, mas portadores de suscetibilidades. Estas descobertas e suas repercussões são ao mesmo tempo biológicas e sociais (Fischer, 2011).

Assim, a análise dos contextos que promovem a criação de novas disciplinas, com suas metáforas e discursos próprios, bem como a atual visão de que a biologia escreve e não somente descobre novos fatos biológicos, transformam as concepções sobre a relação entre a produção tecnocientífica, a sociedade e nossas condições biológicas e ecológicas de existência (Fischer, 2011).

Ademais, as atuais transformações tecnocientíficas condicionam mudanças nas representações que o homem elabora sobre seu entorno e sobre si mesmo. No entanto, a concepção da relação tecnociência-sociedade enquanto uma possível dicotomia é equivocada, pois a perspectiva de que de um lado encontra-se a tecnociência, com suas aplicações que causam impactos, e no outro estaria a sociedade que os sofre, pressupõe um isolamento entre tecnologia e fenômenos sociais que não existe de fato (Benakouche, 1999).

A bioética precisa transpor este engano comum e pensar na relação tecnociência - sociedade como uma série de interações e reflexos infinitos, em que a ciência é socialmente determinante e determinada socialmente.

De fato, o entendimento de que as descobertas científicas alteram a cultura e a forma de vida das pessoas é bastante difundido. No entanto, a perspectiva de que a ciência é determinada por conjunções de fatores outros que não os exclusivamente tecnocientíficos - conforme já colocado por Karl Popper - é menos óbvia, e desperta maior polêmica. Com efeito, segundo o epistemólogo Popper, toda teoria científica se baseia em um conjunto de valores e visões de mundo, o Programa Metafísico de Pesquisa, que consiste em concepções que não são passíveis de verificação empírica e não são falseáveis, não constituindo um conhecimento científico propriamente dito. No entanto, são elas que determinam quais são os problemas, métodos de investigação e soluções considerados válidos cientificamente (Popper, 2009).

Dupuy (2006) afirma que, no caso das nanotecnologias, o Programa Metafísico de Pesquisa caracteriza-se pela perda da distinção entre saber e fazer e pela expectativa de que o saber-fazer resultante, ao qual se dedica a nanotecnologia, faria dela o instrumento para viabilizar o engenheiramento da evolução, tornando real o desejo humano de comandar e interferir na fabricação da vida.

Um empreendimento de tal dimensão demanda, portanto, um exercício minucioso para fazer emergir as concepções que conformam a teoria científica, analisar a determinação recíproca entre ciência e sociedade, para somente então proceder a uma análise crítica ou um julgamento normativo dos avanços tecnológicos.

Aqui consideramos que é a diversidade e pluralidade dos referenciais teóricos articulados na prática transdisciplinar da bioética que a qualificam para a análise de um tema tão complexo quanto a nanotecnologia. São elas, portanto, que devem instrumentar as propostas de intervenção e normatização sobre o tema, mas não sem antes pautar a análise do cenário mais amplo no qual a nanotecnologia e suas implicações poderão se dar.

2. NANOTECNOLOGIA – ABORDAGENS E PERSPECTIVAS ÉTICAS

Diante do anunciado potencial transformador da nanotecnologia, alguns autores propuseram-se a inventariar quais seriam suas possíveis implicações éticas. Mnyusiwalla et al. (2003), em um artigo de certa forma inaugural, no qual convidam a comunidade acadêmica a pensar nas questões éticas levantadas pela nanotecnologia, enumeram equidade, privacidade, segurança, meio-ambiente e questões metafísicas relacionadas às interfaces entre homem e máquina como os principais eixos temáticos na discussão ética das nanotecnologias. Já Lewenstein (2005) identificou como principais temas: os impactos ambientais, questões relacionadas à mão-de-obra e saúde do trabalhador, privacidade, impactos políticos nacionais e internacionais, propriedade intelectual e melhoramento humano.

Um levantamento da literatura nacional, latino-americana e internacional sobre nanotecnologia e ética produzida até 2008 detectou que os principais tópicos abordados foram: aspectos toxicológicos e riscos à saúde; riscos ambientais; controle das tecnologias e automação de dispositivos; ética em pesquisa; diagnóstico sem tratamento; melhoramento genético e eugenia; privacidade; individualidade; autonomia e informação; impactos econômicos; equidade e justiça; propriedade intelectual e acessibilidade do conhecimento; regulação das tecnologias e participação pública; concepção de ser humano e identidade; fronteiras entre natural e artificial; recursos e políticas de ciência e tecnologia; segurança nacional e aspectos bélicos (Pyrrho, 2008).

Destes temas, os mais abordados foram aqueles relacionados à avaliação de riscos, assim como a segurança, a toxicidade e o impacto ambiental dos produtos nanotecnológicos e, secundariamente, a concepção de ser humano e a fronteira entre o natural e o artificial colocados em questão pelo uso da nanotecnologia (Pyrrho, 2008).

É significativo notar que, como tendência geral, os autores não tentam listar de forma exaustiva quais seriam as possíveis implicações éticas da nanotecnologia. De fato, a impossibilidade de antecipar o desenvolvimento de todas as suas novas aplicações impede a previsão de suas consequências. Talvez, por isso, as abordagens estejam mais propensas a agrupamentos e classificações. Durante esta categorização, os autores tendem a identificar temas mais diretamente relacionados às aplicações tecnológicas, como impactos sobre a saúde e meio-ambiente, e discussões de caráter mais socio-

lógico e filosófico, como aquelas relacionadas à equidade na distribuição de benefícios e a condição humana (Pyrrho, 2008).

Sandler (2009), por exemplo, organiza os tópicos em: temas de âmbito social, temas referentes a questionamentos morais, temas derivados da tecnocultura, temas relacionados a formas de vida, e temas transformacionais.

Segundo o autor, os temas relacionados ao âmbito social resultam da interação das nanotecnologias com os complexos contextos sociais em que elas emergem. São temas de âmbitos sociais: o acesso desigual à saúde, iniquidades em educação, acesso desigual à tecnologia, proteção inadequada da segurança e da privacidade de dados, ineficiência dos sistemas de proteção à propriedade intelectual, exposição desigual a riscos ambientais e falta de segurança na utilização e no consumo de produtos nanotecnológicos (Sandler, 2009).

Os questionamentos morais derivariam de práticas ou atividades moralmente controversas; práticas, essas, que grande quantidade de pessoas creem que deveriam ser proibidas. Alguns exemplos de atividades contestáveis que podem envolver produtos, dispositivos e conhecimentos derivados das práticas nanotecnológicas são biologia sintética, construção de organismos artificiais, armas biológicas, pesquisa com células-tronco e modificação genética de seres humanos (Sandler, 2009).

Já os temas relativos à tecnocultura seriam fruto do papel social da tecnologia nos sistemas sociais nos quais e dos quais emerge a nanotecnologia. São apontados: a confiança exacerbada de que a tecnologia pode resolver efeitos problemáticos da ação antrópica, em vez de entender e tratar as causas dos efeitos; a tendência a superestimar a capacidade humana de prever e controlar as tecnologias, sem levar em conta a dinâmica e a complexidade dos sistemas biológicos; e a alteração na percepção coletiva de natureza e artificialidade (Sandler, 2009).

O autor chama de assuntos referentes a formas de vida aqueles relacionados aos impactos da tecnologia e, mais especificamente, da nanotecnologia, que podem alterar as práticas, as instituições e os costumes da vida cotidiana humana. Temas possivelmente abordados envolvem o aumento da expectativa de vida e o impacto na organização social da estrutura e planejamento familiar, cuidado em saúde, etc. (Sandler, 2009).

Por último, são abordados os temas transformacionais, relacionados ao potencial que a nanotecnologia - juntamente a outras tecnologias emergentes

como a biotecnologia, tecnologias da informação, ciência da computação e neurociências - tem de transformar a condição humana. Os efeitos poderiam causar alterações significativas no humano enquanto ser vivo e em sua relação com o meio-ambiente, levando à necessidade de reavaliar moralmente o que significa ser humano, o impacto sobre as questões de identidade e o status moral de organismos artificiais (Sandler, 2009).

Esta, no entanto, não é a única forma de categorização dos problemas éticos levantados pela nanotecnologia. De fato, são inúmeros os critérios utilizados nas tentativas de classificá-los. Uma possível explicação para esta diversidade de parâmetros e classificações é que, por basear-se na exploração de propriedades antes desconhecidas dos materiais, o desenvolvimento da nanotecnologia e seus impactos oferecem uma particular dificuldade de serem previstos. Seu recente aparecimento no panorama científico e a variação na conceptualização da nanotecnologia são outros fatores que contribuem para esta dificuldade de identificar e classificar todas as suas possíveis implicações éticas (Ferrari, 2010).

Adicionalmente ao desconhecimento e à incerteza, a reflexão ética sobre o uso e impacto dos materiais nanoestruturados encontra-se desafiada por uma curta trajetória científica que ainda impõe dificuldades a avaliações bibliométricas e levantamentos bibliográficos, pois a própria catalogação de referências, periódicos e patentes nem sempre é passível de ser atualizada de acordo com a velocidade de produção deste novo ramo científico (Leydesdorff, Zhou, 2007).

No entanto, é a tarefa de começar pelo início, isto é, de introduzir o tema a partir do próprio conceito de nanotecnologia, que conforma o próprio campo de estudo, o primeiro obstáculo para a reflexão ética da nanotecnologia. Com efeito, por tratar-se de um conceito pouco claro, que remete à síntese e à manipulação de materiais na dimensão entre 1 a 100 nm, mas que pode prescindir dela, há uma divergência entre o que cada um dos grupos que incorporou o termo nanotecnologia em seus léxicos pretende abordar quando o utiliza. Isto implica na ausência de uma definição precisa do termo que possa ser partilhada por todos os âmbitos que o empregam. Por este motivo, até mesmo o objeto de estudo e o próprio campo da nanociência e da nanotecnologia não parecem consensualmente organizados. Em geral, os pesquisadores e cientistas tendem a descrever a nanotecnologia a partir da perspectiva de suas próprias atividades (Petersen, Anderson, 2007).

O discurso torna-se, então, uma apologia ao progresso científico, em lugar de esclarecer qualquer aspecto específico sobre a nanotecnologia (Swierstra, Rip, 2007). A nanociência torna-se, assim, a expectativa que gera, é convertida pragmaticamente naquilo que promete. Em um âmbito de grande otimismo ou grande pessimismo, em vez de um contexto informativo, a nanotecnologia torna-se a próxima grande solução para os problemas de saúde mundiais ou o que falta para o derradeiro desastre ecológico.

Uma das mais conhecidas discordâncias na literatura sobre o tema trata justamente sobre o próprio objeto da nanotecnologia. Segundo alguns autores, ao se tratar da temática da nanotecnologia, há ao menos dois tópicos diferentes em pauta. Isso ocorre porque se dá o mesmo nome a dois tipos de práticas completamente diversas: a vertente idealizada por Drexler e a que concebe a engenharia molecular. Trata-se da diferença entre uma tecnologia hábil na produção de dispositivos autorreplicantes e outra, que visa à produção a partir do controle e organização dos átomos (Keiper, 2007).

Inspirada nas primeiras palavras de Feynman (1961), a primeira vertente consiste em uma visão inovadora e única dos processos químicos e físicos. Segundo esta perspectiva, a partir da programação de nanomáquinas autorreplicantes que organizarão átomos e moléculas, será possível o controle estrutural do mundo, desde suas menores dimensões (Drexler, 2004).

Essa visão é fortemente rechaçada por grande parte da comunidade científica, que tem como principal enfoque o engenheiramento de materiais a partir da manipulação controlada de átomos e moléculas. Os cenários fantásticos preconizados por Drexler são negados com o argumento de que ele mesmo reconhece não haver meios de construir, ao menos atualmente, os dispositivos autorreplicantes fundamentais para realizar sua perspectiva (Drexler, 2004; Keiper, 2003). No entanto, há de se notar que evitar temáticas polêmicas e negar imaginários que colocam em jogo as concepções sobre vida e artificialidade não é uma tendência nova na história da ciência.

Com efeito, conforme visto na polêmica sobre os alimentos geneticamente modificados, os questionamentos a respeito da possibilidade de alteração da condição humana por técnicas de transgenia são usualmente menosprezados e até ridicularizados no meio científico. Segundo o discurso científico predominante, esse tipo de questionamento, atribuído ao medo irracional que a população tem do potencial científico, é fruto da ignorância que só pode ser aplacada por um maior investimento público no desenvolvimento científico (Allain, 2007).

De fato, apesar do avançar das discussões e da entrada cada vez mais intensa de produtos nanotecnológicos no mercado, ainda são muitas as controvérsias a respeito de sua viabilidade e projeções. Neste sentido, há quem argumente que devido ao pouco tempo de existência da nanotecnologia, o que se faz atualmente é muito mais buscar conhecer as propriedades do que produzir tecnologia propriamente. Segundo este entendimento, a despeito do emprego do termo nanotecnologia em detrimento de nanociência, os produtos não sofreram nenhuma alteração importante e são mais ou menos produzidos da mesma forma que antes. Neste sentido, esta visão defende que a nanotecnologia não possui caráter revolucionário, ao contrário do que se costuma anunciar, mas apenas incremental: as pesquisas sobre nanotecnologia nada mais são que uma continuação de estudos anteriores que incorporaram alguma técnica ou produto nanotecnológico em suas rotinas (Cao, 2006; Ruiz et al., 2008).

Adicionalmente, a manipulação de objetos e dispositivos nesta escala é comum a quase todos os novos ramos de ciência experimental atualmente (Roco, 2011). Afirmar-se, inclusive, que a nanotecnologia sofreria uma forma de “crise existencial” por não ter se derivado das disciplinas básicas conforme o usual desenvolvimento de novas áreas científicas. Ela seria fruto da acima citada política do governo norte-americano, chamada *National Nanotechnology Initiative* e que, de um dia para outro, devido à massiva oferta de financiamento, transformou químicos, físicos e cientistas de materiais em nanotecnólogos (Jones, 2005). Em suma, a imprecisão do conceito faz com que os laboratórios reclamem para si e para suas pesquisas a denominação “nano”, com todo o prestígio e os recursos que a acompanham.

Esta dificuldade de determinar o que é e o que não é nanotecnologia traz consequências epistemológicas e éticas importantes, pois as fronteiras pouco claras deste novo movimento tecnocientífico se refletem na discussão de suas potencialidades e consequências.

Neste terreno pouco sólido, o impulso inicial é buscar uma uniformização na conceituação para que a análise se torne mais simples e segura. Nesta perspectiva, há quem acredite que uma melhor e mais precisa classificação da nanotecnologia do que a atual definição amorfa e de tão amplo espectro seja necessária para fins educacionais, para fins regulatórios e para garantir que o público em geral e as próximas gerações conheçam sua trajetória técnica e científica (Joachim, 2006).

Contudo, a busca por conceitos precisos em nanotecnologia, embora considerada necessária por muitos, pode não ser suficiente para a regulação, conforme demonstrado em uma audiência do conselho presidencial norte-americano sobre bioética em 2007. Com efeito, em um relatório da audiência, a definição do termo nanotecnologia foi apontada como necessária para oferecer uma fundamentação sólida para a compreensão de suas implicações éticas. Na ocasião, foram convidados quatro *experts* para esclarecer ao conselho tópicos importantes sobre o tema. Dois deles se propuseram a explicar ao conselho em que consistia a nanotecnologia. Segundo o relatório, ambos dedicaram considerável tempo na explicação, mas apresentaram concepções diversas. Enquanto o primeiro definiu nanotecnologia enquanto o processo de manipulação e criação de produtos a partir da nanoescala, o segundo descreveu a nanotecnologia como a criação de objetos artificiais com ao menos um componente crucial em dimensões nanoescalares e que apresentasse novas propriedades em relação àquelas encontradas em outras escalas (Crowe, 2008).

Curiosamente, Maynard, o convidado que forneceu a primeira das definições oferecidas naquela audiência, e um dos defensores da necessidade de uma definição regulatória dos materiais nanoestruturados já em 2006, em julho de 2011 afirmou:

Muitos argumentam, e eu já concordei, que a definição de nanomateriais engenheirados é necessária para regulamentar e garantir seu uso seguro. Mas uma definição precisa se provou difícil, se não impossível, de ser alcançada (Maynard, 2011, p.31).

O autor reconhece que alguns materiais nanoestruturados apresentam comportamento diverso de seus correspondentes em maiores escalas e podem trazer, portanto, novos riscos – para tentar mostrar isso menciona a ação carcinogênica de nanopartículas de dióxido de titânio, um composto cuja forma bruta é comumente utilizada como alvejante industrial sem relatos de grandes consequências para a saúde. Alerta, porém, sobre as crescentes evidências de que não é somente a escala que determina o risco, outros parâmetros como a arquitetura molecular, a porosidade e área de superfícies também estão envolvidos. A transição do comportamento convencional para a apresentação das novas propriedades depende do material específico e do contexto. Adicionalmente, relembra que regulações estritas

já causaram problemas anteriormente, como no caso de um material de composição semelhante ao amianto que perdurou no mercado por não se encaixar na definição oficial do material banido (Maynard, 2011).

Logo, uma definição estanque pode não corresponder ao estágio das pesquisas do momento e a dificuldade de traduzir em regulação o estado científico de conhecimento pode prolongar os riscos. Seria, portanto, preferível um sistema regulatório mais sensível às especificidades da nanotecnologia e de seu progresso científico, mas sofisticado quanto aos critérios de análise e mais propenso a atualizações (Maynard, 2011).

2.1. Abordagens sobre ética e nanotecnologia: um panorama

Se a definição a respeito do que seja nanotecnologia não parece ter um consenso, isso parece repercutir no recente debate ético sobre a nanotecnologia que, por sua vez, comporta tipos de abordagens e discursos bastante diferentes entre si. Ferrari (2010) realizou uma revisão sobre o crescente esforço de analisar eticamente o tema, sobre as abordagens predominantes, seus contextos e limitações.

2.1.1. A busca por legitimidade das reflexões éticas iniciais

Segundo Ferrari (2010), o primeiro obstáculo para a análise ética da nanotecnologia - a ausência de um consenso em torno de sua definição - influenciou profundamente os estágios iniciais do debate sobre ética e nanotecnologia. Aparentemente, os questionamentos iniciais sobre a autonomia disciplinar da própria nanotecnologia repercutiram nas primeiras abordagens éticas do tema, que foram marcadas por uma repetida justificação da necessidade de discussão moral sobre a nanotecnologia. Além das justificativas sobre a necessidade de analisar eticamente o tema, este primeiro momento no debate ético sobre a nanotecnologia também incluía a polêmica se este tipo de reflexão constituía um novo campo, a nanoética, ou não.

De fato, as críticas feitas à nanoética foram ainda mais contundentes do que aquelas recebidas pela própria nanotecnologia: se esta foi questionada quanto à precisão de seu conceito e à viabilidade de seus propósitos, a po-

lêmica quanto à nanoética vai desde o questionamento sobre que tipo de problemas efetivamente enfrentaria até a justificação de sua própria existência (Ferrari, 2010).

As críticas à nanoética seguem uma tendência de rejeição a recentes sub-disciplinas da ética aplicada, como a neuroética, a gen(-)ética e agora a nanoética. O principal argumento é que apesar de a nanotecnociência ter o potencial de levantar problemas, não demanda uma nova ética. Neste sentido, o necessário, segundo Litton (2007), não é o investimento em novo ramo de pesquisa ética, já que outras tecnologias levantaram anteriormente os mesmos problemas, como questões sobre a privacidade e a condição humana. Ao contrário, a nanotecnociência demandaria investimento em métodos de investigação científica, como toxicologia e estudos de impacto.

Esta perspectiva apressada busca esvaziar a importância das ferramentas éticas de avaliação do saber-fazer científico. E, em geral, conclui que tudo já foi estudado e que não há nada de novo do ponto de vista ético na nanotecnologia (Khushf, 2007). De fato, o motivo pelo qual a nanotecnologia desperta tanta atenção - a promessa de potencializar as capacidades humanas - refere-se de certa forma à finalidade de todas as tecnologias.

No entanto, a nanotecnologia, bem como a genética, possibilita o melhoramento humano, não a partir de reconfigurações em condições externas tão passíveis de erros, mas a partir de dentro, da reestruturação da informação, das moléculas que a constituem. Esta precisão, a princípio inédita, ainda que não se revele assim tão nova em seus objetivos (já que a terapia gênica tem metas semelhantes), é inegavelmente significativa do ponto de vista ético, pois pretende agir na transformação da condição humana. Contudo, até o momento, tanto a capacidade técnica quanto as consequências de reconfigurar tão precisamente o humano a partir de seus códigos, molécula a molécula, são somente possibilidades, e por isso as discussões éticas têm se resumido às justamente criticadas reflexões meramente especulativas (Nordmann, 2007).

De qualquer forma, ainda que não seja necessária uma disciplina autônoma que se dedique exclusivamente ao tema, as implicações éticas, mesmo não sendo inéditas, merecem uma análise atenta (Allhoff, 2007).

2.1.2. Perspectivas deontológicas e consequencialistas

Apresentadas, inicialmente, as devidas justificativas para a necessidade de acessar as implicações éticas da nanotecnologia, em um segundo momento o enfoque do debate mudou. As abordagens passaram a oscilar entre perspectivas consequencialistas e deontológicas, oposição já bastante conhecida pela bioética. Há um predomínio, porém, da abordagem consequencialista que pode ser evidenciado pelo papel central desempenhado pela análise de riscos das nanopartículas no presente debate (Ferrari, 2010). Para esta abordagem, leituras visionárias e aspectos futurísticos devem ser evitados e o conhecimento acumulado deve ser fornecido às autoridades e ao público para possibilitar o processo de tomada de decisões (Shrader-Frechette, 2007).

O apelo a uma abordagem consequencialista, contudo, evidencia a incipiência do conhecimento sobre os riscos impostos pelos nanomateriais ao meio ambiente e à saúde humana. Há razões para pensar em impactos negativos, mas a natureza e a extensão dos riscos são essencialmente desconhecidas, o que dificulta sobremaneira compreender se os benefícios da nanotecnologia a justificam do ponto de vista consequencialista.

Diante da falta de certeza científica referente às implicações do uso de nanomateriais, a principal sugestão tem sido a adoção do princípio da precaução. Se o objetivo da análise de riscos e da regulação é eliminar os riscos humanos e ambientais ou ao menos reduzi-los a níveis aceitáveis, no caso das nanopartículas, o desconhecimento das possíveis maneiras de exposição e dos prejuízos a elas associados faz com que o risco só possa ser delimitado se a liberação for evitada (Clift, 2005).

O princípio da precaução é concebido para ser usado se uma ação expõe a um determinado estado de risco ou de perigo. Entretanto, os dois termos são constitutivos de uma transição semântica, que se inicia com um estado potencial, o risco, e avança para um estado atual, o perigo, podendo chegar a causar reais danos. Para a aplicação do princípio da precaução, o evento ameaçador deve ser plausível segundo o conhecimento científico, ainda que sua probabilidade não possa ser calculada (Schramm, 2010a). Por isso, a ação prescrita pelo princípio da precaução pode variar de acordo com a percepção da gravidade da ameaça, numa escala que começa com o risco e, passando pelo perigo, termina no dano. No caso dos produtos nanoestruturados, o uso do princípio recomendaria a realização de análises de

risco aprofundadas e talvez desacelerar a produção até que a natureza do eventual perigo seja conhecida e se torne possível evitar o dano. Quanto à questão da privacidade, especificamente, a precaução consistiria na regulação do uso antes da ampla disponibilização das tecnologias ditas invasoras (Weckert, Moor, 2006).

No entanto, a utilização do princípio da precaução como parâmetro ético para tomadas de decisão pertinentes às aplicações nanotecnológicas tem recebido muitas críticas. Efetivamente, o princípio parece não surtir efeitos, ao menos não os esperados. Isso porque os riscos acabam por ganhar uma dimensão ainda mais significativa no debate sobre a nanotecnologia, não necessariamente porque os riscos sejam maiores, mas justamente porque os mecanismos atuais de regulação e controle tornam-se insuficientes e até mesmo inadequados frente à incerteza e à imprevisibilidade características do campo (Grunwald, 2005).

As críticas a respeito da análise de riscos assentam-se justamente na necessária imprecisão que tal abordagem traria, já que o conhecimento não é pleno agora e provavelmente nunca o será. Ferramenta a que se recorre com frequência para remediar a dificuldade de se prever os rumos do desenvolvimento científico, a aplicação do princípio da precaução parte do pressuposto de que os efeitos negativos são conhecidos, mas que a quantificação dos riscos é impossível por falta de dados (Ferrari, 2010).

No caso da nanotecnologia, não somente a quantificação dos riscos é impossível, mas os efeitos, em si, não são previsíveis. Aqui, além do desconhecimento da totalidade das repercussões, configura-se um cenário epistêmico novo onde a ignorância e a incerteza são basais (Stirling, 2007). Neste contexto, o princípio da precaução não parece oferecer utilidade ou, ao menos, acaba por reduzir-se a um discurso que não surte efeito, gerando regras incoerentes e paradoxais para a tomada racional de decisões, resultando em inércia (Holm, 2006; Harris, Holm, 2002; Peterson, 2006).

Outro fator para o insucesso de quem tenta pautar a análise ética na projeção de riscos é a divergência entre os parâmetros utilizados pela avaliação dos cientistas e aqueles que mediam a percepção desses riscos pela sociedade (Slovic, 1997). Em suma, a percepção de riscos varia, em geral, entre população, cientistas, e cientistas sociais (Lenk, Biller-Andorno, 2007).

Contudo, a percepção pública de que os avanços biotecnocientíficos representam riscos desconhecidos, que podem demorar a se manifestar ou não ser plenamente observáveis, é contra-argumentada pelo discurso científi-

co embasado em cálculos da relação entre risco e benefício, de propriedades ainda não completamente dominadas pelos cientistas (Savadori et al., 2004). Enquanto os cientistas enfocam suas análises em estimativas de incidentes, a população em geral utiliza outros referenciais para esta representação, como a perspectiva de catástrofes e impacto sobre as gerações futuras (Slovic, 1987).

É interessante ainda ressaltar a impressão bastante disseminada, mas nem sempre comprovada, de que uma percepção aumentada dos riscos está ligada à ignorância sobre o assunto. Exemplo disso é um estudo encomendado pelo *Project on Emerging Nanotechnologies* que demonstra que, após receber informações sobre nanotecnologia, a percentagem dos que acreditam que os potenciais benefícios superarão os riscos desta tecnologia sobe de 18% para 25% dos entrevistados. No entanto, após as informações, a percepção de que os benefícios serão menores que os riscos cresce ainda mais significativamente. Inicialmente, 19% dos participantes acreditavam que a nanotecnologia traz mais riscos que benefícios, após receberem informações este número sobe para 35%. Assim, após os entrevistados serem devidamente informados, somando os 35% de entrevistados que creem que a nanotecnologia trará mais riscos que benefícios aos 34% dos participantes que acham que os riscos e benefícios serão iguais, chegamos a um total de 69% de participantes informados que não acreditam que os benefícios da nanotecnologia superarão seus riscos. É surpreendente que os realizadores da pesquisa subestimem este último dado e prefiram dar maior ênfase ao fato de que os entrevistados mais otimistas são aqueles melhor informados (AHRA, 2009).

Não há, portanto, apenas uma maneira, mesmo que devidamente informada, universalmente objetiva de identificar e avaliar um risco. Em outras palavras, as sociedades democráticas se caracterizam pela convivência de grupos sociais muito diversos, com diferentes visões do mundo e inúmeros sistemas de valores, tornando impossível uma visão sobre a gestão do risco que seja a única correta e eticamente aceitável. Neste sentido, na identificação e avaliação de riscos podem existir diferentes pontos de vista, igualmente legítimos (Olivé, 2006).

Conseqüentemente, a precaução diante de riscos não mensuráveis e não consensuados parece um recurso precário para dar conta da vida prática e sua interação com as disposições do mercado, fazendo-se necessária uma construção mais ampla dos parâmetros de análise.

Como opção à abordagem consequencialista e suas limitações em tratar a riqueza e complexidade dos desafios impostos pela nanotecnologia, apresenta-se uma abordagem deontológica baseada na criação de códigos e relatórios para guiar a governança política da nanotecnologia (UNESCO, 2006; CEST, 2006; CEC, 2008; NRC, 2006). Estes documentos fundamentam-se na pressuposta universalidade dos valores que propõem.

A abordagem deontológica desses códigos sustenta que um desenvolvimento responsável das tecnologias emergentes consiste na elucidação do que significa bem-estar e desenvolvimento humano, na identificação das oportunidades oferecidas pelas novas tecnologias para alcançá-los e na capacitação ética para permitir a adaptação necessária e efetiva da sociedade às tecnologias emergentes, eliminando os obstáculos para o seu desenvolvimento (Ferrari, 2010).

Em nome desta universalidade de valores e na tentativa de expressar as diferentes necessidades e interesses envolvidos, estes códigos acabam por tornar-se muito vagos e imprecisos. Segundo a perspectiva deontológica adotada por estas tentativas normativas, um comportamento moralmente adequado seria obtido ao respeitar os princípios por eles elencados. Ainda que assumam a forma de acordos internacionais, propostos e aceitos por países e instituições por meio de atos voluntários, estas normativas têm a frouxidão legal esperada e, de certa forma, característica da regulação de novas biotecnologias, pois pretendem estabelecer valores éticos e obrigações morais mais do que normas legais vinculantes. Com efeito, esse tipo de abordagem em geral apela para valores como responsabilidade e sustentabilidade, mas recebe, por sua vez, críticas quanto a seu desempenho, já que sua proposta de universalidade ética genérica os enfraquece enquanto mecanismos reguladores (Ferrari, 2010).

Adicionalmente, a aceção de responsabilidade presente na maior parte dos códigos parte de uma perspectiva de que todas as tecnologias têm como objetivo o desenvolvimento humano, acabando por gerar um comportamento indulgente e tolerante em relação a estas novas tecnologias. Assim, em vez de regulamentar, a abordagem deontológica acaba por se tornar um meio para a promoção do desenvolvimento da nanotecnologia (Ferrari, 2010).

Neste contexto, tem-se defendido o engajamento público nas tomadas de decisão e a construção dialógica destes códigos e relatórios. Este movimento inclusivo na elaboração desses guias morais visa justamente restaurar a confiança pública na ciência, incrementar a política de inovação, evitar

reações adversas futuras, democratizar a regulação das novas tecnologias e tornar a prática científica mais responsável e confiável (Macnaghten, 2010).

O engajamento público cresceu, principalmente na Europa, após o fracasso comercial dos alimentos geneticamente modificados. Portanto, a sensação de segurança oferecida pelo processo de elaboração desses documentos é um efeito intencional, mas que, por vezes, pode ser manipulado para diminuir a resistência pública a tecnologias desconhecidas (Macnaghten, 2010). Portanto, esta forma de governança se torna ambivalente ao pretender regular e ao mesmo tempo promover as tecnologias emergentes, gerando uma atmosfera de excesso de confiança. Percebe-se assim que esta configuração normativa reflete jogos de poder e interesses em torno da governança da nanotecnologia (Ferrari, 2010).

O debate ético até o presente momento teve um significativo avanço no tocante a tópicos como a análise de riscos, a precaução, a necessidade de regulação e governança, o engajamento público e a reflexão epistêmica a respeito dos limites do conhecimento. No entanto, nem os tópicos nem os enfoques oferecidos até o momento alcançam a complexidade dos fenômenos sociais, da dinâmica dos interesses e dos discursos envolvidos na relação entre nanotecnologia e sociedade. Por isso, do presente debate, emerge cada vez mais a necessidade de atentar para os papéis sociais desempenhados pela ciência e tecnologia (Ferrari, 2010).

2.1.3. Contextualização social da nanotecnologia

Assim, adicionalmente às abordagens iniciais de legitimação e justificação do campo e aos posteriores (e ainda dominantes) enfoques consequencialista e deontológico, passa a coexistir na literatura sobre ética e nanotecnologia um terceiro momento da discussão, focado na contextualização da interface nanotecnologia-sociedade. Este terceiro momento dedica-se à compreensão de aspectos sociais, culturais, econômicos, históricos e filosóficos que determinam e, ao mesmo tempo, são determinados pela interação entre desenvolvimento tecnocientífico e sociedade (Ferrari, 2010).

Recentemente, cresceu a importância do argumento de que as questões comumente colocadas, como a necessidade e a legitimidade da nanoética ou se os desafios são realmente novos, não somente distraem a atenção daquilo que é importante, mas desvirtuam e enviesam o próprio debate.

Isto porque, ao focar nestas questões, os debatedores negligenciam o que parece ser o fundamental: as implicações culturais, sociais e econômicas da nanotecnologia (Ferrari, 2010).

Assim sendo, neste terceiro momento do debate, o caráter disruptivo da nanotecnologia é atribuído a seu alcance sobre o processo industrial como um todo e seus resultantes socioeconômicos, mais do que a novas propriedades da matéria. Espera-se que, juntamente às demais tecnologias de convergência, que se constituem a partir da interação dos saberes das ciências cognitivas, biológicas e informacionais, a nanotecnologia influencie profundamente a organização econômica global na sociedade da informação, trazendo repercussões para a reconfiguração da divisão do trabalho, suscitando novas formas de toxicidade e, assim, como com outras recentes tecnologias, incrementando o monopólio nos processos de produção (Invernizzi, Foladori, 2005).

É esperado para os próximos anos que as iniquidades sociais características da economia globalizada, e que assolam principalmente os países em desenvolvimento, sejam intensificadas por fatores como a introdução da nanotecnologia no mercado alimentar, a presença cada vez mais marcante das grandes indústrias no ramo das biotecnologias e as questões relacionadas a patentes e propriedade intelectual. Caso seja este o delineamento da identidade da nanotecnologia no contexto social global, há mais chances de que haja um aumento das disparidades do que sua diminuição, incrementando, portanto, o que se tem chamado de “nanodívida” (Invernizzi, Foladori, 2005).

Isto porque a nanotecnologia surge em um cenário onde iniquidades sociais e danos ao meio-ambiente não somente existem, mas são, por vezes, alimentados por estabelecidas instituições e práticas sociais que favorecem grandes indústrias em detrimento do bem-estar das populações. Devido a este contexto, enfoques como aquele da justiça ambiental distributiva tornam-se importantes porque alertam para o fato de que a distribuição ambiental dos possíveis benefícios e riscos da nanotecnologia não será geopoliticamente uniforme. Os possíveis riscos ambientais se concentrarão em áreas industriais em torno das quais geralmente habita uma população mais desabastecida e menos apta socialmente para defender seus próprios interesses (Sandler, 2009).

É por este motivo que não basta pensar a análise de riscos a partir da toxicidade ao humano e ao ambiente. Os resultados socioeconômicos, positivos

ou negativos, dependem de quais materiais nanoestruturados serão produzidos e para que finalidade; como e onde serão manufaturados; quais fatores são preponderantes para essas determinações; quais são as instâncias decisórias e reguladoras e sua efetividade. Estes aspectos não são motivados pela nanotecnologia ou pelo conhecimento científico que a promove, mas respondem a conjunturas políticas e sociais que determinam áreas prioritárias de investimento, aplicações e usos legitimados socialmente, entre outros aspectos. Para os que defendem que os impactos socioeconômicos têm maior importância e são mais imediatos, são estes outros fatores, para além da toxicologia em si, que determinam a dimensão ética da nanotecnologia (Sandler, 2009).

2.1.3.1. Análise do discurso

Também sustentada no pressuposto de que é necessário compreender o contexto em que se desenvolve a nanotecnologia, há ainda outra proposta. Esta, no entanto, ainda que baseada em uma compreensão mais abrangente, se opõe à fala predominante de que é necessário evitar as perspectivas futurísticas e o exercício especulativo. Contrapondo-se ao lugar comum de tentar ter uma perspectiva mais “realista” das implicações éticas, a análise de imagens e concepções afirma que não é possível, ou sequer desejável, analisar os fatos científicos ou sociais isolados dos discursos e visões sempre carregados de expectativas e comoção presentes nos debates sobre nanotecnologia (Ferrari, 2010).

Segundo esta proposição de análise contextualizada das concepções presentes no debate, a busca por uma atuação entendida como mais objetiva, realista e efetiva dos impactos da nanotecnologia, acaba por negligenciar a influência que os discursos têm sobre o posicionamento ético e sobre os processos de decisão (Ferrari, 2010).

Conforme esta leitura, o que de fato tem consequências éticas e sociais não são a dimensão e os processos nanoescalares propriamente, mas a expressão da tecnociência como parte das relações humanas, com o conjunto de significações e expectativas. Para entender as tecnologias de forma a desenvolver uma abordagem ética apropriada, é necessário antes de tudo explorar e esmiuçar o universo de visões, imagens, ideias e representações de natureza, de ciência, de tecnologia e de ser humano embutidas na discussão (Ferrari, 2010).

Diante das potencialidades da nanotecnologia, a grande expectativa que ecoa na literatura sobre o tema, inclusive na científica especializada, vem recebendo cada vez mais atenção da literatura crítica. A análise das posições que permeiam o presente debate, mesmo as visões simplistas e excessivas, e das concepções que as fundamentam, tem sido desenvolvida a partir de modalidades de análise de discurso. Dentre elas, a análise de imaginários tecnocientíficos (Kearnes et al., 2006), por exemplo, parte da constatação de que os discursos que determinam as direções do desenvolvimento científico tem um caráter que é simultaneamente técnico e cultural, o que leva a analisar as tecnologias como fenômenos sociais. Outro exemplo é a técnica, proposta por Sparrow (2007), da análise das narrativas que permeiam a visão de diferentes fontes e atores envolvidos no debate sobre a nanotecnologia. Esta análise busca identificar as intenções e as concepções presentes no debate, as maneiras como estas atuam para determinar a opinião pública, e o modo como estas conjunturas determinam o direcionamento da produção de derivados nanotecnológicos, sua aceitação social e seu consequente consumo.

Para enfrentar a tarefa de ponderar sobre um tema tão polêmico e complexo como a nanotecnologia, Grin e Grunwald (2000) propõem a análise das visões envolvidas no debate. Esta busca identificar fundamentos, valores e interesses para elucidar seus papéis no discurso, suas influências no debate e suas implicações nos direcionamentos do desenvolvimento científico. Este processo começa por um levantamento das visões mais comuns sobre um tema, avança para o delineamento de um mapa dos atores, suas visões e seus locais no debate, e finaliza com a análise do conteúdo cognitivo e ético das visões. Desta forma, a análise das diferentes visões envolvidas não é apenas um instrumento para a compreensão do que é a nanotecnologia, mas permite uma leitura ainda mais ampla sobre a configuração do próprio debate ético.

Neste sentido, para escapar do dualismo entre tecnofilia e tecnofobia, tão comum nas discussões sobre as implicações éticas da nanotecnologia, uma das estratégias propostas é, em vez de tomar a ética a partir de uma perspectiva participativa, colocar-se em uma atitude observativa, e avaliar o panorama das diversas partes, inclusive as posições extremistas. Deste modo, frente à nanotecnologia e seu caráter incerto e imprevisível, este tipo de análise ética não demandaria forjar uma definição conceitual precisa ou aguardar um conhecimento mais definido a respeito da nanotecnologia ou de seus riscos para somente então se posicionar. A tática é, num exercício

de distanciamento, observar o cenário no qual os atores constroem suas perspectivas e concepções da nanotecnologia e, sobre isto, fundamentar a análise ética (Kaiser, 2006).

A análise das formas como os vários atores envolvidos compreendem e descrevem os sistemas tecnocientíficos (Sparrow, 2007; Mordini, 2007), bem como um dedicado exame dos imaginários tecnocientíficos, revelam noções, incutidas social e culturalmente, como a de que as inovações tecnocientíficas moldarão o futuro (Kearnes et al., 2006). Esta constatação reforça a importância da análise do discurso sobre ciência como um rico conjunto de indícios dos fenômenos sociais e culturais relacionados ao desenvolvimento tecnocientífico.

Assim, ao dedicar-se às interfaces ciência-sociedade há razões metodológicas e epistemológicas para uma análise mais detalhada das respostas oferecidas à pergunta “o que é a ciência?” Ao levar em conta as condições sociais e materiais que permitem seu surgimento e desenvolvimento, percebe-se que a ciência abarca um complexo de atividades, crenças, saberes, valores e normas, costumes e instituições. Inclui, portanto, tudo o mais que possibilite o alcance de resultados que são explicados pelas teorias, modelos e outras formas de representação de conhecimentos científicos que permitem a interação e a transformação do mundo (Olivé, 2000; Olivé, 2006).

Desta forma, as diversas concepções sobre o que é ciência condicionam a prática científica. Estas imagens podem incluir concepções a respeito dos métodos adequados para a construção do conhecimento científico e/ou para a validação dos produtos da atividade científica. Estes métodos estariam normalmente comprometidos com certos valores cognitivos e não cognitivos, que também compõem tais imagens (Abrantes, 2002).

A ciência e seus valores subjacentes, portanto, podem tornar-se objeto de conhecimento (meta-)científico. O objetivo deste tipo de estudo seria elucidar a forma como o sistema ciência-sociedade se apresenta hoje ou como se configurou em diferentes momentos históricos. Disciplinas como a história da ciência, a sociologia da ciência, a antropologia da ciência, entre outras, se pautam em diferentes objetivos e perspectivas, mas tem em comum um caráter empírico, por utilizarem métodos científicos como a observação, por exemplo, e por perseguirem os objetivos típicos da ciência, como o de construir modelos e teorias visando à explicação (científica) de aspectos do próprio sistema ciência-sociedade (Abrantes, 2006).

Há também estudos metacientíficos que se apresentam com objetivos próprios da filosofia, como esclarecer, justificar, normatizar, reconstruir e criticar, e seus métodos característicos, como análise conceitual, reconstrução lógica, tradução de linguagens e experiências de pensamento. Esses estudos de caráter filosófico se dedicam majoritariamente a aspectos cognitivos do fenômeno científico. Contudo, a dimensão ética da ciência, relativa aos valores não-cognitivos promovidos por esta atividade, tem figurado cada vez mais intensamente na pauta dos estudos deste caráter (Abrantes, 2006).

Para Schummer (2004), os estudos metacientíficos percebem os cientistas e pesquisadores como parte da sociedade. As análises estão interessadas nas influências exercidas por tradições cognitivas e instrumentais, valores culturais e crenças, necessidades sociais e conflitos de interesses na estruturação da ciência. No caso da nanotecnologia, além desta dimensão sociocultural, é escopo das análises metacientíficas a maneira pela qual a nanotecnociência atua na dinâmica de determinação de funções na relação entre ciência e tecnologia.

Independentemente do tipo de estudo metacientífico utilizado, o sistema ciência-sociedade está inserido em um meio intelectual/cultural no qual concepções de ciência, e também de natureza, são elementos fundamentais e resultam de várias práticas - científicas ou não (Abrantes, 2006).

Pode-se dizer, portanto, que as diferentes maneiras de responder a pergunta “o que é a ciência?” refletem formas distintas de encarar a ciência. Segundo Olivé (2000), a primeira delas, a *imagem científica* da ciência, é concebida pelo próprio conhecimento científico. Corresponde a uma perspectiva interna que os cientistas têm de suas próprias atividades e práticas, de suas instituições e dos fins a que se propõem, dos meios, métodos e materiais que usam para obtê-los e dos resultados desta busca (Olivé, 2000).

As outras abordagens vêm de fora da ciência. Uma delas, a *imagem filosófica* ou *metacientífica*, levanta outras questões que a ciência, em si, não pode ou não tem por objetivo responder. Diversamente da *imagem científica* da ciência, a *imagem metacientífica* pondera a respeito de questões como as condições necessárias para que um conhecimento seja genuinamente científico, a forma como se desenvolve a ciência, os fins da investigação científica, a maneira como a ciência tomou a presente organização social, entre outras. As disciplinas que a ela se dedicam, como história, filosofia e antropologia da ciência, proporcionam elementos fundamentais para a

compreensão da interação entre tecnociência e sociedade, podendo oferecer contribuições para orientações morais (Olivé, 2006).

As duas imagens anteriores explicam várias facetas da ciência; no entanto, há ainda uma terceira imagem: a *imagem pública* da ciência e da tecnologia. Esta é formada por uma parcela da sociedade que não é especializada em ciências ou não as tem como objeto de estudo, mas possui um importante papel na cultura atual e envolve ideias sobre o que é a ciência, qual sua importância, porque confiar e porque investir socialmente nela. O conjunto dos valores cognitivos e morais envolvido nesta imagem é em grande parte resultado dos meios de comunicação de massa (Olivé, 2000).

Assim, na busca por compreender e solucionar os potenciais conflitos resultantes da interação entre as dinâmicas sociais e a nanotecnologia, não há divergências somente quanto a perspectivas éticas. Com efeito, a compreensão sobre o que é ciência varia entre os vários segmentos envolvidos: mídia, comunidade científica, representantes de diversos setores da sociedade e diversas instâncias da política científica possuem perspectivas diversas sobre o que seja a nanotecnociência.

Soma-se a esta heterogeneidade de atores e perspectivas científicas e éticas, uma grande diversidade de âmbitos que podem ser atingidos pelas consequências do uso de produtos e dispositivos nanotecnológicos. São mencionados possíveis resultantes sociais, econômicos, culturais, ambientais e na saúde humana. Essas implicações, porém, não são igualmente percebidas nem recebem o mesmo grau de atenção por parte das diferentes perspectivas éticas encontradas na literatura (Pyrrho, 2011).

Resumidamente, há abordagens que enfocam as implicações derivadas de forma mais direta dos processos de pesquisa, sendo a produção e aplicação da nanotecnologia mais citadas as repercussões para a saúde humana e o meio-ambiente. Estas abordagens são as de maior prestígio porque produzidas pelo discurso científico. Nelas, a reflexão ética que se fundamenta na análise de riscos, nem sempre possível, enfrenta um duplo desafio: o aprimoramento técnico, com o desenvolvimento de dispositivos adequados para tal avaliação, e a busca de novos parâmetros éticos que se sustentem mesmo diante da parcela do conhecimento não atingida (Pyrrho, 2008).

Já a abordagem das questões éticas derivadas das interações complexas tramadas entre sociedade, tecnologia, ambiente, política e economia, toma para si o desafio de estabelecer prioridades temáticas necessárias para o indispensável processo de regulação e, ao mesmo tempo, dar conta da diver-

tidade de seu escopo. Apesar de sua relevância e plausibilidade, estas abordagens mais complexas são frequentemente ofuscadas pelo grande apelo que as análises de risco exercem no debate ético sobre as nanotecnologias (Pyrrho, 2008).

Conhecido o atual universo do debate ético sobre a nanotecnologia, é justamente a partir dos obstáculos e limitações encontrados no percurso das presentes abordagens que se pretende enfrentar a tarefa de uma reflexão ética inovadora deste recente avanço tecnocientífico.

(Página deixada propositadamente em branco)

É POSSÍVEL UMA ANÁLISE ÉTICA DA NANOTECNOLOGIA QUE SEJA INOVADORA?

Os obstáculos impostos pela própria nanotecnologia, com seu caráter imprevisível e sua existência recente, tornam difícil sua avaliação ética. Buscando responder a este desafio, as análises éticas já empreendidas tendem a compreender a nanotecnologia de forma segmentada, ora como fato científico, ora como um fenômeno social. Tentando superar as críticas feitas às presentes abordagens, pretende-se delinear um percurso alternativo para a análise ética da nanotecnologia.

Ao refletir sobre esta tecnologia em desenvolvimento, percebe-se que as propostas de forçosamente estabelecer uma definição mais exata deste fenômeno ou de esperar para que o conhecimento científico alcance a nitidez necessária para a avaliação dos riscos fundamentam reflexões éticas limitadas, tanto do ponto de vista teórico, quanto do empírico.

Contrariamente, aqui, o processo de construção ainda em andamento da nanotecnologia apresenta-se como uma perspectiva oportuna e inovadora para sua análise ética. Isto porque a formação ainda em aberto do campo tecnocientífico deixa transparecer melhor o jogo de forças, discursos e interesses que contribuem para o estabelecimento da nanotecnologia enquanto fato científico. Desta maneira, torna-se possível acessar as dimensões éticas referentes aos recursos materiais e científicos da nanotecnologia, mas também aos discursos sobre eles.

Esta proposta de análise que se dá durante o processo de sedimentação do saber-fazer científico serve duplamente porque permite uma nova perspectiva sobre a nanotecnologia enquanto objeto e, ainda mais especialmente, porque joga luz sobre a própria reflexão ética da biotecnociência.

1. ABORDANDO O NOVO

Um dos principais motes da presente discussão a respeito da moralidade da nanotecnologia é se de fato ela apresenta, do ponto de vista ético, algum tema ou desafio novos em relação às anteriores biotecnologias. Entretanto, independentemente de haver ou não novas questões éticas, é possível afirmar que as análises éticas sobre a nanotecnologia podem avançar em relação à forma atual de encarar as novas biotecnologias.

Para fazer isso, primeiramente, é importante fazer algumas distinções e evitar, assim, alguns obstáculos comuns enfrentados pelas atuais análises éticas das novas biotecnologias.

A primeira distinção necessária é aquela entre ética e prudência. Dupuy (2007) afirma que para avançar nas análises éticas da nanotecnologia é preciso identificar o engano comum na redução da ética à mera prudência. O engano se deve ao fato de que a motivação da prudência, comumente compreendida no contexto das novas biotecnologias como um gerenciamento racional dos riscos, não é necessariamente moral, visto que pode referir-se tão somente a danos, mas não a todos os danos evitáveis.

Este é um ponto importante, já que, como nunca, os projetos sobre nanotecnologia vêm acompanhados, desde o princípio, de estudos ELSA (sigla em inglês para Aspectos Éticos, Legais e Sociais). Porém, é justamente a distinção entre a ética e a prudência que deve contextualizar a compreensão da existência destes projetos e sua eventual adequação do ponto de vista moral.

Em comum, estes estudos remetem, em suas justificativas, à recepção pública negativa dos OGM. Nesta perspectiva, a iniciativa política e científica de engajar o público nos debates não visa propriamente uma participação decisória, mas pretende ser uma instância de esclarecimento ao público a respeito da nanotecnologia (Moore, 2002; Brumfiel, 2003; Macnaghten, 2010). Percebe-se, portanto, que a prudência por trás das preocupações em relação à nanotecnologia não tem uma motivação exclusivamente moral, pois a participação pública pode representar uma medida para evitar controvérsias e impedir um rechaço público conforme o ocorrido com os OGM, o que obviamente teria impactos econômicos no mercado de produtos e dispositivos nanotecnológicos (Dupuy, 2007).

Portanto, para as novas biotecnologias, bem como para a nanotecnologia, é importante compreender que a ética não deve ser confundida com sinônimo de prudência até mesmo porque, nas presentes abordagens éticas das biotecnologias, a prudência é entendida como uma habilidade de arrazoar a respeito dos riscos, o que pode ter motivações diferentes das morais, como motivações econômicas, por exemplo.

A segunda distinção necessária, vinculada à primeira, é aquela entre ética e análise de riscos. De fato, as análises de riscos, conforme concebidas atualmente, não dão conta das questões éticas levantadas pela nanotecnologia porque estas não respondem aos critérios necessários para este tipo de abordagem. Com efeito, para a análise de riscos, os possíveis eventos decorrentes precisam ser identificados e qualificados como negativos ou positivos; é preciso conhecer a probabilidade de acontecimento dos eventos; e, por último, é necessário estabelecer uma escala de valores, seja de satisfação ou de utilidade, para a avaliação moral por parte dos envolvidos. O caráter limitado das abordagens exclusivamente fundadas nas análises de riscos, de acordo com estes critérios, não se dá somente devido à incerteza inerente à nanotecnologia. O motivo pelo qual a nanotecnologia não poderia ser acessada eticamente por meio de análise de riscos não é a incerteza epistemológica, mas a indeterminância moral; ou seja, a análise de riscos não é suficiente para avaliar eticamente a nanotecnologia porque é impossível prever quais são os valores futuros que pautarão a escala avaliativa a ser utilizada (Dupuy, 2007).

Além da incerteza epistemológica, portanto, a análise de riscos é impossibilitada também pela imprevisibilidade dos valores morais envolvidos. Não só o comportamento dos materiais é imprevisível, o comportamento e os valores morais das pessoas também o são, tamanha a novidade imposta pela nanotecnologia (Dupuy, 2007).

A terceira, e crucial, distinção é aquela entre técnica e tecnologia. Embora esta distinção tenha se perdido pelo uso feito pelo senso comum, que via de regra considera os dois termos como sinônimos, ela é retomada para enfatizar o fato de que a tecnologia é o discurso, o *logos*, *da e sobre* a técnica. Este ponto torna-se fundamental para diferenciar uma ética de artefatos técnicos de uma ética da tecnologia.

Com efeito, os aspectos éticos dos artefatos técnicos são presumidamente derivados de seu uso, considerado bom ou não, o que confere uma espécie de neutralidade moral à atividade científica e à própria produção tecnoló-

gica. Já a análise ética de uma determinada tecnologia pressupõe a compreensão do sistema formado também por outras técnicas ou modos de saber-fazer, com suas representações simbólicas, visões de mundo, instituições, regras e normas envolvidas (Dupuy, 2007).

Esta última distinção, entre técnica e tecnologia, entre artefato técnico e o *logos* da e sobre a nanotecnologia, guarda semelhanças com o dualismo entre um construtivismo social e um empirismo radical de tipo científico. De fato, este dualismo, quando levado às últimas consequências, desemboca em uma visão da atividade científica e tecnológica que oscila entre dois extremos: o do fato e aquele do fetiche. De um lado, estão os cientistas e engenheiros que defendem as evidências, que alegam que os achados científicos são fatos, pois são verificáveis, comprováveis e explicáveis: reais, portanto. Por outro lado, encontramos uma tradição crítica que confere à realidade científica um *status* de completo condicionamento, no qual um artefato técnico, por mais brilhante, sólido e palpável, não passa de completa construção social (Latour, 2004a).

Assim, a moralidade de determinada tecnologia, do ponto de vista dos cientistas, decorreria diretamente das aplicações de seu uso. Opostamente, a crítica identifica que as implicações morais das tecnologias derivariam inteiramente das condições que condicionam sua construção social (Latour, 2004a).

Portanto, se os assim chamados fatos científicos não podem ser entendidos ingenuamente como meros objetos ou descobertas, eles também apresentam maior resistência a esta tradição crítica da desconstrução.

Para evitar, por um lado, um empirismo científico radical que torna os resultantes tecnocientíficos artefatos técnicos que aterrissam completamente descontextualizados na sociedade e, por outro, uma fetichização que reduz qualquer objeto a uma explicação inútil, Latour (2004a) propõe um segundo empirismo. Um empirismo que não abandone a crítica, mas a realoque. Assim, entender a realidade das coisas, ser realista, seria também compreender a situação e o contexto em que as descobertas e avanços científicos se dão. Nesta perspectiva, se reconhece que os fatos científicos, nos quais também acreditamos, são sólidos demais para serem interpretados como meros fetiches, e que contextualizá-los não lhes retira, mas lhes acrescenta, *realidade*.

O que é novo neste segundo empirismo é o objeto da crítica. A abordagem proposta não tem por objetivo desconstruir para revelar que as questões

referentes aos fatos (*matters of fact*) conforme concebidos pela ciência, não são a realidade. Em vez de fatos, a crítica encara questões de interesse (*matters of concern*) na totalidade das dimensões que envolvem. Desta forma, a crítica não desconstrói seus objetos, não subtrai realidade dos fatos relatados pelos cientistas. Ao contrário, ao pensar seu processo de construção histórica tal qual ela é percebida pela experiência dos observadores, a crítica agrega outras dimensões da realidade a seu objeto, tornando-o mais, e não menos, real. Eis o segundo empirismo do qual nos fala Latour (2004a).

Para esclarecer a distinção entre o que é fato e o que é uma questão de interesse, o autor nos conduz a uma outra distinção: aquela entre objeto e coisa. Um objeto tem a inércia necessária para ser entendido como imóvel, inócuo, tal como é. Uma coisa é algo diverso, em que seu status está em questão, bem como todo o contexto que corrobora que ela se constitua enquanto coisa. Para entender a oposição, Latour (2004a) retoma a origem etimológica de “coisa” que, ao mesmo tempo em que diz sobre algo que está inquestionavelmente lá, sem que haja qualquer disputa, é também em sua origem o lugar, a mais antiga instância, para a decisão e arbítrio:

Hoje se sabe que em todas as línguas europeias, inclusive o russo, existe uma forte ligação entre as palavras usadas para designar uma coisa (*thing*) e uma assembleia discricionária. Os islandeses vangloriam-se por ter o mais antigo parlamento, que eles chamam de *Al-thing*, e é possível visitar em muitos países escandinavos conselhos que são designados pela palavra *Ding* ou *Thing*. Não é extraordinário que o mesmo termo banal que usamos para designar o que está lá, inquestionavelmente, uma coisa, fora de qualquer disputa, seja também a mais antiga palavra usada para designar os mais antigos âmbitos nos quais os nossos ancestrais negociavam e tentavam resolver suas disputas? (Latour, 2004a, p.232-233).

As coisas, assim, desde sua origem, são o que são e são construídas. Ao mesmo tempo dados no mundo e construções nele.

Encarar não os fatos em si, meramente, mas também o contexto nos quais se constituem em questões de interesse é uma forma de realismo e ao mesmo tempo uma nova forma de crítica. Esta perspectiva de um realismo crítico, que pode ser visto como um segundo empirismo consiste, portanto, em uma crítica direcionada aos fatos científicos que, ao invés de afastá-

-los, negá-los como uma realidade concreta, se concentra nas condições de possibilidade que os fizeram reais. Desta forma, à crítica caberia uma busca pelas várias circunstâncias que constituem, constroem um fato científico (Latour, 2004a).

Portanto, é justamente enquanto algo ainda em construção que o conhecimento científico se torna mais interessante. Neste processo de construção, torna-se possível observar como uma coisa passa por sucessivos processos de decisão até se tornar um objeto para a ciência; ou seja, como um conhecimento científico torna-se aos poucos, e por uma série de eventos, uma caixa-preta. Ao final deste processo, um determinado conhecimento científico, se torna um dado, algo que não precisa ser colocado à prova toda a vez que é retomado. O processo de construção do conhecimento científico parte de uma hipótese e termina com uma caixa-preta; um pressuposto que não precisa mais ser reaberto, ser recolocado sempre em questão, torna-se um fato científico (Latour, 2000).

No entanto, ao contrário do que se possa imaginar, o melhor momento para refletir sobre esse conhecimento, compreendê-lo *realmente*, é neste processo de construção e não quando as caixas-pretas já se encontram fechadas. E isso porque é durante o processo de construção que o conhecimento científico se torna mais claro, menos opaco, e deixa transparecer melhor o diagrama de forças, discursos e interesses que mais tarde culminam em sua constituição enquanto uma caixa-preta, um *objeto*, um dado científico estabelecido (Latour, 2000).

Este é precisamente o atual momento da nanotecnologia. É neste período, em que a nanotecnologia se transforma em objeto científico, que sua análise bioética se torna mais interessante. Isto porque ainda revela as dimensões, já ocultas em outras biotecnologias estabelecidas, pertinentes à construção dos objetos científicos, e como estes se constituem em questões de interesse (*matters of concern*) para a bioética.

É nesta perspectiva que a análise bioética da nanotecnologia se torna tão importante: não pelo objeto, mas pela coisa; não pelos artefatos técnicos, mas pela tecnologia. Ela nos serve neste momento duplamente: primeiramente, porque a nanotecnologia se coloca como uma questão de interesse, uma possibilidade de analisar eticamente uma tecnologia e não meros artefatos técnicos; mas também por seu poder ilustrativo que auxilia a compreender outras biotecnologias e a própria bioética em suas formas de análise.

É por não ter sido ainda blindada, por permitir a análise ainda por suas brechas, que se torna possível a observação deste processo de fechamento da caixa-preta da nanotecnologia. São os últimos feixes de luz a entrar nesta caixa entreaberta, como veremos, que permitem assistir à reabertura da caixa-preta do DNA como código da vida e o consequente sinalizar de mudanças para a condição humana.

2. NANOTECNOLOGIA: CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO

Quanto ao processo de construção do conhecimento científico, cabe uma nota introdutória: o entendimento de que a ciência tem uma marcha incessante, um evoluir que resulta necessariamente em caixas-pretas impenetráveis e perenes é um engano.

De fato, as caixas-pretas são imagens que representam simplificações. É justamente neste intuito que Latour toma a metáfora: caixa-preta, conforme ele mesmo nos explica, é a denominação na cibernética para a representação gráfica de um sistema por demais complexo e sobre o qual basta saber o dado de entrada e seu resultante na saída deste mesmo sistema. A caixa-preta representa algo que se entende como pressuposto, que somente interessa em seu poder de transformar ou processar algo, dado que sua constituição permanece inerte neste processo (Latour, 2000).

Desta forma, entender um conceito científico como uma caixa-preta é pressupor que utilizar este conceito não o colocará em risco ou em questão, pois um conhecimento científico, ao ser comprovado, passa a ser pressuposto para novas descobertas, novos avanços (Latour, 2000).

No entanto, a ciência mesma não é hermética. Para que os avanços caminhem, é preciso sempre uma dúvida, uma hipótese, uma caixa ainda não fechada.

O fechar das caixas, porém, não é um processo puramente racional e harmonioso, como se esperaria da objetividade científica, pois incerteza, trabalho, decisões, concorrência, controvérsias são os antepassados das fechadas e inquestionáveis caixas-pretas do presente (Latour, 2000).

Assim, a ciência em seu trabalho, a ciência em ação, tem sempre duas faces: aquela na qual as caixas já estão fechadas e aquela em que novas caixas estão sendo construídas. Para Latour (2000), em suas duas faces, a ciência pode ser representada como um jano bifronte, pois a imagem desta divin-

dade romana dos começos e finais tem uma face voltada para o passado e uma face virada para o futuro. A menção a esta imagem é usada pelo autor para dizer ao mesmo tempo sobre uma ciência pronta e estabelecida, de face grandiosa e severa que resguarda suas caixas-pretas, e sobre uma ciência em construção de face vivaz e audaz, suada da árdua construção.

A ciência tem, portanto, uma face que sabe e outra que ainda não sabe. Elas falam ao mesmo tempo coisas completamente distintas: a 'face que sabe' diz para acatar os fatos sem discutir, a 'face que não sabe' tem como ofício questioná-los. Enquanto a primeira nos afirma que aquilo que é verdade sempre se sustenta, a segunda nos mostra que as coisas, na medida em que se sustentam, começam a se transformar em verdade (Latour, 2000).

Assim, estas duas faces se oferecem como entradas distintas para a análise e compreensão científica. Elas darão explicações distintas sobre o fechamento das caixas-pretas: uma proferida após o ocorrido, outra que fala sobre o fechamento enquanto ainda é uma tentativa, um processo (Latour, 2000).

A entrada para a tão recente nanotecnologia é forçosamente a da audaz, mas ainda jovem, face da ciência.

Essa, que é a única entrada no caso da nanotecnologia, parece ser a mais difícil devido às ainda vivas controvérsias. É esta face pouco familiar com que a bioética se defronta nas situações emergentes (Garrafa, Porto, 2003).

Porém, para Latour (2000), são justamente essas controvérsias que tornam a face em construção o melhor acesso para analisar a ciência. Contraintuitivamente, o caminho mais desejável é sempre aquele que revela a construção:

Vamos dos produtos finais à produção, de objetos estáveis e frios a objetos instáveis e mais quentes. Em vez de transformar em caixa-preta os aspectos técnicos da ciência e depois procurar influências e vieses sociais, percebemos na Introdução [do livro *Ciência em ação*] como era mais simples estar ali antes que a caixa se fechasse e ficasse preta (Latour, 2000, p.39).

As controvérsias se tornam reveladoras porque na medida em que a construção de um conhecimento científico caminha, a comunidade envolvida expõe diferentes perspectivas sobre determinados achados. Durante esse processo de fechamento das caixas, no andamento dos debates e controvér-

sias, as afirmações dos cientistas são gradativamente compreendidas como fatos ou são negadas enquanto tais (Latour, 2000).

Um enunciado torna-se fato científico na medida em que ele é progressivamente afastado de suas condições de produção, são deixadas de lado as circunstâncias e contextualizações. Devido a sua aceitação por outros cientistas, o fato se torna uma referência imprescindível para toda a produção científica sobre o tema e tornam-se desnecessários maiores esclarecimentos sobre ele (Latour, 2000).

Percebe-se, assim, que um fato científico não é fato, mas torna-se fato coletivamente por meio do processo de apropriações do enunciado pela comunidade acadêmica:

Um fato é algo que é retirado do centro das controvérsias e coletivamente estabilizado quando a atividade dos textos posteriores não consiste apenas em crítica ou deformação, mas também em ratificação (Latour, 2000, p.72).

Esta compreensão da construção coletiva do fato científico é importante para a análise ética. As controvérsias e o processo de sedimentação delas representam um período no qual os enunciados ainda não se constituem enquanto fatos que prescindem de explicações. É neste íterim que os cientistas nos oferecem um rico material para compreender os objetos científicos ainda em construção. Em seus debates, na medida em que encaminham as afirmações dos outros na direção do fato ou da ficção, os cientistas instrumentam nossas análises sobre o conhecimento científico que constroem:

em outras palavras, quando olhamos a controvérsia mais de perto, metade do trabalho de interpretação das razões que estão por trás da crença já está feita! (Latour, 2000, p.47).

É este deslocar de olhos a proposta desta análise. Para compreender o discurso científico a respeito da nanotecnologia é preciso visualizar não apenas a face grandiosa da ciência que sabe, mas perceber também a outra face que (ainda) não sabe. De fato, a análise do discurso científico sobre a nanotecnologia só se apresenta em todo seu potencial como ferramenta de análise ética

quando se compreende que a construção de fatos e dispositivos tecnocientíficos é um processo coletivo que está em andamento na nanotecnologia.

A construção do conhecimento científico é um processo coletivo porque há, na discussão, a necessidade de lançar mão de outros recursos para fechar uma caixa-preta. São utilizados outros experimentos e protocolos para transformar uma opinião em fato. Quanto mais discordância há sobre um ponto, quanto menos estabelecida uma área se apresentar para a comunidade científica, mais recursos devem ser arregimentados para demonstrar sua factualidade. Percebe-se, assim, que quanto maior a discordância em torno de um ponto, mais referências são arroladas e mais científica torna-se a literatura (Latour, 2000).

Essa construção de uma *fortaleza* em torno dos objetos científicos é necessária para tornar mais difícil a tarefa de questioná-los. A estrutura da literatura científica é constituída não somente para demonstrar um fato, mas para mobilizar aliados. Quem quiser discordar de um fato científico relatado em artigo repleto de citações, deverá haver-se com toda a bibliografia instrumentada (Latour, 2000).

Assim, entrar em contato com a literatura científica

não significa deixar a retórica e entrar no reino tranquilo da razão pura. Significa que a retórica se aqueceu tanto ou ainda está tão ativa, que é preciso buscar muito mais reforços para manter a chama dos debates (Latour, 2000, p.55).

É esta perspectiva que sugere que a produção sobre determinado tema científico é um termômetro de suas controvérsias. Uma produção científica crescente sobre determinado tema nos diz que ainda são vivas as controvérsias, que a caixa-preta ainda não foi selada.

Desta maneira, a análise ética da nanotecnologia aqui empreendida não dialoga apenas com análises anteriores. Para compreender porque a nanotecnologia se constitui em uma questão de interesse (Latour, 2004a) para a bioética, o estudo aborda o recente fenômeno tecnocientífico a partir de suas fontes mais estimadas, os artigos científicos. Baseada na concepção da nanotecnologia como objeto híbrido (Latour, 1994), cujas dimensões naturais, sociais e discursivas são constitutivas e indissociáveis, é realizada

uma leitura crítica dos artigos sobre o tema publicados na revista *Science* no período de janeiro de 2000 a junho de 2012.

Identificando as concepções, os fatores científicos e contextos determinantes para a construção do discurso científico sobre nanotecnologia, discute-se a maneira como estes fatores se relacionam com a dimensão moral da nanotecnologia.

(Página deixada propositadamente em branco)

O QUE HÁ DE NOVO, AFINAL?

ANÁLISE DE RESULTADOS

A bioética ao tomar a nanotecnologia como objeto de análise enfrenta, já de partida, o fato de que os conceitos e as futuras aplicações relacionadas à nanotecnologia ainda não estão plenamente estabelecidos. Este cenário, considerado muitas vezes desfavorável à análise ética, é, no entanto, aquele que se apresenta à apreciação no momento.

Embora se argumente que uma melhor e mais precisa classificação e conceituação da nanotecnologia, de suas propriedades e seus dispositivos, no lugar da atual definição amorfa e de tão amplo espectro, seja mais desejável para fins educacionais e regulatórios, os impactos da nanotecnologia no setor produtivo já se fazem sentir. A reflexão ética, portanto, é uma necessidade presente e não futura.

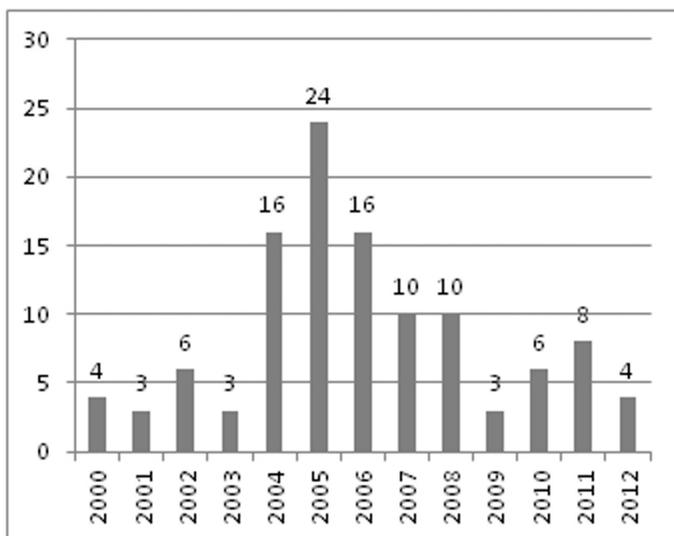
A demanda por este tipo de reflexão em um contexto em que os conceitos científicos sobre a nanotecnologia ainda não parecem plenamente sedimentados impele à busca por alternativas à mera especulação. Em vez de escolher forçosamente definições precárias sobre o que vem a ser a nanotecnologia e seus possíveis efeitos, ou, ainda, esperar por um cenário mais bem estabelecido para começar, a análise moral pode partir justamente do debate científico ainda em curso sobre a nanotecnologia. Convém, para isso, abordá-lo por meio de seus meios de divulgação de maior prestígio; analisar, portanto, diretamente os artigos científicos sobre a temática. Assim, aquilo que se apresentava à primeira vista como fator complicador - o processo ainda em curso de construção da nanotecnologia - revela ao menos uma vantagem enquanto objeto: o fato de que o discurso científico sobre temáticas ainda em desenvolvimento demonstra mais claramente suas controvérsias.

Neste capítulo, abordando a nanotecnologia como um campo em construção, o estudo é empreendido a partir da análise dos artigos científicos sobre o tema. Como resultado, revela-se que, dentre as oposições narrativas ainda correntes, é justamente a controvérsia acerca da potencial alteração da condição humana, anunciada pela nanotecnologia, que se consitui como foco das questões de interesse para a bioética.

1. INDÍCIOS DE UMA CIÊNCIA EM CONSTRUÇÃO

A nanotecnologia tem controvérsias vivas e ainda se apresenta em processo de construção. Isto é o que se apreende do presente estudo. A análise da literatura científica sobre nanotecnologia foi realizada por meio da leitura crítica dos 113 artigos sobre o tema publicados na revista *Science* no período de janeiro de 2000 a junho de 2012.

Figura 2. Artigos científicos sobre nanotecnologia publicados por ano



A publicação sobre o tema apresenta uma tendência crescente a partir de 2000 e atinge um pico no ano de 2005. Este ritmo da produção científica sobre o tema na revista *Science* (ver figura 2), no entanto, não corresponde

ao padrão de crescimento quase-exponencial da literatura mundial (ver figura 1) sobre nanotecnologia (Roco, 2011).

Para compreender esta aparente divergência, é de especial ajuda a abordagem da questão a partir dos mecanismos envolvidos no fechamento das caixas-pretas da ciência, conforme descritos por Latour (2004a).

O perfil editorial da revista *Science*, importante veículo de divulgação para um público amplo de pesquisadores e cientistas, pode ser uma das possíveis razões para a aparente queda da expressividade da publicação sobre nanotecnologia. Periódicos de grande prestígio, como a revista *Science* e a *Nature*, para manter o impacto, privilegiam tópicos inovadores e de grande repercussão. Por isso, na medida em que a nanotecnologia deixou de ser a última novidade no panorama científico, ela passou a dar lugar a outras pautas na revista (Lawrence, 2003).

Esta explicação, no entanto, não dá conta por si só da complexidade da construção coletiva da nanotecnologia enquanto área científica.

Outra provável explicação para este decréscimo na publicação pode ser encontrada nos três estágios de desenvolvimento da nanotecnologia, segundo Bhattacharyya et al. (2009). Os autores delineiam o desenvolvimento da nanotecnologia a partir de padrões de convergências marcados por três momentos. O momento inicial, quando a nanotecnologia entra em evidência no contexto científico, é marcado pela convergência de áreas básicas como biologia, física e informática para o delineamento da nanotecnologia como novo campo. Posteriormente, os conhecimentos e práticas nanotecnocientíficos são absorvidos pelos mais diversos campos a partir da convergência de tecnologias. Por fim, surgem novos campos científicos fundamentados na integração entre leis que regem o comportamento da matéria em nanoescala, princípios biológicos e tecnologias da informação.

Assim, o mais provável não é a diminuição no ritmo de publicação sobre o tema na revista, mas, sim, a apropriação de técnicas e materiais nanotecnológicos por outras áreas. Devido ao fato da busca eletrônica na revista não poder ser realizada por descritores e somente por palavras no título e resumo, o crescimento da prática científica relacionada à nanotecnologia parece diminuir, quando na verdade o que provavelmente ocorre é sua acentuada incorporação nas rotinas de pesquisas de outras áreas, perdendo, porém, o papel de destaque do título. Este resultado vai ao encontro da previsão de crescimento e apropriação da disciplina em diferentes áreas conforme colocado por Roco (2011).

De alguma forma, os cenários previstos por Bhattacharyya et al. (2009) e Roco (2011) coincidem com a descrição de uma ciência em construção, ou seja, o decréscimo representa uma apropriação por outras áreas afins, as controvérsias diminuem, a aceitação aumenta e aos poucos a nanotecnologia e seu saber-fazer se estabelecem como fatos científicos.

No entanto, o padrão de publicação da revista *Science* sobre o tema não nos revela somente a apropriação da nanotecnologia por outras áreas, mas também - como nos indica Latour (2000) - serve de indicador das controvérsias sobre a nanotecnologia.

O pico de publicação em 2005 reflete um momento de intensa discussão mundial sobre as projeções e estratégias de desenvolvimento da nanotecnologia e suas implicações éticas, fato que repercutiu em posteriores debates institucionais e relatórios oficiais (UNESCO, 2006; CEST, 2006; NRC, 2006). Este panorama das controvérsias é percebido também devido a abordagem mais frequente de preocupações éticas entre os artigos produzidos no período de 2004 a 2007.

Outros achados desta análise corroboram a compreensão da nanotecnologia como uma área de conhecimento em construção. Além da tendência de apropriação por parte de outros ramos, o tipo de autoria dos artigos também reflete a construção - ainda em curso - do conhecimento científico na área. Desta forma, embora a nanotecnologia comece a tomar um papel importante no cotidiano das práticas científicas, conforme anteriormente mencionado, ao intitular ou resumir seu artigo, os pesquisadores progressivamente passam a dar preferência a termos mais específicos, como nanotubos (Sfeir et al., 2004), nanopartículas (Stanley et al., 2012), nanoestruturas (Arslan et al., 2005), nanofios (Reches, Gazid, 2003), etc.

Os jornalistas científicos, no entanto, que visam relatar temas mais abrangentes do contexto científico global ou apresentar e comentar artigos da própria revista, utilizam com maior frequência o termo nanotecnologia como uma estratégia para atingir mais amplamente o público acadêmico diversificado da revista. Por este motivo, a busca, conforme realizada, usando o termo nanotecnologia, resultou em artigos que em sua maior parte têm a autoria de jornalistas científicos.

Ao privilegiar a especificidade terminológica, por meio de palavras como nanotubos de carbono (Foroughi et al., 2011), nanopartículas inorgânicas (Liu et al., 2010), origami de DNA (Han et al., 2011), os pesquisadores continuam falando sobre nanotecnologia, mas falam a um público mais restri-

to, com objeções mais controláveis do que o público amplo. A fala se torna mais técnica à medida que deseja atingir apenas os pares.

Os jornalistas, no entanto, ao utilizar termos mais genéricos aumentam o número de leitores, mas oferecem uma menor quantidade de informações qualificadas que poderiam alimentar as controvérsias.

Uma inferência importante deste achado é que, além da escolha do meio utilizado e de arregimentar a bibliografia correta para evitar as objeções e fortalecer os próprios enunciados, outra forma de fortalecer um fato científico é uma criteriosa seleção do título e dos termos técnicos utilizados com o intuito de determinar o leitor-alvo. Ao utilizar termos mais específicos, portanto, os cientistas não somente determinam como os seus artigos devem ser lidos, mas também por quem (Latour, 2000).

Esta opacidade seletiva é proposital, pois permite aos jornalistas ter a função de divulgação dos aspectos positivos, mas diminui a possibilidade e a eficácia de críticas leigas. O artigo científico, “o mais importante e menos estudado dos veículos retóricos” (Latour, 2000, p.55), é cercado por uma fortaleza de referências e por uma linguagem hermética que o defendem de objeções. Quanto melhor esta barreira, mais fechada se torna a caixa-preta, ou seja, o conhecimento ou artefato se encaminha na direção de tornar-se fato científico. Quanto mais se lança mão de referências e termos técnicos, mais se tenta reforçar a ‘face que sabe’ e menos se revela ao público leigo a ‘face que ainda não sabe’ da ciência (Latour, 2000). Esta última só é revelada aos “iniciados” no fazer científico.

Da mesma maneira, os gêneros textuais e abordagens dos artigos também variam. Foram encontrados artigos técnicos, que versavam sobre aspectos científicos da nanotecnologia e que, em geral, possuíam redação técnica; notícias, que reportavam eventos ou acontecimentos pertinentes à nanotecnologia e apresentavam redação descritiva; e ensaios, que versavam sobre o panorama mais amplo da nanotecnologia no cenário de política científica global e tinham um caráter argumentativo.

Mesmo tendo sido, em sua maioria, produzidos pela equipe de escritores e editores (ver figura 3), os artigos majoritariamente apresentaram conteúdo técnico (ver figura 4). Os anos de 2005 e 2006, no entanto, contrariaram esta tendência, e exibiram uma predominância de notícias em detrimento de artigos propriamente técnicos ou ensaios. O aumento do número de notícias tem, inclusive, um caráter determinante no pico de publicação geral no ano de 2005 (ver figura 5).

Figura 3. Número de artigos por área do autor

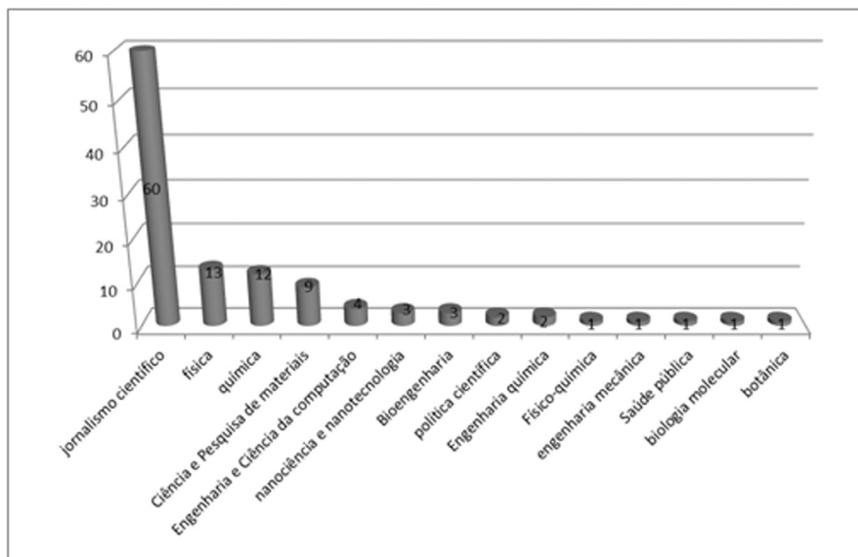


Figura 4. Classificação do gênero textual dos artigos

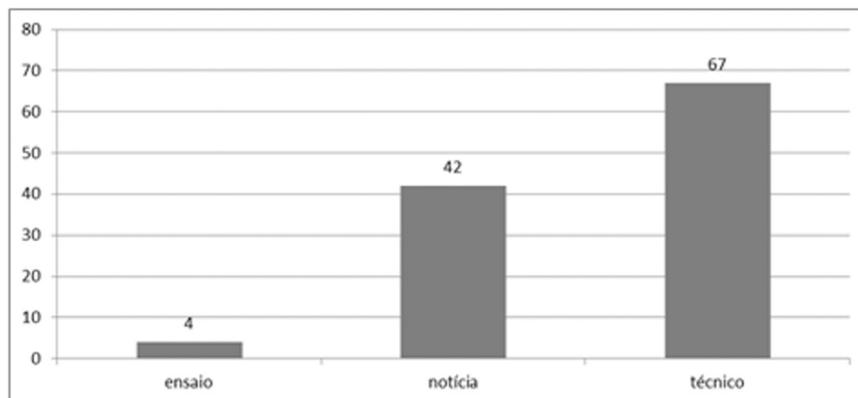
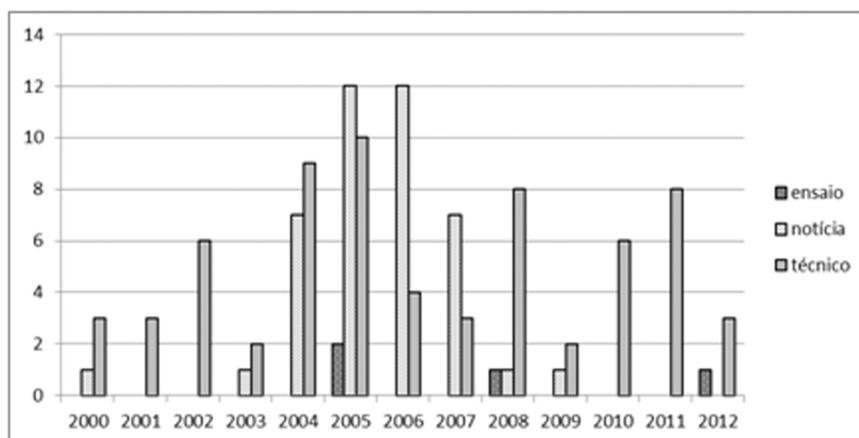


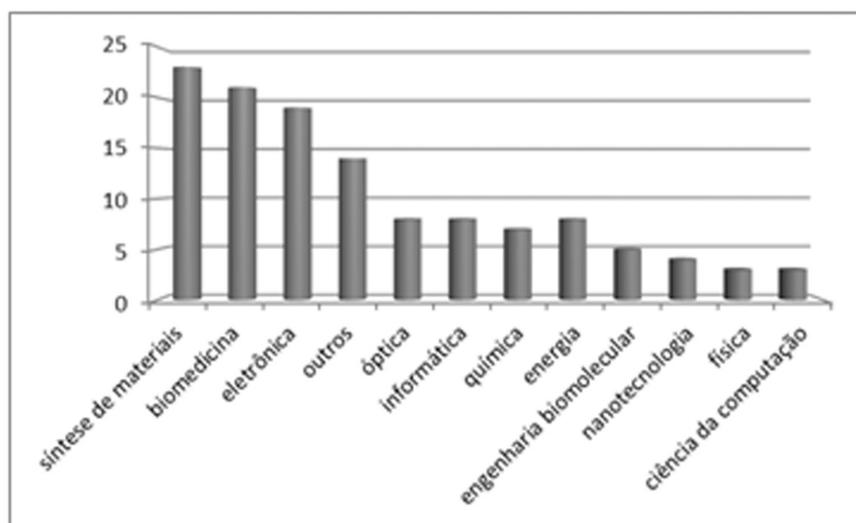
Figura 5. Classificação do gênero textual dos artigos por ano



O pico de publicação nos diz, certamente, sobre a importância da nanotecnologia no panorama científico geral. No entanto, mais especificamente, o fenômeno esteve muito relacionado a fóruns internacionais, concentrados no período, a respeito do futuro desenvolvimento da nanotecnologia e de suas possíveis implicações éticas. Organismos internacionais e a publicação científica da época davam sinais bastante visíveis, por meio da intensidade de produção científica e da discussão em curso sobre as facetas ainda incertas do conhecimento científico, de que o campo ainda está em processo de construção, pleno de incertezas e controvérsias conforme postula Latour (2000).

Como campo tecnocientífico em construção, a nanotecnologia precisa mostrar a que veio, demonstrar continuamente sua importância para o ambiente acadêmico e sua utilidade para a sociedade. Por isso, os artigos não se limitam a apresentar os resultados atingidos pelas pesquisas que descrevem: 63% deles apontam possíveis aplicações para a nanotecnologia (ver figura 6). Alguns dos artigos o fazem de forma bastante genérica, afirmando que a nanotecnologia implicaria em mudanças em campos tão diversos quanto a medicina e a indústria bélica (Bohannon, 2005), enquanto outros descreveram produtos e aplicações mais específicas, como novos tipos de semicondutores (Cho, 2006), ou filmes para células fotovoltaicas (Lewis, 2007).

Figura 6. Áreas de aplicação nanotecnológica



A maior parte dos artigos, independentemente da área da pesquisa, vislumbrava aplicações relacionadas à síntese de novos materiais. Algumas descrições eram mais precisas e relatavam estudos sobre nanotubos de carbono (Baughman, 2000; Service, 2000; Dresselhaus, 2001; Gogotsi, Simon, 2011), nanotubos de DNA (Yin et al., 2008), nanopartículas metálicas (Buriak, 2004; Service, 2005a; Schliehe et al., 2010), nanocápsulas cristalinas (Buriak, 2004), por exemplo; outras abordavam um panorama mais amplo sobre a possibilidade de produzir novos materiais a partir da manipulação nos níveis atômico e molecular (Besenbacher, Norskov, 2000; Service, 2002; Parak, 2011, Lai et al., 2012).

Destacaram-se, ainda, as aplicações biomédicas, voltadas para diagnóstico por imagens, liberação controlada de medicamentos (Suresh, 2001; Dzenis, 2004; Marshall, 2005; Walt, 2005, Lavine, 2005a, Van den Heuvel, Dekker; 2007, Aldaye et al., 2008; Ray, 2010; Brongersma, Shalaev, 2010; Service, 2011; Thodey, Smolke, 2011; Stanley et al., 2012). No entanto, a tônica foi o uso da nanotecnologia na terapia do câncer (Kaiser, 2004; Service, 2004a; Service, 2005b; Walt, 2005; Lavine, 2005b; Holden, 2009; Brongersma, Shalaev, 2010; Service, 2011). Tanto a nanotecnologia, quanto o câncer, neste caso, foram tomados em suas acepções mais genéricas. Este tipo de abordagem remete ao caráter simbólico da nanotecnologia, como a tecnologia que resolverá todos os problemas antes insolúveis e o câncer como esta doença

metáfora (Sontag, 1984) que representa a morte e o incontrolável a serem combatidos pela ciência.

Foram ainda bastante mencionadas as áreas de eletrônica e informática, principalmente com a produção de semicondutores e avanços na capacidade de armazenamento dos dispositivos (Dresselhaus, 2001; Niemeyer, 2002; Service, 2003; Watson, 2004; Korgel, 2005; Szuromi, 2006; Burton, 2007; Aldaye et al., 2008; Schliehe et al., 2010; Jacob, Shalaev, 2011; Batson, 2012).

A óptica também foi apontada como uma possível área de aplicação devido aos avanços relativos à produção de metamateriais, materiais de síntese artificial que se destacam por apresentar propriedades antes impossíveis como a invisibilidade, por exemplo (Shalaev, 2008; Soukoulis, Wegener, 2010; Traveset, 2011). A química também teve destaque devido aos avanços no campo da catálise (Dzenis, 2004; Aldaye et al., 2008; Brongersma, Shalaev., 2010; Traveset, 2011).

Por seu perfil tecnocientífico, a nanotecnologia apresenta-se como um saber-fazer e não como mero objeto de conhecimento abstrato. Desta maneira, justifica-se a necessidade sentida pelos autores de demonstrar uma utilidade do conhecimento, independente do estágio da pesquisa relatada. Esta tentativa de delinear aplicações para as descobertas e resultados científicos consiste naquilo que Pottage (2007) chama de ciência ficcional e é comumente caracterizada por descompassos significativos entre aquilo que se relata como resultado científico das pesquisas e as aplicações anunciadas.

Entre os artigos analisados, estas tentativas de predição foram mais frequentes para aplicações eletrônicas e biomédicas, ainda que se expressem de forma diversa. Em ambas as áreas, os autores demonstraram grande excitação com os avanços. No entanto, nos artigos da área biomédica, a dimensão especulativa parece mais intensa, pois as aplicações são descritas de forma mais genérica e de menor proximidade empírica com os resultados e dados apresentados pelas pesquisas, conforme observa-se no trecho abaixo.

A ciência dos materiais extremamente pequenos tem o potencial de revolucionar o diagnóstico laboratorial e por imagem e o tratamento do câncer e pode finalmente inaugurar a tão aguardada era de medicina personalizada. Diferentemente de anteriores revoluções que criaram esperanças na batalha contra o câncer, a nanotecnologia não é apenas mais uma ferramenta, mas um campo inteiro que perpassará tudo na medicina. (...) Existem milhares de tipos de partículas

e muitos tipos de carreadores. O que vemos é só a ponta do iceberg (Service, 2005b, p.1134).

Já na área de eletrônica, os artigos tratam principalmente de esforços para superar ou evitar efeitos físicos indesejados decorrentes da manipulação nanoescalar dos dispositivos. Nesta área, os pesquisadores costumam especular a respeito de quais campos seriam impactados pelos resultados específicos de seus estudos. Ainda que sejam costumeiros os anúncios do caráter fantástico das inovações que estão por vir, há sempre uma espécie de “volta à realidade”, quando se afirma que ainda é preciso avançar em muitos outros aspectos para que suas projeções se concretizem:

É um consenso que encontrar algumas aplicações-chave seria fundamental para transformar visões em realidade. (...) Os pesquisadores não podem ainda dizer quais aplicações seriam essas – talvez algo tão simples como pequenas bobinas para a eletrônica – mas a maioria deles está confiante de que as aplicações aparecerão. A história desta tecnologia, segundo os cientistas, apenas começa a se desenrolar (Cho, 2006, p.165).

Assim, apesar de indicar rupturas e promissores indícios de aplicações revolucionárias, é comum um recuo:

Apesar dos significativos progressos recentes no processo de modificação e controle [na produção de nanotubos de carbono], permanecem ainda sérios desafios (Dzenis, 2004, p.1918).

Este tipo de especulação faz parte da atividade científica bem como esta espécie de modéstia que aponta as dificuldades ainda a superar. Este movimento de vislumbre com um recuo modesto também é um indício importante de que a nanotecnologia ainda é um saber-fazer em construção, que ainda tenta estabelecer-se enquanto campo tecnocientífico. Diante da incerteza, é preciso ser audaz e modesto. Este é o ofício da face jovem da ciência, como ensina Latour (2000).

Estes aspectos da nanotecnologia em construção oferecem ferramentas novas para instrumentar a análise ética. Relatam como são construídas as

questões de interesse para a bioética. Assim, a leitura dos artigos científicos como veículos retóricos revela uma nova face da ciência e os mecanismos dos quais lança mão para se estabelecer.

Um destes mecanismos é a cuidadosa escolha dos termos. Tanto é assim que a pesquisa do termo mais genérico “nanotecnologia” resulta em artigos de maior alcance, mas com menos informações específicas, pois o termo nanotecnologia permite a visão de um panorama mais amplo, mas difícil, ao menos à primeira vista, a identificação mais precisa das possíveis implicações éticas das aplicações nanotecnológicas.

Este aspecto tem grande importância, já que um obstáculo comum enfrentado nas análises éticas é o frequente questionamento/desautorização dos argumentos dos bioeticistas por parte dos cientistas. De fato, é preciso muito esforço para que uma análise ética de uma nova tecnologia não seja criticada por uma imprecisão ou simplificação em relação aos *atos científicos*. Esta crítica, porém, é de alguma forma premeditada. É a própria literatura científica em sua estrutura que cria esta segregação. Neste sentido, segundo Latour (2000), a literatura científica não se distingue das demais por ser mais racional ou técnica, mas porque sua retórica constrói um maior número de reforços em torno de si, de forma a determinar mais eficientemente seu público alvo e minar as possibilidades de críticas.

É aqui que a leitura e a análise do discurso científico diretamente de suas fontes revelam sua importância: não porque dos fatos científicos, tal como relatados, emergirão seus aspectos morais, mas porque trazem à tona a escolha dos termos, o mecanismo de construção dos fatos científicos, as associações realizadas para que eles sejam estabelecidos. A análise do discurso, portanto, revela aquilo que a face severa da ciência tem por intenção tornar opaco ao público leigo: as controvérsias (Latour, 2000).

2. A ESCOLHA DOS TERMOS NO DISCURSO CIENTÍFICO

Até este ponto, foi argumentado como as controvérsias animam a produção científica e como uma intensa produção pode ser vista como um indício de controvérsias e debates ainda vivos sobre o tema. No entanto, mais do que pela produção crescente, propriamente, as controvérsias se tornam evidentes por meio dos termos utilizados nos artigos. A escolha dos termos reflete

uma escolha do público alvo, conforme visto, mas também a necessidade de convencer mais do que simplesmente divulgar.

A leitura dos artigos permite visualizar que mais do que divulgar resultados, o discurso científico menciona aplicações que são *imaginadas* (Cho, 2006; Van den Heuvel, Dekker; 2007; Shalaev, 2008; Brongersma, Shalaev, 2010; Liu, Yan, 2009; Service, 2011), *desejadas* (Shalaev, 2008; Service, 2011), *esperadas* (Service, 2005c; Bhattacharjee, 2006; Cho, 2006; Service, 2008). A antecipação, portanto, das potenciais implicações é mais do que um exercício de previsão; é uma forma de convencer e seduzir o leitor (Sadin, 2011) a partir do futuro *promissor* (Dresselhaus, 2001; Hopkins et al., 2005; Service, 2006; Aldaye et al., 2008; Tang et al., 2008; Shalaev, 2008; Brongersma, Shalaev, 2010; Schliehe et al., 2010; Thodey, Smolke, 2011; Jacob, Shalaev, 2011; Hamburg, 2012) da nanotecnologia.

A previsão não concerne apenas às potenciais aplicações. De forma mais ampla, atualmente, prever é a tarefa científica por excelência; constitui o próprio motor da ciência e da nanotecnologia, especificamente. Nesta perspectiva, o mote do conhecimento tecnocientífico, em mais diversos campos, é a antecipação. O conhecimento científico tem por objetivo diagnosticar previamente uma situação, para ser capaz de mudar este mesmo diagnóstico. Instaura-se uma necessidade perene de prevenção e ao mesmo tempo de controle científico da realidade (Sadin, 2011). A nanotecnologia, conforme anunciada, representaria o auge deste intuito. O controle das estruturas químicas possibilitariam o aumento da *performance* dos dispositivos e produtos de quase todas as áreas da indústria tecnológica (Kuhlbusch et al., 2011). A antecipação da nanotecnologia seria, portanto, dupla: busca-se prever quais serão as aplicações que diagnosticarão o futuro de quase todas as atividades humanas, para que estas possam ser continuamente transformadas.

O quadro delineado evidencia, portanto, a necessidade de um esforço para que a análise ética não parta de uma compreensão parcial ou de uma aceitação ingênua de todos os enunciados científicos (Sadin, 2011).

Conforme já dito, a antecipação da potencialidade da nanotecnologia não é descrita somente para revelar o quanto ela é *promissora e revolucionária* (Aldaye et al., 2008). Os mesmos relatos descrevem a *felicidade* dos pesquisadores (Proffitt, 2004), sua *empolgação* (Cho, 2006; Aldaye et al., 2008, Shalaev, 2008; Brongersma, Shalaev, 2010; Boltasseva, Atwater, 2011; Hamburg, 2012) e seu *fascínio* (Dzenis, 2004; Shalaev, 2008; Parak, 2011) pela

performance (Osborne, Clery, 2004; Ruiz et al., 2008; Brongersma, Shalaev, 2010), pela *beleza* (Murphy, 2002; Cho, 2006; Schliehe et al., 2010; Service, 2011) e *perfeição* (Forró, 2000; Siegel, 2004; Ruiz et al., 2008; Lai et al., 2012) de seus resultados. A descrição da nanotecnologia desta forma entusiasta não é sem propósito e reforça a capacidade que o discurso científico tem de revelar ou ocultar algum aspecto de sua atividade para o público em geral (Latour, 2000).

A eficiência histórica do discurso científico em seletivamente ocultar sua ‘face que ainda não sabe’ (Latour, 2000) é tão grande que é possível experimentar um estranhamento ao encarar o léxico utilizado nos artigos científicos sobre a nanotecnologia. A quantidade de adjetivos e expressões valorativas parece incompatível com a objetividade científica esperada de um veículo como a *Science* (ver quadro 1). Esta impressão decorre justamente do fato de que frequentemente não nos damos conta das duas faces da ciência, ou seja, os adjetivos parecem estranhos porque não são característicos da face severa e sedimentada da ciência, mas são fundamentais na sua face em construção. E o são porque os fatos científicos são uma construção coletiva que se dá por captação de aliados (Latour, 2000).

Quadro 1. Categorização dos termos valorativos não-cognitivos sobre a nanotecnologia

Inovação	Aprendemos recentemente, começo, descoberto recentemente, estágio inicial, inovação, inovador, inovativo, moda, mudança paradigmática, muito cedo, mutante, nova tecnologia, novas abordagens, novas formas de aplicação, novas oportunidades, novas possibilidades, novas propriedades, novas propriedades e funções, novo, novo desafio, novo mundo, novos materiais, oportunidade, próxima grande novidade, recente, revolução, revolucionar, revolucionária, revolucionou, revoluções científicas abortivas, ruptura
Singularidade	Exótica, propriedades únicas, sem análogo, sem precedentes, singular, única, vantagens únicas

Controle	À vontade, altamente organizado, combinar precisamente, controlado, controlado precisamente, controláveis, controle, controle preciso da estrutura da matéria, controle sobre conformação e função, <i>design</i> racional, estruturas <i>a la carte</i> , intencionalmente estruturado, lugar correto, modelar, modelados, objetos construídos precisamente, ordenado, organização, perímetros programáveis, posição precisamente conhecida, posicionamento preciso, posicionar precisamente, precisamente geométricos, precisão, precisão sem precedentes, preciso
Dimensão	Menor, minúscula, pequeno, ultrapequeno
Importância	Área prioritária, chave, enorme valor, especializado, essencial, grandes retornos, importância crescente, importante, informação essencial, investimento estratégico, muito importante, prioridade, quente, tópico mais importante
Diversidade e abrangência	Ampla gama, caixa de ferramentas, de muitas aplicações, disponível, diversas, diversas aplicações, diversidade notável, estoque impressionante, flexível, infinidade, mundial, perpassar tudo na medicina, propriedades notavelmente, propriedades químicas drasticamente diferentes, tecnologia flexível, toca cada aspecto humano do mundo em torno de nós, vastas aplicações, versátil
Complexidade	Complexa, complexidade, complexidade crescente, complexo, detalhamento sem precedente, impressionantemente complexos, interações complexas, nível de complexidade tocante
Sensação	Belo, belos resultados, bonito, cada vez mais sofisticada, elegância, elegante, escultura moderna, graça, harmonizar, mais sofisticada, ornada, requintado, sofisticada
Perfeição	Atomicamente perfeito, forma perfeita, levados a perfeição, livre de defeitos, material ideal, perfeição

Natureza	Aprende da natureza, casar nanotecnologia e biologia, descobrir segredos do mundo natural, imitar, imitar biocomponentes, mimetizar segredos do mundo natural, não se compara à natureza, não encontrado na natureza, não-farmacológico, não-invasivo, natureza incomparável, simular, sintético
Evolução	Avanço, começa a deixar a infância, conquista, desenvolvimento, emergente, explodindo, fronteira em expansão, fronteiras, limites, mudança dramática, nova geração, progresso, rápida expansão, sucesso, superar, tecnologia emergente, urgente
Performance	Alta performance, alta tecnologia, alta resolução, confiável, eficiente, espontâneo, excelência, excelente, excelentes propriedades, exigente, exponencialmente mais rápida, extraordinária qualidade, extremamente leve, incrementar, indestrutível, invisível, mais barata, mais eficiente, mais fácil, mais forte, mais rápida, mais sensíveis, melhor performance, melhorada, melhorar, muito bons, otimizar, rápida, rigidez, riqueza, robusta, tecnologia de ponta, tecnologia inteligente, ultrarrápida, uniformidade
Simplicidade	Mais simples, regras simples, simples, simples de calcular e prever, simplificada, tecnologia relativamente simples
Fascínio	Atrativo, empolgante, empolgados, espantoso, excitação, extraordinária, fascinante, fascinantes, impressionado, impressionante, incrível, interessante, interesse crescente, intrigantes, maravilhas, maravilhoso, propriedades maravilhosas, propriedades notáveis, notável, propriedades valiosas, vantagem, vantajoso, poderoso
Cientistas	Contentes, Moisés, pai
Realidade	Aplicações na vida real, aproveitado anteriormente sem saber o porquê, cotidiana, falta de utilidade, fronteira entre ciência e ação, inútil, mais perto da vida prática, possível realidade, útil

Risco	Ameaça, arrepiante, arriscado, desconhecido, descontrolado, desordem, falta de efetividade em garantir a segurança da nanotecnologia, fora de controle, imprevisível, incerteza, inesperado, lado escuro, levanta questões científicas de longo prazo, mais tóxicos, medo, perguntas abertas, precisa ser refinado, perigo, perigoso, potenciais problemas, preocupação, preocupados, riscos, riscos, sem novos riscos
Potencialidade	Aguardar ansiosamente, além do imaginável, ambicioso, antecipar, avanços futuros, confiante, cuidado otimista, desafiadora, desafio, desejado, desejar, encorajador, espera, esperado, esperam, esperança, futuras aplicações, futuro, grande potencial, imagem, imaginação, imaginar, mais promissor, moldar o futuro, ousado, potencial, prever, promessa, promessa para o futuro, promete, promissor, sonhado, sonho, transformadora, transformará radicalmente produtos e serviços, tremendas promessas, tremendo potencial, visão
Implausibilidade	Aficionados, altamente improváveis, artigos alarmistas, cenários improváveis, futurístico, grey goo, implausível, improvável, irreal, megahype, tecnofílico, visionários

Do ponto de vista da análise em curso, de forma contraintuitiva, os juízos não observáveis, os aspectos menos objetivos dos artigos científicos não são uma informação descartável. Ao contrário, as expressões valorativas demonstram-se essenciais para evidenciar os polos da discussão e explicitar a forma com que os elementos das controvérsias são arranjados para a arregimentação de aliados dentro da comunidade científica (Latour, 2000).

Desta forma, valorações e apreciações não objetivas são medidas importantes das controvérsias. Representam, talvez, seu indício mais significativo porque revelam a literatura científica em sua atividade retórica, em seus mecanismos de arregimentação e sedução (Latour, 2000).

A partir deste prisma, a leitura dos artigos e das expressões valorativas a respeito da nanotecnologia veiculados pela revista *Science*, detalhadas no quadro 1, nos conduz a uma compreensão da nanotecnologia como sendo uma tecnologia nova, de caráter único e revolucionário, baseada no controle preciso dos dispositivos sobre os quais intervém e nas novas e diversas propriedades derivadas desta manipulação. Sendo de alta *performance* e tendo caráter estratégico, a nanotecnologia produz estruturas complexas, referidas como belas e perfeitas, e que têm como parâmetros as disposições naturalmente complexas encontradas no ambiente. Por isso, a possibilidade de a nanotecnologia alterar a vida cotidiana e ser usada nas mais diversas áreas causa excitação e fascínio na comunidade científica. Apesar das questões científicas de longo prazo a serem resolvidas, visões futurísticas ou alarmistas são descritas como cenários implausíveis. A nanotecnologia representa um avanço importante em relação às anteriores tecnologias e pode resultar em técnicas mais simples e mais potentes.

Esta leitura mais abrangente das expressões, no entanto, pode dar uma enganosa impressão de consenso e uniformidade quanto à forma com que a nanotecnologia é encarada pelos cientistas. Na realidade, a análise crítica das categorias revela que a nanotecnologia é descrita de maneiras contraditórias, conforme já notado por Sparrow (2007). Estas contradições e controvérsias são trabalhadas a seguir.

3. AS CONTROVÉRSIAS

É importante notar que as divergências no âmbito da nanotecnologia não se limitam a conclusões deste ou daquele tipo de análise da literatura sobre o tema. Os próprios pesquisadores da área, por exemplo, relatam em seus artigos as já mencionadas controvérsias entre as propostas de Drexler e do *mainstream* da pesquisa na nanotecnologia (Keiper, 2007).

Na leitura dos artigos da *Science*, a falta de consenso quanto a descrições e valorações sobre a nanotecnologia e seus derivados também se faz notar. A nanotecnologia ora é descrita como algo extremamente preciso e controlado, ora é caracterizada a partir da sua imprevisibilidade. Esta e outras controvérsias e oposições nos trazem informações importantes não somente sobre a construção do conhecimento científico em nanotecnologia, mas também sobre a dimensão moral da nanotecnologia.

3. 1. *Simplicidade X complexidade*

Nos artigos estudados, a nanotecnologia é muitas vezes apresentada como uma tecnologia simples. A simplicidade da nanotecnologia e de seus produtos parece provocar certo fascínio nos autores que assim a descrevem. O entusiasmo em torno da simplicidade deriva, em geral, da expectativa por uma ampliada capacidade de controle e previsão dos comportamentos dos materiais:

[Os nanotubos de carbono] são suficientemente simples para permitir cálculos detalhados e previsões de seu comportamento, e promissores para a nanotecnologia devido a suas propriedades únicas, como seu pequeno diâmetro (de 1 a 2 nm), longo comprimento (muitos nanômetros), grande resistência mecânica, grande estabilidade térmica e química e excelente condução térmica (Dresselhaus, 2001, p.650).

Em outros momentos, no entanto, é a complexidade da estrutura que se torna atrativa.

Este método pode gerar padrões fractais impressionantemente complexos a partir de poucas tiras de DNA (Aldaye et al., 2008, p.1795).

Ainda que, de fato, a tecnologia possa ser utilizada para sintetizar tanto materiais com configurações simples quanto estruturas mais complexas, o que se percebe é que os adjetivos “simples” e “complexo” não vêm desacompanhados. Desta maneira, não servem somente para descrever tecnicamente a estrutura molecular dos compostos, como se poderia esperar de um texto científico. Ao contrário, a extrema simplicidade ou complexidade da nanotecnologia são mobilizadas de forma alternada para impressionar. Da forma como os argumentos são arrançados, a contraposição entre simplicidade e complexidade remete a outra controvérsia, aquela entre controle e risco. Isto porque a habilidade, característica da nanotecnologia, de controlar e prever precisamente a conformação dos materiais leva a encarar a nova tecnologia como algo simples de se monitorar. No entanto, justamente por seu comportamento complexo, esta previsão torna-se difícil e os riscos imprevisíveis (Service, 2004b).

3.2. *Controle X Risco*

O discurso sobre o controle átomo a átomo aborda a capacidade tecnocientífica de atuar com precisão sobre a matéria, trazendo em seu bojo percepções de domínio sobre a técnica e segurança do procedimento realizado. O trecho abaixo exemplifica bem a narrativa sobre o controle, tão cara à nanotecnologia:

Macfarlane et al. demonstram que o uso de fitas simples de DNA como guias serve de estratégia geral para programar a auto-organização de quase todo tipo de nanopartícula em uma variedade de estruturas periódicas diferentes e com extremo controle de propriedades (Travesset, 2011, p.183).

A controvérsia se origina, no entanto, do fato de que este controle preciso tem por finalidade a aquisição de novas propriedades. Isto porque as mesmas inovações, que permitem novos e mais eficientes níveis de intervenção sobre o mundo, trazem ameaças desconhecidas.

Nas palavras de Service,

Os receios têm origem na mesma questão: as propriedades que fazem as nanopartículas tão promissoras – o comportamento diverso quando comparado às formas brutas do mesmo material – também tornam incrivelmente difícil prever os seus potenciais efeitos sobre a saúde e o ambiente (Service, 2004b, p.1732).

O que se percebe, a partir desta oposição, é que o discurso científico sobre a nanotecnologia ressalta as inovações, quando estas se referem às potenciais aplicações derivadas da manipulação em nível nanoescalar, preterindo e minimizando novos riscos delas derivados. Nesta estratégia, porém, a nanotecnologia não apresenta novidades, porque enfatizar o controle e minimizar a incerteza é uma das táticas tradicionais mais utilizadas para reforçar o processo de estabelecimento de um fato científico. Eleger aquilo que se revela e aquilo que se oculta do público é um mecanismo importante, já que a construção do conhecimento científico não depende apenas dos pesquisadores. Esta é um empreendimento coletivo e depende de interesse

e anuência de muitos atores (Latour, 2000). O caráter coletivo deste processo e a necessidade de recrutar aliados para o empreendimento científico não é somente inferido, mas explicitamente argumentado nos artigos. A comparação da nanotecnologia com os OGM e a necessidade de se evitar, por meio do engajamento público, o mesmo rechaço dirigido pela população aos alimentos geneticamente modificados é lugar comum na literatura (Macnaghten, 2010; Ferrari, 2010).

3.3. *Inovação X Evolução*

Outra contradição que revela o caráter seletivo do discurso científico é percebida quando a literatura ora aproxima a nanotecnologia de outras tecnologias, ora a toma como inovadora. Essa contraposição entre inovação e evolução é um indicador importante do processo de construção do conhecimento científico e nem sempre consiste exatamente em uma controvérsia, mas funciona como um mecanismo de sedução.

Com efeito, a nanotecnologia, por vezes, é descrita como uma revolução que, por meio de aplicações baseadas em novas e únicas propriedades dos materiais, transformaria todo o cenário da produção tecnológica de diferentes ramos, como exemplificado nos trechos abaixo:

Esses metamateriais abriram as portas para inúmeras aplicações antes consideradas impossíveis. Não somos mais restritos às respostas eletromagnéticas dos materiais naturais e seus compostos (Shalaev, 2008, p.384).

O alinhamento pode revolucionar as presentes aplicações das nanofibras e ajudar a criar outros usos completamente novos (Dzenis, 2004, p.1817-1818).

Contudo, em outros momentos, a nanotecnologia aparece, mais modestamente, como um novo conjunto de ferramentas para melhorar outras técnicas existentes:

Nós visualizamos que o papel da estruturação química dirigida seja mais aquele de melhorar, aumentar e trazer avanços para a perfor-

mance dos processos litográficos do que o de tentar criar uma tecnologia que os substitua (Ruiz et al., 2008, p.939).

Esta oposição de percepções é operada como um jogo de sedução. Ao mesmo tempo em que se apela à avidez pela inovação, motor tanto do mercado científico quanto do mercado de consumo, o discurso lança mão da garantia e legitimidade de outras tecnologias já testadas e comprovadas cientificamente (Ferrari, 2010). Este é um dos momentos em que a ciência revela mais claramente suas duas faces e o faz propositadamente, revelando ora o extraordinário, ora o banal e conhecido: a face audaz e jovem nos acena com o potencial inovativo da nanotecnologia, suas propriedades únicas e suas possibilidades inéditas; mas, por outro lado, a face que sabe nos assegura que a nanotecnologia não ofereceria nenhum risco novo e não levantaria novas necessidades de análise de toxicidade, porque representa a evolução e a continuidade de outros produtos tecnocientíficos estabelecidos.

3.4. Inovação X Natureza

Operada de maneira similar, encontramos uma oposição entre inovação e natureza. Ao mesmo tempo em que a representação da nanotecnologia apela ao clássico padrão de perfeição e beleza natural para descrever as estruturas criadas pela nanotecnologia, esta se apresenta como uma tecnologia que produz materiais novos. Neste contexto, por vezes a natureza serve de referência para a tecnologia:

Quando uma criança vê um pássaro passar voando ou as esvoaçantes asas de uma borboleta, isso inspira pensamentos sobre como construir aviões? Ou simplesmente transmite a ideia de que voar é possível? Nós estamos imersos no mundo natural, então não é surpreendente que isto inspire o design das estruturas fabricadas ou que desejemos pesquisar mais este mundo para aprender seus segredos (Lavine et al., 2005, p.1131).

Por outro lado, não somente o potencial de transformar a natureza é exaltado, mas muitas vezes, nas metáforas explicativas, a natureza é artificiali-

zada. É a lente da tecnologia que modula nossa visão do natural, reformulando-a desde a concepção:

Grande parte da pesquisa biológica nas últimas décadas permite realizar que a célula viva pode ser vista como uma fábrica em miniatura (Van den Heuvel, Dekker, 2007, p.333).

Este quadro guarda semelhança com as oposições previamente tratadas e nos diz também sobre um pêndulo argumentativo que ora apela para a novidade da tecnologia, ora pretende obter um suporte de segurança oferecida pelos produtos “naturais”.

Em um movimento oscilatório, por um lado é enfatizado o poder do engenho humano:

Os recentes avanços nos métodos de micro e nanofabricação apresentam oportunidades de controlar a luz de maneiras que antes não eram possíveis com os materiais a nós providos pela natureza (Shalaev, 2008, p.384).

Opostamente, em recuo modesto (Latour, 2000), como em um movimento de marés, diante das limitações técnicas, afirma-se que o esforço humano ainda está muito distante da complexidade da natureza:

Usando esta manobra [quebra de ligações covalentes], aprendeu-se a combinar 1000 átomos em quaisquer configurações desejadas. Por mais impressionante que pareça, este nível de complexidade é uma sombra pálida do que a natureza exhibe em torno de nós (Service, 2005d, p.95).

Nesta perspectiva, o poder humano não se compara ao *perfeito controle* natural:

Estes avanços podem sugerir que conquistamos as maiores fronteiras da construção química. Ainda assim, a natureza nos mostra que estamos distantes de seu extremo controle sobre a organização química.

mica, ela possui uma capacidade extraordinária de arranjar complexas nanoestruturas com funções ativas e especializadas (Aldaye et al., 2008, p.1795).

Esta trajetória narrativa de comparação entre natureza e tecnologia, marcada por movimentos de aproximação e distanciamento entre elas, sob um olhar atento, culmina na coincidência entre o artificial e o natural. Este ápice é representado pelas nanopartículas. A construção do argumento sobre as partículas nos conduz a perceber a nanotecnologia como uma antiga conhecida, já utilizada há muito tempo sem ser notada (Suresh, 2001). Afinal, segundo esta narrativa, as nanopartículas já são produzidas pelo homem, mesmo que sem o mesmo nível de controle, desde tempos imemoriais. Na verdade - prossegue o argumento em movimento crescente - as nanopartículas existem na natureza mesmo sem a ação do homem. Resta claro, portanto, que esta naturalização da tecnologia deseja sugerir, perante o público, que as nanotecnologias não oferecem novos riscos sobre nossas vidas, pois elas ofereceriam a segurança dos produtos naturais que já existem desde sempre.

Neste ponto, porém, é importante retomar a diferença entre os materiais nanoestruturados, caracterizados pela intencional e organizada intervenção nanotecnológica, e as nanopartículas, que podem ser produzidas sem a ação humana ou, ao menos, não intencionalmente. Vale ainda lembrar que mesmo as nanopartículas ditas naturais podem ser tóxicas, como cinzas de vulcões, por exemplo (Buzea et al., 2007).

Por este motivo, do ponto de vista ético, é importante diferenciar nanopartícula e nanotecnologia, artefato técnico e a tecnologia: isto porque o discurso, e os interesses envolvidos aqui buscam naturalizar aquilo que é resultado de uma intervenção técnica altamente especializada. As possíveis implicações éticas, portanto, são derivadas de decisões tomadas a partir de discursos e não de olhares desinteressados para artefatos técnicos (Dupuy, 2007).

Esta oposição evidencia uma controvérsia bastante significativa na literatura: a defesa de que a nanotecnologia não apresentaria novos riscos por manipular compostos já existentes, naturais ou artificiais já conhecidos (Proffitt, 2004) é contrastada por alguns relatos de compostos que, por sofrerem nanoestruturação, tornaram-se mais tóxicos (Service, 2004b).

3.5. *Potencialidade X Risco*

A controvérsia entre as potencialidades e os riscos da nanotecnologia retoma uma espécie de mote geral: o discurso científico revela a potencialidade do novo ao mesmo tempo em que oferece a garantia a partir de algo já existente ou natural.

Nesta comparação específica entre potencialidade e riscos, porém, são mobilizados oponentes simbólicos importantes da ciência. A batalha contra o câncer é frequentemente exemplificada, porque representa um cenário em que os esforços são vistos como sendo sempre válidos (Sontag, 1984), acima de todos os riscos.

O câncer representa a desorganização, a incontrolável reprodução de células primitivas, não diferenciadas. Configura a fuga ao inteligente controle genético que dispara os mecanismos de morte programada em células defeituosas. O discurso científico sobre o câncer ecoa na narrativa leiga como uma doença que, por razões desconhecidas, escapa à ordem natural, ao equilíbrio orgânico e que consome o corpo em desorganização. O câncer, entre outras expressões emprestadas da retórica militar, é identificado como um inimigo contra o qual a ciência e a sociedade devem batalhar (Sontag, 1984).

Neste contexto, a nanotecnologia figura como uma arma poderosa, pois é justamente sua proposta de organizar a matéria átomo a átomo que parece oferecer o controle necessário para fazer dela a certa ferramenta para a cura do câncer (Service, 2005a). O caráter simbólico da proposta não poderia ser mais evidente: a nanotecnologia, aliada a áreas como a genética, possibilitaria o total controle sobre os processos orgânicos de forma a finalmente poder combater a desorganização, representada pela reprodução celular descontrolada, do câncer.

Para o discurso científico, diante da possibilidade de, por fim, obter a recompensa por todo o empenho para a cura do câncer, os riscos parecem mínimos:

‘Será muito, muito difícil que uma droga baseada em nanopartículas seja mais tóxica do que as drogas atualmente disponíveis’. Se isto se demonstrar verdadeiro os nanomedicamentos serão, no mínimo, menos danosos do que os atuais meios de combate ao câncer. Mas

se eles funcionarem como previsto, eles devem se mostrar também mais efetivos (Service, 2005a, p.1134).

Assim, os presentes efeitos colaterais são apontados como já tão grandes que não poderiam ser piorados pela nanotecnologia (Service, 2005a). Adicionalmente, devido à urgência do desenvolvimento, a toxicidade dos produtos já conhecidos é tomada como padrão para suas versões nanoestruturadas. Com base na mesma urgência, são desenvolvidos aparelhos e métodos que buscam acelerar o processo de análise a partir de escolhas arbitrárias de materiais, obviamente motivados comercialmente. Frente à impossibilidade de predizer se um composto, ao ser nanoestruturado, oferecerá novos riscos de toxicidade, são propostas abordagens computacionais probabilísticas. Nelas, somente os compostos pensados como os potencialmente mais problemáticos são testados, para que, a partir disso, sejam feitas previsões e projeções sobre outros materiais (Service, 2008).

O que se nota é uma gradação de argumentos e práticas que negligenciam os riscos. Como consequência evidente, este tipo de abordagem possibilita que novos produtos, não pensados inicialmente como tóxicos, entrem em contato com o meio ambiente e com a população e causem severos danos. Não é por outro motivo que se dá a tão frequente comparação entre nanocompostos e o amianto, explorado por tanto tempo e tão amplamente devido ao desconhecimento de sua toxicidade (Seaton, 2006; Service 2004b).

Mais uma vez, uma oposição discursiva é mediada pela intenção de diminuir o medo e aumentar a receptividade pública dos derivados nanotecnológicos. Evitando antigos fantasmas, a nanotecnologia tenta aprender da experiência dos OGM (Moore, 2002; Brumfiel, 2003; Macnaghten, 2010).

3.6. Perfeição X Risco

Este objetivo do discurso científico de tranquilizar a opinião pública também é refletido na apresentação da nanotecnologia enquanto uma ferramenta que cria objetos perfeitos. No entanto, a fala que descreve os especializados métodos de organização e construção de estruturas descritas como complexas, harmoniosas, ornadas e perfeitas (Forró, 2000; Niemeyer, 2002; Buriak, 2004; Arslan et al., 2005; Ruiz et al., 2008; Liu, Yan, 2009; Lai et al., 2012; Service, 2005a) contrasta com aquela de que os métodos ainda não

estão perfeitamente constituídos, e que a nanotecnologia traz riscos e precisa ter seus objetivos e instrumentos melhor estabelecidos e padronizados (Sigel et al., 2002; Bai, 2005; Service, 2005e; Holden, 2007).

Assim, constituindo seu consenso mais amplo, a narrativa científica afirma que um dos maiores atrativos da nanotecnologia seria sua capacidade de produzir estruturas perfeitas:

A estruturação química dos materiais brutos é repleta de imperfeições resultantes de defeitos e desuniformidades inerentes. Os nanocristais, por outro lado, são notáveis por sua perfeição cristalina e comportamento químico controlável (Buriak, 2004, p.692).

No entanto, a aclamada perfeição das estruturas derivadas da nanotecnologia se opõe, de certa maneira, ao discurso que afirma a necessidade de criar padrões e uniformizar diversos aspectos da nanotecnologia, desde nomenclatura a métodos de produção:

O novo método [uso de nanotecnologia para a análise de impressões digitais] pode ser revolucionário para o combate ao crime, diz Antonio Cantu, cientista-forense-chefe do Serviço Secreto norte-americano em Washington, DC. Mas primeiramente o método precisa ser refinado, padronizado e testado nos laboratórios policiais (Holden, 2007, p.1773).

Este é mais um jogo de revelação e ocultação no discurso, marcado por verdadeiras inversões, pois anuncia mais destacadamente a perfeição das estruturas - que é somente um objetivo - como se fosse um dado científico. Por outro lado, a necessidade de padronização - que é uma realidade científica da área - figura como algo secundário e menos importante.

A necessidade de padronização não é a única informação parcialmente revelada nas descrições dos promissores resultados das pesquisas. A nanotecnologia por vezes produz métodos e produtos mais caros (Bohannon, 2005); difíceis de alcançar e mais difíceis de operar (Travasset, 2011), com resultados inesperados (Sigel et al., 2002) e propriedades e consequências desconhecidas (Service, 2004b; Hopkins et al., 2005; Hurlley, Szuromi,

2006). Estes aspectos são bem menos abordados e pormenorizados do que as potenciais aplicações dos nanoderivados.

Esta controvérsia na caracterização da nanotecnologia, que se destacaria por perfeição e controle na produção, mas que não é inteiramente previsível, padronizada e controlada nos resultados, tem impactos éticos significativos. Dado o poder do discurso científico, anunciar vantagens de perfeição e controle e dar menos destaque ao desconhecimento científico tem impactos importantes nas decisões individuais, sobre a aquisição e uso de produtos nanoestruturados, e nas prioridades públicas das políticas de financiamento.

3.7. Inovação X Implausibilidade

A contradição entre a apresentação da nanotecnologia como revolucionária e a identificação de determinadas projeções como meras especulações ou cenários implausíveis retoma uma ideia apresentada anteriormente: de que o discurso científico tem o poder de se autovalidar. Isto porque determina qual discurso ou resultado é cientificamente aceito e qual narrativa é irreal ou implausível.

Esta oposição estabelece uma relação entre “nós” e “eles”, entre o plausível e o impossível, entre o discurso confiável e meras especulações. No entanto, o que se percebe é que ambas as visões sobre a nanotecnologia são futurísticas, tanto as científicas como as demais, tanto as tecnofílicas quanto as tecnofóbicas. As tecnofílicas, porém, são desejadas e legitimadas socialmente pelo discurso científico. Neste contexto, os cenários apocalípticos são colocados como irrealis (Service, 2000; Malakoff, 2003; Proffitt, 2004; Hurtley, Szuromi, 2006):

Os cenários sobre os riscos da nanotecnologia que envolvem nanorrobôs circulando sem controle em nossos corpos ou o mundo sendo tomado por um “grey goo” são considerados altamente improváveis por muitos especialistas (Hurtley, Szuromi, 2006, p.573).

No entanto, a cura do câncer e de muitas outras doenças (Lavine et al., 2005) e o controle absoluto do mundo átomo a átomo parecem factíveis (Service, 2011). A nanotecnologia desperta visões grandiosas:

O plano sobre nanotecnologia, parte da estratégia do diretor do *National Cancer Institute*, Andrew von Eschenbach, para eliminar a morte e o sofrimento causado pelo câncer até 2015, desenvolverá dispositivos e materiais em nanoescala para detectar e tratar o câncer (Kaiser, 2004, p.461).

4. DNA NO CENTRO DA CONTROVÉRSIA

De alguma forma, todas as controvérsias anteriores são comuns a outros avanços biotecnocientíficos e ressaltam a importância de compreender a dimensão ética das tecnologias para além do cálculo de impactos para o ambiente e para a saúde.

No entanto, a leitura dos artigos revela um aspecto bastante peculiar: uma controvérsia que tem como centro o uso do DNA como material nanotecnológico.

O empreendimento tecnocientífico não pretende apenas conhecer seus objetos, mas, sobretudo, transformá-los. A biotecnociência, e a nanotecnologia em específico, conforme vimos, são impulsionadas pelo propósito de produzir dispositivos e materiais úteis, que possam ser absorvidos pelo mercado. Em contraste a esta vocação prática, figura a importância que se deu no contexto da nanotecnologia ao poder de síntese e manipulação de estruturas a partir do DNA. Aparentemente, o fascínio pelo controle das estruturas assumiu tal dimensão, que passou a rivalizar com a própria utilidade daquilo que se produzia. O fato de a nanotecnologia, voltada principalmente para a solução de problemas concretos, se tornar capaz de manipular e conformar a molécula de DNA, antes de identificar claramente um uso para esta capacidade, gerou um tipo diverso de controvérsia.

A busca direta nos artigos, a fonte de maior prestígio científico, portanto, revela que a nanotecnologia é permeada por diferentes e contrastantes perspectivas sobre a realidade que a cerca. Alternadamente, são enfatizados

o controle e o risco, a simplicidade e a complexidade, a potencialidade e a imprevisibilidade da nanotecnologia. A oposição mais bem delineada, no entanto, não trata de uma oposição entre o real, cientificamente comprovado, e o implausível medo leigo. No centro da controvérsia está a ciência, ela mesma, em um embate entre a primazia do controle ou da utilidade.

O contexto, mais precisamente, remete à mais recente linha de pesquisa na nanotecnologia, a nanotecnologia de ácidos nucleicos. Como era de se esperar, é a face mais audaz, mas também a mais recente, aquela animada por maiores controvérsias.

Revela-se, no entanto, um caráter curioso: a nanotecnologia e sua forte interface com o mercado, como vertente tecnocientífica que visa o saber-fazer mais do que o saber logoteórico, ao atingir a capacidade de conformar tridimensionalmente a molécula de DNA, se encanta pela beleza de seu feito e por seu próprio poder, e se vê produzindo algo que inicialmente não aparenta ter utilidade (Service, 2011).

Parece que ao atingir o ápice de sua capacidade de manipular átomo a átomo as estruturas moleculares, a nanotecnologia é questionada quanto a sua utilidade (Service, 2011):

Todos os cientistas encontram rejeição quando suas propostas são dissecadas e seus artigos são submetidos ao escrutínio. O pior golpe que Ned Seeman recebeu veio após o que ele considerou na época seu maior sucesso. Seeman e colaboradores na Universidade de Nova York conseguiram construir um cubo de DNA, o primeiro objeto tridimensional (3D) em nanoescala no qual a posição de cada átomo foi programada, definida e conhecida. (...) Muitos críticos ainda não estão convencidos. Pessoas dizem (...): 'É um exercício divertido, mas inútil' (Service, 2011, p.1140).

Esta aparente inutilidade, no entanto, se opõe a uma nova narrativa onde o DNA torna-se o material nanotecnológico por excelência, devido à sua maleabilidade e capacidade de autorreplicação (Liu, Yan, 2009).

Cada uma das contraposições e controvérsias explicitadas aqui contribui para a construção do imaginário científico da nanotecnologia e da percepção de quais seriam suas implicações éticas, geralmente restritas ao âmbito dos riscos para os humanos e para o ambiente. No entanto, encarar a nano-

tecnologia como um empreendimento científico em construção ajuda a perceber que as concepções e oposições aqui abordadas não são resultados meramente teóricos da análise de discurso. Estas percepções têm interesses e consequências importantes relacionados à formação da imagem pública da ciência, à política científica, aos processos de tomada de decisão e a aspectos culturais mais amplos da presente configuração tecnológica da sociedade.

No discurso científico sobre a nanotecnologia, justificado por sua flexibilidade, por sua fácil sujeição à manipulação e pela possibilidade de se autor-replicar a partir da programação estrutural desejada, o DNA possibilitaria tantos usos quantos a imaginação permitisse (Liu, Yan, 2009).

Na descrição de suas pesquisas, Aldaye et al. (2008) convidam o leitor a despir a molécula de DNA do caráter metafórico de código da vida, pois, segundo eles, a função de “código da vida” é característica de uma configuração mais simples. A nanotecnologia nos convidaria a olhar a molécula de uma forma nova e ainda mais promissora: a possibilidade infinita de obter conformações diversas do DNA permitiria que a molécula servisse como material para os mais diversos fins, como a produção de *chips*, e como molde para produzir outros nanomateriais.

Esse convite a despir o DNA de seu caráter simbólico de código da vida, outrora tão útil, não se dá sem motivos. Ao desejar manipular, replicar e usar massivamente o DNA como material e amparo para a produção de outros materiais, sua representação como código da vida seria contraprodutiva já que despertaria medo no público em geral. Por esta razão, o uso do DNA como material nanotecnológico por excelência, em suas dimensões simbólica e discursiva, certamente produziram impacto sobre a opinião pública.

Assim, o paradigma biotecnocientífico, por sua característica de intervenção e controle sobre os processos orgânicos, parece atingir seu auge com o uso do DNA como material nanotecnológico. As implicações éticas disto ilustram a nanotecnologia como objeto híbrido (Latour, 1994), que em suas dimensões científicas, sociais e discursivas, pode afetar o humano em sua saúde e bem-estar, o mundo em sua conjuntura socioeconômica e toda a representação que o homem faz de si e de seu entorno.

Eleger o DNA como material nanotecnológico não diz respeito apenas às características químicas da molécula. A capacidade biotecnológica atingida, por meio de massivos investimentos em pesquisa na área, certamente oferece condições instrumentais propícias para a manipulação nanoescalar do DNA. Assim, não é só a estrutura da molécula a razão do surgimento da

nanotecnologia de ácidos nucleicos, a ação e investimento humanos na área são também essenciais para a configuração histórica deste cenário. Ainda para a conformação deste contexto, contribui certamente o papel icônico da genética e do DNA. Assim como a nanotecnologia é um tipo de rótulo distintivo para os laboratórios, o DNA também traz prestígio e recursos para as pesquisas. Resultante desta combinação, a nanotecnologia de DNA atinge rapidamente notoriedade no contexto acadêmico.

É neste momento que o percurso percorrido por esta análise passa a contribuir com a atual discussão bioética sobre a nanotecnologia. Neste caso, a maior parte das análises se concentrariam nos achados de toxicidade providas por estudos que demonstraram que nanoestruturas de Ácido Ribonucleico (RNA), ácido nucleico similar ao DNA, quando introduzidas no conteúdo citoplasmático, podem apresentar efeitos negativos, como estresse celular, prejuízo das funções celulares e ruptura da membrana celular devido à característica de autorreplicação da molécula e seu rápido crescimento citoplasmático (Thodey, Smolke, 2011).

O percurso mais longo da análise aqui empreendida, que recorre diretamente às fontes científicas, desvela a nanotecnologia ainda em seu processo de construção. A nanotecnologia, ao tomar para si o DNA como objeto, e todo o fascínio a ele associado, coloca justamente a concepção da molécula enquanto código da vida em questão. Desta maneira, o discurso científico a respeito da nanotecnologia mobiliza, ao mesmo tempo em que ameaça modificar, aquela que é atualmente a mais importante narrativa sobre aquilo que nos faz humanos, ou seja, a explicação genética sobre a condição humana.

(Página deixada propositadamente em branco)

E O QUE ESTÁ EM JOGO?

BIOTECNOCIÊNCIA E HUMANIDADE

A nanotecnologia, como outros recentes avanços tecnocientíficos, tornou-se alvo de crescentes análises bioéticas. Como em potencial os efeitos positivos ou negativos do desenvolvimento da ciência nos atingem a todos, estas análises em suas argumentações acabam por enfrentar a tarefa de propor um fundamento minimamente comum para a moralidade enquanto um fenômeno universalmente humano em meio de uma intensa pluralidade cultural.

Se é histórica a dificuldade de estabelecer consensualmente o que é universal para a ética, para a bioética o problema se apresenta ainda mais complexo. Ela se apresenta como um empreendimento que não somente tem problemas em estabelecer o que é universal no humano e como isto se expressa moralmente, mas intenta prevenir possíveis ameaças impostas a esta condição humana, ainda que a mesma não esteja claramente consensuada.

Nesta perspectiva, a bioética, para ultrapassar a superfície dos problemas que analisa, necessita compreender as dinâmicas socioculturais nas quais se inserem as biotecnologias. Somente neste movimento, revelam-se as estruturas do biopoder e a forma como elas configuram as práticas cotidianas e as representações que os homens elaboram sobre os resultantes da biotecnociência e sobre si mesmos.

Ao colocar como centro de sua reflexão não os riscos à vida biológica, mas o reconhecimento da diversidade de manifestações históricas, culturais e biológicas humanas, a bioética poderá exercer mais efetivamente seu papel de campo de resistência aos efeitos deletérios das presentes configurações biopolíticas.

1. A NANOTECNOLOGIA E A ERA DA GENÉTICA MOLECULAR

Longe de ser um evento isolado, a nanotecnologia está inscrita em um campo de saber, de progresso e potência crescentes, constituído a partir da segunda metade do século XX. A nanotecnologia é uma expoente da tecnologia, que constitui um conjunto de explicações teóricas e ferramentas técnicas que encaram o corpo humano de uma forma nova (Schramm, 2010b). Com efeito, a perspectiva da era industrial de que o corpo seria animado por uma essência misteriosa inacessível ao conhecimento humano é substituída por outra imagem: o corpo humano é uma máquina cada vez mais compatível com nossos artefatos de ponta.

Neste novo contexto, a narrativa sobre uma 'essência humana' enigmática e imponderável é progressivamente substituída por uma concepção de homem segundo a qual suas características são determinadas por um código de informações. Em última instância, essas informações poderiam ser convertidas e digitalizadas e compatibilizadas com máquinas. Nesta perspectiva, a informação que nos conforma não só é passível de decodificação, mas poderia ser editada. Essa possibilidade de edição anuncia uma mutação marcada pela reprogramação de características e funções, alterando o que costumávamos conhecer como humano. Este marco determinaria uma nova fase de nossas existências, inaugurando o que alguns denominam era pós-orgânica, pós-biológica ou, inclusive, pós-humana (Sibilia, 2008).

Segundo o discurso científico, o controle absoluto proporcionado pela nanotecnologia sobre a síntese de produtos e dispositivos permitirá uma manipulação genética eficaz, possibilitando a terapia gênica. Seriam também dispositivos nanoestruturados a tornar cada vez mais compatíveis a memória humana e os atuais computadores (Roco, 2011).

A nanotecnologia interessa, porém, não somente devido às expectativas de aumento na eficácia e controle nas intervenções, comuns a outros adventos tecnocientíficos. É a promessa de tornar o DNA seu material ideal, matéria-prima, ou, ao menos, molde primordial de todo processo de produção futuro, o ponto crítico.

É importante destacar que, do ponto de vista ético, a promessa em si importa. Levantar a hipótese já é significativo moralmente. Isto porque atualmente a ciência perpassa a forma pela qual os seres humanos compreendem e expressam o mundo no qual se inserem. O discurso científico é

considerado objetivo, confiável e verdadeiro, e vai além de uma simples descrição do que é possível ser feito (Premebida, Neves, 2009). No caso da nanotecnociência, isto tem importância moral porque os cientistas têm o poder de legitimar, por meio de suas falas, práticas públicas de incentivo à pesquisa no ramo.

A moralidade dos avanços tecnocientíficos não se restringe aos aspectos diretamente relacionados à pesquisa ou à prática científica propriamente dita. Assistimos, recentemente, a uma profunda transformação na concepção de sociedade e de parentesco que acompanhou o estudo da genética. A forma de narrar e perceber as relações familiares e, ainda mais agudamente, a maneira de explicar características da personalidade foram decisivamente alteradas (Franklin, 1995).

Em novelas, jornais, programas televisivos, revistas para o público feminino, livros sobre maternidade, os genes parecem explicar todas as dimensões humanas: explicam a obesidade, a criminalidade, a timidez, a inteligência, as preferências sexuais. São citados os genes do egoísmo, da violência, da celebridade, da homossexualidade, da depressão, e até da genialidade. A genética é também fundante para a constituição familiar atualmente: é nela que está inscrita a necessidade biológica de formar uma família e transmitir sua carga genética. As relações de parentesco são redefinidas e estruturam uma família em que os laços de tradição, história, afeto, experiências e recordações comuns são menos importantes do que partilhar a mesma carga genética (Nelkin, Lindee, 1995).

Estes discursos refletem a importância do gene e do DNA como ícones culturais, sustentados e legitimados pela existência de programas científicos importantes dedicados a estudos sobre genética. São estes estudos que acabam por dar credibilidade às explicações genéticas de um número sempre crescente de aspectos e comportamentos humanos (Nelkin, Lindee, 1995).

Diante deste quadro, percebe-se que para abordar os aspectos éticos de uma inovação tecnocientífica se requer uma visão mais ampla de suas consequências. A capacidade de determinar novas práticas sociais, de consumo, de subjetivação e, às vezes, de reformular as perspectivas intelectuais e cognitivas dominantes na sociedade não são aspectos moralmente negligenciáveis das tecnociências (Premebida, 2008).

Na contemporaneidade, a ciência representa o principal e mais legitimado discurso sobre a explicação de questões humanas fundamentais, como a condição humana ou a criação do mundo (Gleiser, 1997). Para Latour e

Woolgar (1997), a ciência representa o eixo central e o argumento fundante na forma de ver e pensar o mundo e a si próprio na sociedade ocidental.

Desta forma, a ciência modifica as representações que o homem elabora sobre seu entorno e sobre si mesmo e, desta maneira, opera a efetiva transformação:

Se o homem é o ser que não se contenta em coincidir consigo, como uma coisa, mas que se representa a si mesmo, se vê, se imagina, se dá de si mesmo símbolos, rigorosos ou fantásticos, é evidente que em contrapartida, toda mudança na representação do homem traduz uma mudança no próprio homem (Merleau-Ponty, 1962, p.342).

Na vigência da tecnociência, o discurso científico influencia as representações sobre o humano por levar a crer na possibilidade de que o corpo poderia ser finalmente melhorado, ter suas capacidades amplificadas. Em consequência, aliados à biotecnologia e à genética, os nanodispositivos poderiam finalmente cumprir o projeto de superar os presentes limites do corpo, de seu envelhecimento e adoecimento.

Essa superação, porém, ocorre em duas frentes aparentemente opostas. Por um lado, a nanotecnologia aponta para a possibilidade de manipular o corpo de forma a proporcionar novas habilidades ao humano, a aumentar força e resistência física dando origem a uma nova horda de superatletas e supersoldados. Por outro lado, no embalo da cybercultura, os nanodispositivos permitiriam uma digitalização de nossas memórias por meio de interfaces homem/máquina, levando à expectativa de uma existência sem corpo, imortal e virtual. Assim sendo, a nanotecnologia possibilitaria um melhoramento do humano, por meio de duas vertentes aparentemente paradoxais: agiria para tornar o corpo perfeito, ou para torná-lo obsoleto e desnecessário (Lin, Allhoff, 2006).

Portanto, o discurso científico sobre as nanotecnologias afirma que, para o bem ou para o mal, pelo corpo ou pela mente, as nanotecnologias transformarão profundamente o que conhecemos por humano e que é nisso que fundamentalmente se assenta seu caráter revolucionário. Dado o papel determinante do discurso científico nas formas de representar o homem e seu entorno, sua fala sobre futuras transformações na condição humana tem o poder de mudar a maneira de representá-la, e isso tem já implicações éticas importantes (Dupuy, 2007).

As derivações éticas não dependem necessariamente da realização das potencialidades dos dispositivos criados: é o que nos demonstrou, por exemplo, o Projeto Genoma Humano. Conforme já mencionado, mesmo estando distante das iniciais promessas de desvendar o segredo da vida, o Projeto possuiu papel determinante para o estabelecimento da genética como fonte privilegiada de explicação da constituição do indivíduo na sociedade ocidental (Nelkin, Lindee, 1995).

O ponto final desta argumentação é: a análise de discursos e narrativas sobre avanços tecnocientíficos, como a nanotecnologia, não é um estudo que tangue apenas à dimensão simbólica, e conseqüentemente de pouca importância concreta. Pelo contrário, este tipo de análise demonstra que a dimensão discursiva não somente revela as dimensões sociais e técnicas dos avanços biotecnocientíficos, mas também torna manifestas as maneiras com que o simbólico altera a concretude do mundo material (Sparrow, 2007).

Esta perspectiva é importante para compreender porque atualmente, apesar da crescente produção científica e aprofundamentos teóricos sobre as questões éticas relacionadas à nanotecnologia, as diferentes abordagens levantam aspectos importantes e diversos entre si, mas que não esgotam o debate (Ferrari, 2010).

Retomando a proposição de utilizar o estudo da nanotecnologia e suas diversas abordagens éticas para a reflexão da própria prática bioética, é preciso ponderar sobre as circunstâncias e os objetivos de cada uma dessas abordagens. É preciso analisar por que nenhuma das presentes estratégias dá conta da nanotecnologia enquanto objeto de análise.

Isto se dá porque essa tecnologia, como outras vertentes do paradigma biotecnocientífico, não é percebida em sua natureza híbrida. Segundo Latour (1994), a tradição crítica sobre a condição moderna desenvolveu três repertórios para analisar o mundo: a naturalização, a socialização e a desconstrução. Estas perspectivas são mutuamente excludentes:

Os críticos desenvolveram três repertórios distintos para falar de nosso mundo: a naturalização, a socialização, a desconstrução. Digamos de forma rápida, e sendo um pouco injustos, Changeux, Bourdieu e Derrida. Quando o primeiro fala de fatos naturalizados, não há mais sociedade, nem sujeito, nem forma de discurso. Quando o segundo fala de poder sociologizado, não há mais ciência, nem técnica, nem texto, nem conteúdo. Quando o terceiro fala de efeitos

de verdade, seria um atestado de grande ingenuidade acreditar na existência real dos neurônios do cérebro ou dos jogos de poder (Latour, 1994, p.11).

No entanto, o avanço científico e tecnológico tornou mais difícil encaixar os objetos resultantes das práticas humanas dentro destas perspectivas. A continuidade da história trouxe frutos da primeira, segunda, terceira revolução industrial, fatos socializados, fatos humanos. Em suas consequências, esses fenômenos, quer construídos socialmente quer derivados da ciência, passaram a se tornar parte do mundo natural. Exemplo disso é o que vem se chamando de efeito antrópico no ambiente que, mesmo sendo objeto de controvérsias, oferece indícios de alteração na dinâmica da sobrevivência de outras espécies (Latour, 1994).

A proliferação destes quase-objetos, como o autor chama esses objetos híbridos de natureza e cultura, é fruto da constituição moderna. Esta se sedimenta em duas invenções: um discurso científico, que ao se pretender puro e neutro, constitui-se em um discurso político que defende a exclusão da dimensão política; e um discurso político, que consiste em uma política científica da qual a dimensão experimental deve ser excluída. Estas duas formas de explicar o mundo são mutuamente excludentes e para serem consideradas legítimas em cada um de seus âmbitos criaram a necessidade de ver o mundo em imagens duplicadas (Latour, 1994).

A ciência explicaria a natureza ‘como ela é’, e para isso não poderia apelar à argumentação política. Por sua vez, a política trataria das relações sociais, mas para dedicar-se à vida prática afasta-se do âmbito asséptico da ciência. Característica da condição moderna, esta divisão do mundo no intento de purificação das explicações sobre os fenômenos, foi justamente aquilo que permitiu a proliferação dos objetos híbridos. Foi a própria divisão desses tipos de saberes que promoveu seu desenvolvimento, mas ao mesmo tempo revelou novos objetos que não se encaixam perfeitamente em nenhuma destas perspectivas (Latour, 1994).

Antes das rupturas promovidas pela revolução industrial e, posteriormente, pela revolução biológica, era mais simples saber se os fenômenos eram explicados pelas ‘leis naturais’ ou pelas ‘leis políticas’. No entanto, quando nossas vidas cotidianas são invadidas por embriões congelados, por organismos modificados geneticamente, por mecanismos de liberação controlada de medicamentos, pelo Projeto Genoma Humano e por outros objetos que

resistem a classificações e rotulações de “naturais” ou “sociais”, permanece a impressão de que as categorias são por demais estreitas (Latour, 1994).

Assim, no caso da genética, mas também na nanotecnologia, as estratégias que tentam analisar esses híbridos como fatos, ou como poder, ou como discurso, pressupõem e resultam não somente uma ruptura entre natureza e cultura, mas também um humano partido entre elas (Latour, 1994).

Já em seu título, contudo, Latour (1994) nos adverte: *Jamais fomos modernos*. O esforço de estabelecer uma ciência isolada das influências políticas e uma política que não trata de fatos científicos não logrou em nenhum momento separar perfeitamente natureza e cultura. Deste modo, o sucesso da purificação dos fenômenos para que se tornassem somente objetos da ciência ou da política, ou seja, esta separação efetiva entre natureza e cultura, que seria o fundamento da condição moderna, jamais ocorreu.

O que nos diz, portanto, o fato de que jamais teríamos sido modernos? Esta afirmação indica uma escolha por uma perspectiva histórica que não privilegia a ruptura, nos falando, em contraste, sobre uma continuidade. Esta continuidade ocorre porque nem os modernos conseguiram promover a precisa cisão entre natureza e cultura e tampouco os pré-modernos operavam a partir de uma indistinção absoluta entre elas. Neste sentido, estes objetos híbridos aos quais a cultura intelectual atual não oferece classificações, “são ao mesmo tempo reais como a natureza, narrados como o discurso e coletivos como a sociedade” (Latour, 1994, p.12).

A purificação, ou seja, a interpretação de situações como possuindo uma natureza exclusivamente científica, política, social, econômica ou ideológica, só é superada quando se atina para o caráter híbrido dos objetos e do próprio homem. A distinção entre os polos cultura e natureza, impostos na classificação dos objetos, é consequência da mesma distinção operada na representação que o homem faz de si.

A abordagem pela continuidade se dá pela percepção de que o homem é simultaneamente sujeito e objeto desta atividade de distinguir natureza e cultura.

Eis o porquê da polêmica em torno da nanotecnologia: como tecnologia, ela é resultado desta separação entre natureza e cultura; seu lado mais promissor reside justamente na possibilidade de intervenção nos critérios que têm sido usados para determinar a diferença entre natural e artificial, entre o humano e o não-humano.

2. A ÉTICA E A CONDIÇÃO HUMANA

A percepção de que estas transformações provocadas pelos recentes avanços tecnocientíficos, como a nanotecnologia, potencialmente atingem toda a humanidade têm impulsionado a busca por uma “bioética global”. Paradoxalmente, a crescente necessidade de princípios morais amplamente compartilhados que pautem as decisões, parece coincidir com um “colapso do consenso” (Engelhardt, 2012). Se, por um lado, esta urgência nunca foi mais sentida, por outro, quer pela irredutível diversidade cultural, quer por uma compreensão da ética como algo meramente subjetivo, fundamentar uma universalidade ética nunca foi tão difícil (Apel, 2000).

A pretensão de universalidade bem como a dificuldade em dar razão e fundamentar esta mesma universalidade não são historicamente novas. A bem ver, o atual desencanto e descrédito em relação às tentativas de encontrar um terreno moral comum a todos os seres racionais, tônica da filosofia e das ciências sociais contemporâneas, não é inédita (Cortina, Martínez, 2005).

Afirmar que a dificuldade e as polêmicas em relação à fundamentação da universalidade não são novidade não significa, porém, uma visão estática do problema. Não significa sequer que o termo universalidade foi sempre entendido ou que tenha fundamentado as teorias morais da mesma forma. Ao contrário, como nos diz Gadamer (1999), o que é humano é sua consciência moral, mas que é irredutivelmente intersubjetiva e histórica, isto porque a própria identidade humana só é construída pela capacidade de se colocar no lugar do outro, de um “tu” do passado, um “diferente de mim” no presente, com os quais formo a humanidade. E é desta capacidade de identificar a diferença e, ao mesmo tempo, a partir dela criar a própria identidade como humano que deriva a moralidade.

A ética, portanto, enquanto se dedica à questão da normatividade do agir humano, relaciona as perguntas sobre “o que é o homem” e “aquilo que se deve fazer” de formas diversas ao longo do tempo. Por esse motivo, também a ética se revela situada histórica e temporalmente. Assim, a própria concepção de uma natureza ou condição humana com predicados próprios e exigências que lhe são essenciais também são construções históricas (Lima Vaz, 2011).

No entanto, o que se percebe é que, ao longo da história ocidental, nas diversas tentativas de identificar o fenômeno da moralidade como caracterís-

tica universalmente humana, a ética, independentemente da sistematização filosófica, tem sido descrita e justificada por meio do apelo a uma série de dualismos entre natureza e cultura, corpo e mente, humanidade e animalidade, indivíduo e sociedade.

Se, em suas diversas teorias, a ética apela para características supostamente universais de humanidade para se fundamentar, porque sempre apela a um homem genérico, a bioética é justamente o mesmo exercício que se dá em meio a um contexto em que esta unicidade do homem não somente parece ser difícil de fundamentar, mas em que a própria condição humana, ainda sem uma fórmula definitiva, encontra-se ameaçada em sua própria sobrevivência.

Por este motivo, as fronteiras sobre as quais a bioética reflete derivam justamente da paradoxal necessidade de enfrentar uma ameaça à existência humana, sem que as concepções de moralidade e da própria existência humana estejam consensualmente fundamentadas. É sob esta perspectiva que o percurso até aqui percorrido torna-se importante para entender a relação que se estabelece entre os objetos que a bioética toma para si. Este exercício reflexivo revela que, aparentemente tão diversos entre si, os temas do início da vida e do consentimento livre e esclarecido, as iniquidades em saúde e as novas biotecnologias guardam entre si semelhanças que justificam o interesse da bioética por eles. Fundamentalmente, como problemas morais, encontram-se na mesma esteira móvel: a análise bioética é demandada devido à percepção de uma ameaça à condição humana em sua universalidade ao mesmo tempo em que esta condição e seu valor moral carecem de uma fundamentação universalmente aceita.

É esta discussão, a respeito da relação entre condição humana e um conteúdo moral mínimo universal à humanidade, motivada pela crescente intervenção biotecnológica que anima a bioética e serve de cenário para a já famosa polêmica entre Sloterdijk e Habermas.

O debate se estabelece entre uma ética teleológica de Sloterdijk, que identifica como objetivos a superação das atuais limitações impostas pela organicidade da condição humana, e uma proposta deontológica de Habermas, que pressupõe deveres com as futuras gerações (Vilaça, 2009). Na oposição entre a compreensão da intervenção tecnocientífica para o melhoramento como meio de potencialização das capacidades humanas (Sloterdijk, 2011), e a perspectiva de que a intervenção artificial nos mecanismos de seleção natural representa um ultraje à dignidade humana (Habermas, 2004), per-

filam-se as principais questões que a bioética toma para si e também as principais linhas argumentativas encontradas na disciplina. O que é especialmente esclarecedor para os fins deste livro, porém, é a forma pela qual a percepção da ameaça engendra a mobilização de dualismos entre natureza e cultura, artificial e natural, corpo e mente. A oposição travada entre os autores revela o paradoxo posto pela intervenção biotecnocientífica, terreno do exercício da bioética: enfrentar temas em que a existência de uma condição humana universal está simultaneamente sob questão e sob ameaça.

3. REFLEXÕES SOBRE ÉTICA E CONDIÇÃO HUMANA DIANTE DAS BIOTECNOLOGIAS

A polêmica entre Sloterdijk e Habermas inicia-se com uma crítica de Sloterdijk a Heidegger. Nesta crítica, Sloterdijk afirma que apesar de Heidegger ter se recusado sistematicamente a abordar a temática da ética, sua *Carta sobre o humanismo* possui claramente um intuito ético. Esse intuito, porém, não era estabelecer uma ética com intento normativo, mas como um âmbito de realização ontológica (Sloterdijk, 2011).

Ao ser questionado a respeito de como reestabelecer algum senso ao tema do humanismo, Heidegger invalida a própria pergunta e avalia que não haveria razão para retomar o humanismo já que este seria responsável pela “catástrofe do presente”, referindo-se às duas Grandes Guerras. Segundo Heidegger, todo aquele cenário era resultado de sistemas metafísicos de autoelevação e autoexplicação do homem. Seria justamente esta exaltação desmedida do homem que traz consigo não somente estes grandes desastres, mas que também estabelece a própria ética normativa como uma necessidade. Isso porque todas as formas de humanismo, o cristianismo, o marxismo e o existencialismo, evitaram tocar a radicalidade última da questão sobre a essência do ser humano e por isso o afastaram da verdade do *ser* (Heidegger, 1991).

O humanismo é criticado como um resultante da compreensão partida de Descartes. A separação entre as duas substâncias, a saber, o corpo e a mente, reduziu o pensar a uma técnica do pensar e o homem a um animal racional. Esta separação cartesiana constituiu o auge de toda a tradição ocidental de esquecimento do ser, segundo Heidegger (1991).

No entanto, o valor do homem estaria justamente em ser ele o único ente a quem é possível pensar sobre o ser. O homem, nesta perspectiva seria o guardião do ser e, somente por sê-lo, estaria interessado em cuidar do ente (Heidegger, 1991).

É neste sentido que se percebe a inclinação ética da *Carta sobre o humanismo*, devido à motivação do cuidado do homem. No entanto, ao ser questionado a respeito da ética, Heidegger afirma que de alguma forma a ética só passa a ser necessária por uma compreensão errada a respeito da essência do homem. Quando este, ao estar no mundo, deixa de se preocupar com o ser, passa a necessitar de um conjunto de normas para nortear suas ações (Heidegger, 1991).

Assim, na perspectiva heideggeriana, o que é necessário para mudar esta situação de indigência no mundo, na qual o homem experimenta uma dominação pela técnica, não é uma nova orientação ética, mas uma orientação que é ontológica, voltada para a preocupação com o ser (Marques, 1989).

Embora negue a perspectiva ética, o autor insiste no *ethos* enquanto morada do ser. O *ethos* é tão importante para Heidegger, ao ponto dele definir o homem como aquele, que na totalidade dos entes, tem sua essência marcada pelo *ethos*. Mas o que o autor quer com esta valorização do *ethos* é estabelecer fundamentalmente uma crítica à tradição filosófica que privilegiou o *logos* em detrimento do *ethos*: o *ethos*, entendido também como um espaço de contato e vizinhança entre entes, teria sido preterido em favor da lógica. Como resultado desta relação desfigurada com o ser, resta ao homem somente recorrer a uma ética que apela à racionalidade em detrimento do *ethos*, uma ética apátrida e que oferece preceitos normativos que reforçam a indigência no mundo (Heidegger, 1991).

Em um diálogo extemporâneo, Sloterdijk (2011), se propõe a responder à carta de Heidegger e inaugura um dos diálogos mais polêmicos da filosofia contemporânea, e que passou a ser indicado como a polêmica Sloterdijk-Habermas (Vilaça, 2009).

Sloterdijk (2011), em seu *Regras para o parque humano*, retoma o exercício crítico ao humanismo proposto por Heidegger, mas certamente o faz de forma muito diversa, ao identificar que o humanismo ao longo da história foi sempre uma bandeira contra algo. Esta batalha propõe o humanismo como um movimento intelectual que pretende tirar o homem da barbárie. Desta forma, o humanismo é um desembrutecimento humano por meio de boas leituras, que conduzem à domesticação.

Segundo Sloterdijk (2011), Heidegger inaugura uma corrente trans-humanista ou pós-humanista ao afirmar que se for para retomar o humanismo, como tinha sido feito anteriormente pelo cristianismo, marxismo e existencialismo, negando a radicalidade da questão da essência do ser humano, seria melhor abandonar o termo. A oposição de Heidegger ao humanismo não se dá, portanto, porque o humanismo tenha supervalorizado a *humanitas*, mas, pelo contrário, por não ter lhe dado valor suficientemente elevado.

Para Heidegger, a essência humana jamais poderia ser reduzida àquela de um animal com um acréscimo cultural ou metafísico. Se há algum motivo para reconhecer um valor insubstituível no homem é porque ele é escolhido pelo próprio ser para sua guarda. Por isso o homem é dotado da linguagem, não para entender-se e domesticar mutuamente, mas para que ela seja a morada do ser (Heidegger, 1991).

É neste sentido, segundo Sloterdijk, que Heidegger recupera e amplifica a função de dominação que o humanismo atribui aos textos:

O autocontido habitar heideggeriano na casa da linguagem define-se como escuta paciente e às escondidas do que será dado ao próprio ser dizer (Sloterdijk, 2011, p.28).

Nesse sentido, situar a morada do ser na linguagem é a mais potente forma de domesticar os homens. Mais do que o humanismo que aquietava os homens pela boa leitura, Heidegger os domestica de forma ainda mais eficaz: o homem precisa se calar para ouvir o que o ser tem a dizer. A crítica de Sloterdijk (2011) identifica que assim é proposta uma espécie de exercício ontológico de humildade que leva o homem a uma posição de servil ouvinte e, ao mesmo tempo, eleva o próprio Heidegger à posição de único porta-voz da verdade do ser.

Ambos concordam, porém, que a crise vivida no final das duas Guerras derivava do naufrágio do humanismo como escola de domesticação humana.

Desta forma, a principal crítica de Sloterdijk (2011) à leitura heideggeriana é a não contextualização histórica da forma e do espaço em que a domesticação do homem acontece. Ignora-se, assim, que o homem é não somente uma força domesticadora, mas também criadora. É em Nietzsche que Sloterdijk busca a história de como o homem pôs em prática sobre si mesmo uma sociabilização domesticadora. Em *Assim falou Zarathustra*, estabelece-

-se a diferença entre a criação dos homens para serem pequenos, domesticados, feita pelos humanistas, e a criação dos homens para serem grandes, buscada pelos ultra-humanistas (Nietzsche, 2002).

Neste momento, Sloterdijk inaugura o argumento que engendra a grande polêmica: é em Nietzsche que se encontra um cerne sólido para estimular uma reflexão posterior sobre a humanidade além de uma inocuidade humanista, entendida como a domesticação dos homens para serem bons. Trata-se, portanto, da possibilidade que a era das antropotécnicas, potencializada pela biotecnologia, oferece para que o homem se torne ativo na seleção de seu destino, recusando a domesticação. Esta possibilidade desencadearia (pela verdade, já desencadeia) a necessidade de formular um código das chamadas antropotécnicas, as técnicas que mais do que domesticar criam humanos (Sloterdijk, 2011).

O autor defende que esta necessidade de estabelecer códigos de conduta pertence à humanidade como tal, já que a tendência humana a encontrar problemas complexos que são ao mesmo tempo inevitáveis e insolúveis remete ao próprio nascimento da filosofia. Assim, a organização do homem em comunidades, parques humanos, onde os homens convivem entre si e cuidam-se uns dos outros, bem como a normatividade necessária para decidir como será regulada sua automanutenção são características da condição humana e constituem a única possível fundamentação de uma dignidade do ser humano (Sloterdijk, 2011). Em suma, o que é humano para Sloterdijk é também o *ethos*, mas em sua normatividade, de forma oposta, portanto, ao que é colocado por Heidegger.

Assim, Sloterdijk propõe que atualmente são as biotecnologias que impõem essa necessidade de estabelecer regras para o parque humano. Dado que

(...) as meras recusas ou abdições costumam falhar devido a sua esterilidade, será provavelmente importante, no futuro, assumir de forma ativa o jogo e formular um código das antropotécnicas (Sloterdijk, 2011, p.45-46).

É neste ponto que Sloterdijk encontrará Habermas como seu forte opositor. O debate oscila entre uma posição trans-humanista de Sloterdijk, que pretende para o homem uma posição de sujeito ativo de seleção, e uma posição bioconservadora de Habermas, que defende uma autocompreensão ética da espécie supostamente ferida por uma

seleção artificial do humano. Mais uma vez, a questão colocada pelas biotecnologias é a condição humana (Vilaça, 2009).

Habermas publica o conjunto de conferências que faz em resposta velada à fala de Sloterdijk entre os anos de 2000 e 2002 com o nome de *O futuro da natureza humana: a caminho de uma eugenia liberal?* Nele, se posiciona contrariamente às intervenções biotecnológicas na genética humana (Habermas, 2004).

Para Habermas, a seleção artificial do humano afronta a autocompreensão ética da espécie, a autonomia e a autenticidade dos humanos. Estas características, essenciais à natureza humana e à moralidade, fundamentam-se, em sua visão, na vida natural, biológica (Habermas, 2004).

Apesar da natureza biológica compartilhada pela humanidade, a dificuldade de identificar um fundamento universal para a ética diante do pluralismo moral não passa despercebida. No entanto, é justamente no próprio fenômeno da moralidade e na necessidade humana de normatividade que se encontram as bases para a universalidade ética. Segundo o autor, a necessidade de normas nasce da intersubjetividade e é nesta intersubjetividade normatizada que se reconhece a possibilidade de convergência nas relações humanas. O ponto de partida para tal convergência se daria ao reconhecer que a dignidade própria e a do outro têm a mesma origem compartilhada: a natureza humana (Habermas, 2004).

A partir do reconhecimento que a moralidade humana existe e se fundamenta somente a partir da natureza biológica humana, enfatiza-se a necessidade de *remoralizar* a natureza humana, ou seja, torná-la novamente moral e normativamente indisponível à ciência. No entanto, o que Habermas propõe não é uma ressacralização e elevação da natureza humana, mas um reconhecimento de que aquilo que fundamenta a dignidade humana é a vulnerabilidade intrínseca à sua constituição biológica (Habermas, 2004).

Desta forma, a autocompreensão do indivíduo e, portanto, sua experiência moral passam pela percepção de sua corporeidade. No entanto, de forma diversa ao humanismo, essa natureza humana é percebida pela precariedade corpórea dos indivíduos, por sua vulnerabilidade. Para Habermas, é esta precariedade o cerne da vida moral. A imperfeição e fragilidade da existência corporal determinam a necessidade da vida social e das normas para com elas conviver (Habermas, 2004).

Nesta visão, a precariedade é essencial para o reconhecimento de si e do outro e não pode ser alterada, com riscos de que a interferência tire do indivíduo tanto esta interface de reconhecimento quanto a sensação de autonomia (Habermas, 2004).

Portanto, a seleção artificial humana não somente feriria a autocompreensão ética da espécie quanto a própria sensação de autonomia, ao tirar o homem do papel de único sujeito de seu destino (Habermas, 2004).

Este apelo pós-metafísico à natureza humana tem encontrado críticas justamente em sua fundamentação. O fato de que a precariedade da estrutura orgânica corpórea é algo compartilhado pela humanidade pode ser tomado como verdadeiro. É até plausível explicar dessa maneira a necessidade de viver em sociedade e o estabelecimento da moralidade a partir desse pressuposto. No entanto, a argumentação de que esta precariedade não deve sofrer intervenção é objeto de críticas. O motivo pelo qual a diminuição da precariedade fere a dignidade, em vez de incrementá-la, não fica claro ou suficientemente argumentado. Pode-se ainda questionar: se a dignidade humana é algo acordado dialogicamente entre visões pluralistas na visão de Habermas, por que a intervenção biotecnológica, consensuada pelo intermédio do diálogo, não poderia ser também entendida como um incremento à dignidade? (Vilaça, 2009).

Se para Habermas (2004), o futuro da humanidade é assegurado e preservado em sua dignidade pela manutenção da precariedade corpórea, Sloterdijk (2011) argumenta justamente o contrário. Enquanto para Habermas (2004) a vulnerabilidade é fundamental para a concepção moral de pertencimento da espécie e para o estabelecimento de regras para a convivência em interdependência entre os humanos, para Sloterdijk (2011) a dependência baseada na precariedade não é algo a ser preservado, muito pelo contrário. Assim, a autonomia do indivíduo em Sloterdijk (2011) não é ameaçada pelas biotecnologias, ao contrário, ela é potencializada. Em vez do acaso ou da provisão divina, a era biotecnológica representaria um momento sem precedentes no qual o homem pode se tornar finalmente dono de seu destino e ativo nos processos de seleção.

Outro argumento de Habermas (2004) contra uma criação artificial de humanos é a possibilidade das pesquisas genéticas servirem a interesses de investidores e representarem por consequência um potente mecanismo de acirramento das desigualdades sociais. Esta é uma preocupação de fato relevante e dificilmente encontrará opositores. Diante da possibilidade de

que as desigualdades sociais passem a se expressar geneticamente, fica clara a necessidade de se estabelecerem normas para a distribuição dos benefícios das intervenções tecnológicas.

Sloterdijk (2011) não nega a necessidade da regulação. Ao contrário, afirma que o mais importante neste momento único, em que o homem se expressa como o mais alto poder para o homem, é que as decorrentes relações de biopoder precisam ser normatizadas. É em consequência da possibilidade de um papel ativo na seleção e criação do próprio homem que se torna necessário o estabelecimento de normas.

Se pensarmos a ética como uma busca da fundamentação da moralidade enquanto um fenômeno universalmente humano, a bioética não deixa de ser ética também nesse sentido. Também a bioética tem como tema a questão da condição humana; entretanto, diante dos avanços biotecnocientíficos, esta se encontra ao mesmo tempo indefinida e ameaçada. Por este motivo, para lidar com as novas relações de biopoder, é preciso encarar a condição humana para além de sua base exclusivamente biológica, em contínua e crescente mutação.

4. BIOÉTICA, AMEAÇA E CONDIÇÃO HUMANA

Por ser uma ética prática, também a bioética toma para si a tarefa de buscar uma fundamentação da moralidade enquanto um mínimo comum humano universal. No entanto, na sugestiva expressão de Geertz (2001), “existe algo no espírito do tempo”, algo do qual não se consegue escapar, uma visão de mundo que imprime profundamente uma percepção sobre todas as outras percepções.

Se, neste momento, a visão de mundo nos diz que as biotecnologias ameaçam a humanidade, a bioética é uma ética que ao mesmo tempo em que tenta encontrar uma fundamentação comum para a moralidade em comunidades culturais tão diversas, vive a sensação de que esta mesma humanidade encontra-se ameaçada. É justamente este o pressuposto que anima este livro: a bioética se estabelece enquanto campo ao dedicar-se à questão da condição humana quando esta é ameaçada.

Mais especificamente, a bioética trata das questões relativas à ameaça da condição humana na contemporaneidade. O desafio da tarefa de estabele-

cer um fundamento para a moralidade como um fenômeno universalmente humano é que isto se desenvolve em meio de uma intensa pluralidade cultural. É, por este, e não por outro motivo que a disciplina transita entre temas e fundamentos aparentemente tão diversos como os resultantes das biotecnologias e outros temas mais persistentes como o acesso às condições materiais mínimas. Desta forma, a bioética, como ética prática fruto de seu tempo, ao tratar de questionamentos éticos a respeito da vulnerabilidade, da autonomia e da dignidade humana circunscreve não somente fenômenos nos quais a questão da condição humana está posta, mas também aqueles nos quais ela se encontra ameaçada.

Se é histórica a dificuldade de estabelecer consensualmente o que é universal para a ética, para a bioética o problema se apresenta ainda mais complexo. Ela se apresenta como um empreendimento que não somente tem problemas em estabelecer o que é universal no humano e como isto se expressa moralmente, mas intenta se opor àquilo que ameaça esta condição humana, ainda que a mesma não esteja claramente estabelecida.

Desta maneira, formalizar normativamente uma análise das novas biotecnologias só pode ser mesmo uma tarefa das mais difíceis: a bioética se propõe a defender a condição humana, que não é consensualmente definida, e é esta mesma condição humana que deve pautar a argumentação moral de sua defesa.

A bem ver, isto ocorre justamente porque a bioética emerge do reconhecimento da ameaça como um dos principais motores da moralidade. É a relação com o outro que possibilita essa ameaça, quer este outro seja um *eu* imaginário, de um futuro indesejado, quer seja uma outra cultura que desrespeita valores *nossos* inestimáveis. O importante aqui é a exposição ao desafio e à perplexidade impostos a nossas certezas, pelo mundo dos *outros*. O limite imposto pelo outro, pelo que é alheio aos valores e às categorias que organizam nossa realidade, causa-nos perplexidade e mostra a falibilidade, o caráter contingente e, portanto, arbitrário dos sistemas morais. A alteridade e a sensação de ameaça que ela impõe são, nesta medida, aquilo que possibilita a constituição de uma identidade, necessária à moralidade (Kleinman, 1999).

Neste sentido torna-se patente a importância da ameaça para compreensão da condição humana: a percepção de ameaça (imposta pelo outro) torna-se tão fundante, que a identidade humana se dá por negação, ou seja, por contraste em relação àquilo que não o é. Em outros termos, o que é huma-

no é delimitado não a partir de seus próprios atributos, mas, em princípio, a partir daquilo do qual o humano se distingue. A busca pela identidade, portanto, se traduz na tentativa de traçar uma fronteira, ou seja, por uma separação daquilo que o ameaça. Toda a sistematização das categorias antropológicas e o próprio humano, por consequência, podem ser definidos por meio de uma dupla oposição: aquela entre humano e não-humano, e aquela entre humano e inumano (Cavarero, Butler, 2007).

A distinção entre humano e não-humano é de matriz aristotélica e trata da tradicional soberania do homem, supostamente possuído do *logos*, em relação ao animal. Por outro lado, há também um não-humano mais recentemente representado pelo resultado de sua obra sobre a natureza: o homem se distingue daquilo que produz, ou seja, do artificial (Cavarero, Butler, 2007).

O caráter de ameaça das biotecnologias se dá exatamente por tornar indistintas as fronteiras entre o humano e o não-humano, porque ao elevarem a característica biológica do humano o entendem como outro animal, no dizer de Habermas (2004), disponível moralmente para a ciência. Ele é não somente um animal, mas pode ter sua natureza biológica intercambiada com outros animais, por meio de transgenia. A interferência científica sobre o homem borra também a fronteira entre artificial e natural. Principalmente com a soberania da tecnologia como fim último da racionalidade científica, o homem passa não somente a ser um animal racional, mas um animal cuja racionalidade melhor se expressa pela técnica, ou seja, a artificialidade faz parte de sua natureza (Cavarero, Butler, 2007).

Resta, portanto, a distinção entre humano e inumano, este que é a negação do humano, e ao mesmo tempo irredutivelmente humano. A distinção aqui não se dá por meio de uma classificação que o separa do restante do mundo dos seres vivos, mas pela maneira como o ser humano lida com a perplexidade diante de sua própria (in)humanidade. O inumano se revela na dupla possibilidade humana dos extremos da violência e da vulnerabilidade, ambos representados, na segunda metade do século XX, pelos campos de concentração. Também na distinção do inumano a categoria da ameaça é fundamental. Isto porque ao mesmo tempo em que essa inumanidade deve ser afastada, porque representa uma ameaça à existência, o inumano é intrínseco à condição humana (Cavarero, Butler, 2007).

É exatamente o exemplo de campo de concentração que Agamben utiliza para descrever o atual momento da descrição/construção da humanidade. O

campo de concentração se torna central, pois representa o mais importante evento da biopolítica (Agamben, 2007).

É justamente o campo de concentração, de acordo com Agamben (2007), o auge da biopolítica. Este é o âmbito por excelência do que o autor chama de politização da vida nua. Ao se tornar o centro da política, a vida biológica coloca a relação entre vida e política em outros termos. O homem não somente é o animal capaz de vida política, mas sua própria vida, biológica, torna-se o principal objeto da política, ou melhor, da biopolítica.

A renúncia ao poder de fazer morrer, privilégio do soberano, e a emergência do poder de fazer viver levaram, para Foucault (2010), à constituição do biopoder. Já para Agamben (2007), ironicamente, é esta assunção da vida ao posto de novo objeto de poder que resulta nos campos de concentração e os regimes nazistas e fascistas. Neste contexto, os genocídios ocorrem

(...) não por um retorno ao velho direito de matar mas, bem pelo contrário, em nome da raça, do espaço vital, das condições de vida e de sobrevivência de uma população que se julga melhor, e que trata o seu inimigo já não como o inimigo jurídico do antigo soberano, mas como um agente tóxico ou infeccioso, como uma espécie de “perigo biológico” (Deleuze, 1988, p.124-125).

É neste contexto que se estabelece um estado de exceção permanente, em que a vida nua, meramente biológica, antes à margem do ordenamento político, torna-se o centro dele. Este estado de exceção é experimentado exatamente por esta indistinção tão ameaçadora, entre homem e animal, entre *bíos* e *zoé*, entre vida política e vida biológica, entre direito e fato (Agamben, 2007).

É por este motivo, segundo Agamben (2007), que o fascismo e nazismo permanecem *desgraçadamente* tão atuais em sua decisão de tornar o controle sobre a vida nua a fonte do poder totalitário. Esta ferida aberta na história da humanidade, que representa esta indistinção entre inumano e humano sem precedentes, pública, e organizada em forma de Estado — o fascismo e o nazismo — é fruto na verdade de uma outra indistinção, aquela entre humano e não-humano.

Para Agamben, é a indistinção que o homem passa a realizar entre sua animalidade e sua humanidade, ao tornar política a tarefa de tomar conta

da vida natural e animal do homem, que instauram aquilo que Foucault chamou de biopoder. Nesta medida, a discussão sobre a condição humana assume não uma dimensão metafísica de busca pela essência, mas uma dimensão prática e política fundamental sobre aquilo que nos separa dos animais (Agamben, 2002).

Essa indistinção, em sua face contemporânea, pode ter sua origem identificada no projeto científico, desde Lineu e sua taxonomia dos seres vivos. A partir de então, de forma definitiva, o homem é classificado cientificamente por esta indistinção (Agamben, 2002).

Para demonstrar essa última afirmação, Agamben esclarece que o homem é classificado até a décima edição do *Systema Naturae* de Lineu como da ordem dos *Antropomorpha*. É somente nesta edição que a ordem passa a se chamar *Primates* e que a espécie humana passa a receber a denominação de *Homo sapiens*. O termo *sapiens*, no entanto, não se refere a uma aquisição intelectual que diferencia o homem dos outros primatas. Ao contrário, o *sapiens* se refere à capacidade de se perceber humano em comparação e, portanto, em semelhança aos outros do gênero *Homo*. Assim, o homem passa a ser definido cientificamente não por uma característica específica, mas pela consciência de sua semelhança aos demais. O homem é aquele animal que precisa se reconhecer enquanto animal para ser homem (Agamben, 2002).

O homem é, portanto, o único animal que é capaz de reconhecer-se enquanto tal e, por isso, negar este fato. Esta é a essência do que Agamben denomina de *máquina antropogênica*, um dispositivo irônico que passa a funcionar ao longo da tradição ocidental e encrava artificialmente uma cisão entre humano e animal, entre humano e inumano. O funcionamento desta máquina é marcado pela criação desta separação, de uma zona de exceção, um vazio que revelaria o que é verdadeiramente humano. Esta máquina antropogênica opera de forma a sempre deslocar e reposicionar estas cisões e suas articulações. Ela funciona, portanto, como uma instância de decisão incessantemente atualizada (*aggiornata*) daquilo que é verdadeiramente humano (Agamben, 2002).

É este vazio criado para ser um espaço de decisão que dá origem à *vidanua*, uma vida separada e excluída dela mesma. É a ascensão desta vida meramente biológica ao cômputo político que gera uma despolitização da sociedade humana e uma politização da vida humana, em suma: a biopolítica (Agamben 2007).

É este mesmo vazio que gera a sensação de falta de essência e identidade que acaba por elevar a genética ao papel cultural que assume atualmente. É para preencher este vazio que se opera a busca de uma herança comum a qualquer custo (Agamben, 2002). É a esta tarefa a que se lança a ciência. Como resultado da legitimidade social da ciência nesta busca, surge o papel atual da herança genética para a construção da imagem de homem.

5. GENÉTICA E CONDIÇÃO HUMANA

Se a biopolítica representa uma ruptura com a política clássica, ao fazer do homem o animal cuja política coloca em jogo sua própria vida biológica (Foucault, 2010), a genética, por sua vez, também representa uma ruptura com a tradição clássica acima descrita do dualismo psicossomático. A genética, ao identificar a singularidade humana a partir de seu código genético, faz com que o homem não possa mais ser definido por sua própria experiência. Sua percepção sobre o próprio corpo ou sobre sua própria consciência não são mais aquilo que o definem.

Esse dualismo estrutural psicossomático toma feições diversas ao longo da história. O dualismo clássico de *psyché* e *soma* do animal racional é reapropriado pela visão medieval da alma enquanto uma subjetividade incorporada, na qual alma e corpo são inseparáveis até mesmo no caminho para o juízo final. Este dualismo medieval mais sutil é sucedido por uma visão bastante radical, fundante para a modernidade, em Descartes e em seu homem cindido entre elementos materiais e imateriais (Barbaras, 2003).

A visão cartesiana entendia a mente, porém, como uma instância ontologicamente superior. No entanto, é de uma extrapolação mecanicista, que ele mesmo não poderia prever, que surge a presente aceção da mente como uma máquina, igualmente material, extremamente mais complexa, mas ainda assim uma máquina (Barbaras, 2003).

O fato é que, nas diferentes concepções antropológicas, em graus diversos de conexão entre alma e corpo, em explicações mais ou menos materialistas sobre suas continuidades ou descontinuidades, este dualismo acabou definindo a identidade humana no pensamento ocidental. No entanto, esta perspectiva atualmente é deslocada para um terceiro elemento cuja principal característica é uma série de intercâmbios e paradoxos em relação à visão dualista anterior (Sibilia, 2006).

Como reflexo de uma busca por objetividade e, portanto, de uma materialidade do real, os saberes tecnocientíficos localizam no substrato biológico de cada indivíduo a fonte de toda sua subjetividade e ao mesmo tempo de sua humanidade. Em suma, a verdadeira essência do humano encontraria atualmente sua morada na carga genética. No discurso científico de maior prestígio atualmente, aquele de base biológica, são informações (genéticas) que determinam o que o homem realmente é (Sibilia, 2006).

Portanto, o homem, em sua essência, é definido contemporaneamente não mais por seu corpo ou sua mente. Antes, tanto o corpo como a mente são pré-determinados em suas potências pelo código genético (Sibilia, 2006).

No entanto, ao mesmo tempo em que a objetividade científica torna o código genético corpo, porque o DNA é um componente biológico, o mesmo código é irredutivelmente racional, pois é informação, um conjunto de dados e comandos que geram consequências corporais.

Em outros termos, a genética embaralha o dualismo mente e corpo não somente porque explica e localiza biologicamente a razão - pressuposto comum de toda visão biológica da condição humana - mas porque racionaliza o biológico, ao explicar tanto o responder do corpo quanto o comandar da mente a partir de uma narrativa própria das ciências da informação (Nelkin, Lindee, 1995).

Mais do que isso, torna-se paradoxal também a relação entre material e imaterial. Paradoxo, este, que por certas vezes aproxima o código genético, biológico e material, à imaterial alma da tradição cristã. Enquanto entidade que persiste além do corpo, que contem todos os elementos constituintes fundamentais do corpo, que pode trazer o corpo de volta à vida e como fonte da identidade e personalidade, o DNA assume um papel muito próximo ao de alma transcendente. E, como tal, qualquer manipulação que o envolva toma dimensões de polêmica e tabu (Nelkin, Lindee, 1995).

Ao identificar o código genético como código da vida, no lugar de uma relação entre um comando cerebral e uma resposta corporal, a essência humana passa a ser definida por uma relação digital entre a informação genética e as características fenotípicas, inclusive aquelas cognitivas. Ao estabelecer a essência em bases digitais, torna-se, portanto, a repousar a subjetividade sobre bases imateriais. Nesta redefinição do humano, o DNA, como molécula orgânica, é matéria e ao mesmo tempo se desmaterializa para se converter em energia vital, em informação (Sibilia, 2006).

Esta informação é, portanto, algo imaterial; porém, comodamente compatível com a aparelhagem digital atual. Não é por acaso que a relação entre *hardware* e *software* constitui uma metáfora privilegiada na hora de aludir ao funcionamento e melhoramento humano (Sibilia, 2006).

Desta forma, podemos identificar um novo dualismo em que nosso *hardware* seria animado por um *software*. A intervenção genética sobre o corpo, o *hardware*, se daria então a partir da informação, a partir do *software*. Nesta visão tornam-se igualmente programáveis a mente e o corpo. Assim, a essência do sujeito está inscrita em regiões quase virtualizadas do seu capital genético, o que faz com que o mundo, o ambiente, os outros, a própria carne, mas também a mente se tornem alheios a essa essência e, portanto, passíveis de reformatação (Sibilia, 2006).

Portanto, é o papel da genética como definidora do homem que embaralha as diferenças entre corpo e mente/alma. Deste modo, a genética estabelece novas formas de biopoder, ou seja, novas maneiras de posicionar e compreender a vida biológica na vida política. Neste contexto, mais uma vez surge o espectro e o assombro da eugenia, ainda mais potentes: não somente o corpo se torna disponível para a manipulação, mas também a mente, já que nenhum deles por si só nos define. Já que somos informação, o resto torna-se consequência dela, disponível e passível para melhoramento (Sibilia, 2006).

É este o homem ao qual a bioética, enquanto campo de saber, vem se referindo. No entanto, para enfrentar as questões éticas levantadas pela contemporaneidade não basta uma universalidade baseada em pressupostos genéticos. É preciso compreender o homem não somente a partir de sua natureza humana, mas a partir de sua condição humana, até mesmo porque a natureza biológica encontra-se enfraquecida como modelo de explicação da universalidade humana em ao menos duas maneiras.

O primeiro ponto fraco na defesa de uma universalidade a partir de uma natureza humana é aquele mais tradicional denunciado pelos antropólogos desde as primeiras experiências etnográficas: todo traço biológico escolhido para ser denominador comum do humano, como já ocorreu com traços fisionômicos e até com o cérebro, se apresenta em tantas variações que não serve plenamente ao propósito. Assim ocorre com a presente explicação da universalidade de base genética. Com efeito, há uma tamanha diversidade de definições de genes e da forma como eles se expressam e definem um fenótipo, que se anuncia com a mesma intensidade a diversidade de cargas genéticas entre os homens e a semelhança do genoma

humano a de outros animais. É neste ponto que a genética, como discurso científico de embasamento da singularidade e universalidade humana, perde a potência (Latour, 2004a). Nesta perspectiva, qualquer nova teoria de explicação exclusivamente biológica sobre a natureza humana perpetua uma dança imóvel que apenas desloca infinitamente o local de busca dessa mesma universalidade.

O outro aspecto que enfraquece uma fundamentação biológica da universalidade é a visão crescentemente compartilhada, principalmente pela antropologia de origem europeia, de que a análise da ciência contemporânea precisa desistir dos polos entre cultura e natureza. Nesta perspectiva, é preciso entender que a cultura somente é possível por um conjunto de configurações de natureza biológica e que a natureza, por sua vez, está sujeita a transformações pela cultura. As atuais biotecnologias, portanto, inauguram um novo momento no antigo embate entre “multiculturalismo” e “mononaturalismo” e trazem o “multinaturalismo” definitivamente à pauta na discussão sobre a condição humana (Latour, 2004b).

6. BIOÉTICA, BIOPOLÍTICA E NOÇÃO CONTEMPORÂNEA DE HUMANIDADE

É neste contexto plural e indistinto que se desenvolve a bioética. Paradoxalmente é ao mesmo tempo animada por antigos dualismos entre mente e corpo, entre natureza e cultura, entre artificial e natural, animalidade e humanidade, vida política e vida biológica, material e imaterial, local e global e por suas crescentes indistincões:

A política clássica fazia uma distinção muito nítida entre *zoé* e *bíos*, entre vida natural e vida política, entre homem como simples ser vivo, que tem o seu lugar na casa, e o homem sujeito político, que tem o seu lugar na pólis. Pois bem, nós não sabemos mais nada acerca disso tudo. Nenhuma distinção nos é possível entre *zoé* e *bíos*, entre nossa vida biológica de seres vivos e nossa existência política, entre o que é incomunicável e mudo e o que é dizível e comunicável. Nós, como já escreveu Foucault, somos animais cuja política coloca em jogo sua própria vida de seres vivos. Viver num estado de exceção que se tornou regra tem significado que nosso próprio corpo biológico tornou-se distinto de nosso corpo político, que as experiências que nós dizíamos anteriormente políticas sejam bruscamente relegadas em nosso corpo

político e que as experiências privadas se apresentem subitamente fora de nós, como corpo político (Agamben, 1996, p.145).

Na atualidade, a biopolítica, que centraliza a vida nua na ordem política, e o biopoder, que reconhece a vida biológica como fonte do poder, encontram um papel importante em tempos de globalização. O próprio *Império* é descrito como a forma de poder que tem por objetivo a natureza humana sendo, portanto, biopoder. Assim, em um contexto em que os Estados soberanos estão enfraquecidos enquanto força política, a soberania política em tempos globalizados é representada por forças dominadoras que tem o controle sobre a vida como fonte de poder (Hardt, Negri, 2001).

Neste contexto, segundo Hardt e Negri (2001), o capital e seu papel histórico de determinar aquilo que está incluído no mercado e aquilo que está fora dele, culmina no Império, que se configura como a forma de soberania que resulta da realização universal do mercado. O Império, portanto, representa um estágio em que o capital realizou sua tarefa de expansão no qual não há mais um lado de fora do mercado. Neste estágio, o poder se torna um regime geral de dominação da vida, mas é também ela que se estabelece enquanto campo de resistência ao poder. É também nesse sentido que a política se torna biopolítica. É por este motivo que a pós-modernidade impõe outras necessidades teóricas, isto é, novos conceitos para entender um novo engendramento de forças.

A bioética, portanto, se torna um mecanismo de oposição aos presentes processos relacionados à biopolítica. Embora os termos possam inicialmente parecer em relação de identidade devido ao prefixo *bíos*, esta aparente aproximação entre bioética e biopolítica ocorre por uma ambiguidade derivada da indistinção moderna entre *bíos* e *zoé* (Schramm, 2010c).

A indistinção é justamente aquela entre uma vida biológica, compartilhada com os animais, e uma vida qualificada como distintamente humana. Se, como nos diz Agamben (2002), é esta indistinção aquilo que permite a ascensão da vida nua ao papel de fonte de poder, é somente ao trabalhar nesta distinção que a bioética pode se contrapor à biopolítica.

O papel da bioética, portanto, de identificar a maneira como as biotecnologias afetam o homem, não pode partir de uma compreensão da vida como meramente biológica nem pode ser escrava de uma biologização da vida política.

Para refletir sobre a forma como as biotecnologias afetam a vida humana, é preciso compreender como a biopolítica legítima, sob a justificativa de sua proteção, qualquer interferência sobre o biológico. Por uma espécie de mecanismo imunitário que visa proteger a vida biológica, a biopolítica acaba por resumir o humano a esta única dimensão, ao mesmo tempo em que a torna completamente disponível para a intervenção biomédica tecnológica (Esposito, 2010).

É por esta ambiguidade do termo vida que a discussão bioética sobre a condição humana torna-se uma alternativa. Devido a uma indistinção entre o que é meramente biológico e aquilo caracteristicamente humano, o uso do conceito de vida acaba gerando uma discussão entre a defesa de uma vida como ela é, ou, contrariamente, a defesa de que é moralmente aceitável a alteração que incrementa a qualidade da vida (Schramm, 2009).

Como alternativa, pautar a bioética a partir da condição humana significa reconhecer a diversidade de formas e constituições possíveis de vidas qualificadamente humanas. A proposta é, portanto, colocar como centro da reflexão bioética, não a vida, em sua ambiguidade, mas a condição humana, em sua mobilidade. Assim, ao reconhecer a condição humana em sua diversidade de manifestações históricas, culturais e biológicas, a bioética compreende o poder da biotecnociência de alterar a condição humana, em suas dimensões biológicas e simbólicas.

Em suma, recupera-se a ligação entre o homem, a ética e a bioética, pois se, por um lado, a ética representa o esforço de compreensão e descrição da moralidade enquanto um fator comum a um homem universal, por outro, este homem universal é redefinido ao longo do tempo por um mecanismo, uma *máquina antropogênica* (Agamben, 2002), que determina sempre diversamente o que é humano. Assim, na vigência da biopolítica, o homem, entendido como animal político, é definido pela força política de seu tempo: a vida biológica continuamente redefinida em suas fronteiras pelas novas biotecnologias. É desta forma que as novas biotecnologias assumem o papel de novas facetas da máquina antropogênica.

A vigência do paradigma bioético, enquanto esforço ético de compreensão da moralidade, se desenvolve com a assunção das biotecnologias ao papel de máquina antropogênica, porque estas não só manipulam as fronteiras das condições humanas, mas, constantemente, as redefinem. Nessa ética das novas antropotécnicas (Sloterdijk, 2011), o horizonte mais claro nesta busca do universal tem duas medidas: a própria explicação genética da vida

biológica, e a ameaça universal causada por estas novas biotecnologias à condição humana.

Neste contexto, é preciso ter em mente que a bioética, como qualquer outro campo - como nos ensina Bourdieu (2003) - não se constitui como campo científico a partir de uma busca desinteressada pela verdade. Ao contrário, é um campo porque é unido por valores e lutas.

No caso da bioética, todas as suas narrativas de origem, quer seja aquela de ponte, de Potter (1971), que tinha uma preocupação com a interdisciplinaridade que deveria existir entre cultura humanista e cultura científica (Schramm, 2011), quer seja aquela de ética biomédica (Beauchamp, Childress, 2008), quer seja aquela dos movimentos de lutas pelos direitos civis (Mori, 2010), têm em comum um contexto de negação à explicação da realidade humana limitada ao discurso biológico. Neste sentido, é preciso lembrar que a própria bioética nasce da negação do pressuposto de neutralidade moral do conhecimento científico, como bem exemplifica o já clássico artigo/denúncia de Beecher (1966) a respeito de estudos clínicos altamente reprováveis eticamente (Katz, 1993), e que pode ser visto como um antecedente factual do movimento bioético. O que subjaz, portanto, ao surgimento da bioética não é um processo cumulativo e casual de fatos, mas o conjunto de dinâmicas socioculturais e econômico-políticas de gestão da vida (Jungues, 2011).

Nesta perspectiva, com seu próprio surgimento, a bioética atesta que a descrição da realidade biológica não basta às decisões morais justamente porque esta realidade não esgota a existência humana. Por este motivo, a bioética precisa se afirmar não somente em oposição à pressuposta neutralidade moral da ciência, mas também à exclusividade do saber biológico na definição daquilo que é humano.

É obviamente inegável a importância que a vida biológica tem na construção atual da concepção de uma condição humana. É inegável a dimensão material que o corpo orgânico toma como a única estrutura capaz de agir e transformar a história. No entanto, o corpo só o faz dentro de uma cultura, uma circunstância histórico-cultural que o possibilita como agente. Por este motivo, ao encarar a tarefa de compreender a moralidade humana em tempos biotecnológicos, a bioética não pode se guiar somente por visões biologicistas.

Se a bioética tem como objeto situações contemporâneas em que a distinção entre natureza e cultura não é nítida, isso só se dá porque no próprio homem esta separação não está dada.

A compreensão do que é o humano se dá somente na constatação de que suas dimensões são irredutíveis, mas também inseparáveis: a condição física da animalidade, e a condição moral da humanidade. Nesse sentido, como nos indica Tim Ingold, para pensar o homem

nosso problema principal (...) deve ser resolver esse dilema, reconciliar a continuidade do processo evolutivo com a consciência de vivermos uma vida que se coloca além do *meramente animal*. Isso não pode ser realizado pela redução do estudo da humanidade seja a uma pesquisa da natureza e evolução da espécie *Homo sapiens*, seja a uma investigação da condição humana conforme manifestada na cultura e na história. Nossa meta deveria ser transcender a oposição entre essas concepções que têm se mantido tradicionalmente como territórios exclusivos da ciência natural e das humanidades. Em outras palavras, precisamos estudar a relação entre a espécie e a condição humanas, entre seres humanos e ser humano (Ingold, 1994, p.31-32).

A bioética, portanto, para transpor a superfície dos problemas que analisa, necessita compreender em profundidade as estruturas do biopoder e a forma como elas configuram as práticas quotidianas e as opiniões morais. Em sua análise das biotecnologias, uma abordagem bioética adequada parte de uma compreensão ampla da dinâmica das configurações destas biotecnologias no contexto sociocultural e dos discursos construídos para sua justificação (Jungues, 2011).

Por este motivo, a análise aqui performada sobre a nanotecnologia pretende contribuir indiretamente para a reflexão normativa a respeito das novas biotecnologias em geral. Ao tratar da nanotecnologia em especial, o objetivo não é alcançar um veredito normativo sobre este recente avanço tecnocientífico, mas propor uma reflexão bioética que parte de uma percepção do ser humano além de uma natureza humana, meramente biológica.

Ao conceber o homem como produtor cultural criativo da própria representação de si, esta análise encara a condição humana como algo que se estabelece por um contínuo intercâmbio entre suas dimensões naturais e culturais e que sofre incessantes revisões ao longo tempo. Fundamentadas

nesta compreensão de condição humana, as páginas a seguir buscarão esclarecer como a nanotecnologia, depois da genética, traz indícios de uma transição para um novo capítulo da representação que o homem faz de si e para a fundamentação ética e a reflexão bioética, portanto.

(Página deixada propositadamente em branco)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para além de potenciais danos derivados do bom ou do mau uso dos artefatos nanotecnológicos, a compreensão da nanotecnologia como um complexo arranjo de diversas técnicas e modos de saber-fazer, com suas representações simbólicas, visões de mundo, instituições, regras e normas envolvidas, revela consequências muitas vezes negligenciadas das novas tecnologias.

Examinar a nanotecnologia em seu processo de construção permite vislumbrar os argumentos que possibilitam e legitimam seu estabelecimento enquanto conhecimento acadêmico. Desvela-se, assim, a forma como a tecnociência, para além de novos produtos e dispositivos, opera a plasticidade de concepções fundamentais inclusive para sua análise ética.

A nanotecnologia nos convida a despir o DNA de seu caráter simbólico como código da vida. Esse poderoso ícone – hoje mobilizado para explicar toda sorte de características corporais e aptidões mentais – precisa sofrer transformações, precisa tornar-se absolutamente disponível, para se tornar material nanotecnológico por excelência.

Em suas configurações particulares, a nanotecnologia ilustra que é a transformação do humano, e da forma como ele concebe a si mesmo e seu entorno, a preocupação de fundo do debate das novas biotecnociências.

A partir desta mudança de foco, a bioética pode se compreender de forma diversa também: tanto em seus métodos, que ultrapassam a análise e discussão de riscos, quanto em sua função, que identifica e combate critérios excludentes para a autoconservação humana, a bioética assume novas

perspectivas e potencialidades enquanto campo para reflexão sobre a moralidade das novas biotecnociências.

1. E COMO A NANOTECNOLOGIA ALTERA A CONDIÇÃO HUMANA?

Como vimos, a nanotecnologia desperta controvérsias comuns a outros avanços recentes. Assim, a análise até aqui percorrida parece corroborar a perspectiva frequente na literatura de que, dadas as semelhanças, é provável que suas implicações éticas não incluam qualquer tema ou princípio novo para a análise dos adventos tecnocientíficos. De fato, quando comparada às discussões já estabelecidas sobre ética, pesquisa e ciência, a nanotecnologia levanta questões já conhecidas como privacidade, concepção de ser humano, justiça, riscos e eugenia (Keiper, 2007).

A potencialidade de novos riscos é inerente às inovações tecnocientíficas e consiste em um dos temas mais recorrentes no horizonte bioético. Sob este aspecto, a exploração tecnológica das novas propriedades nanoescalares, por si, não chega a apresentar uma real novidade do ponto de vista de suas implicações éticas.

Entretanto, a nanotecnologia traz sim novos aspectos em nada desprezíveis para as análises bioéticas. De forma inédita e contundente, o convite a modificações não somente na estrutura, mas também na forma de conceber o DNA. Assim sendo, a nanotecnologia anuncia mudanças em uma narrativa estruturante para a presente relação entre sociedade, ciência e tecnologia: o “código da vida” precisa ser revisto enquanto discurso.

É este aspecto em específico da nanotecnologia que apresenta especial interesse para a bioética. Não são potenciais riscos e toxicidade, mas justamente as expectativas em relação à nanotecnociência e seu impacto sobre o ser humano, seu corpo, sua identidade individual e social que tornam o debate ético sobre a nanotecnologia tão acalorado (Lenk, Biller-Andorno, 2007; Grunwald, 2005; Grunwald, Julliard, 2007). Em suma, o caso da nanotecnologia, em suas configurações particulares, ilustra que é a transformação do humano, e da forma como ele concebe a si mesmo e seu entorno, a preocupação de fundo do debate das novas biotecnologias.

A proposta de um avanço na análise ética da nanotecnologia, para além da análise de riscos, é já feita por Dupuy (2007). Para tanto, o autor aponta a

necessidade de estabelecer algumas distinções: a primeira delas seria aquela entre ética e mera prudência; a segunda consistiria na diferença entre ética e análise de riscos; e, em terceiro lugar, encontra-se a diferença entre técnica e tecnologia. Estas distinções foram discutidas no capítulo 3 deste livro. O propósito último deste estudo, no entanto, somente se torna claro com a observação da quarta distinção destacada pelo autor: aquela entre natureza e condição humana.

Esta diferença é fundamental não somente para disciplinas como a antropologia e a filosofia, mas também, conforme vem sendo argumentado ao longo deste livro, para a própria ética. Uma das formas de acessar esta diferença entre natureza e condição é explorar a polissemia do próprio termo natureza. Em um sentido, natureza remete a uma qualidade essencial e, portanto, universal e exclusiva. É universal porque não pode ser particular de apenas um indivíduo, mas deve dizer sobre todas as coisas dessa espécie, e, ao mesmo tempo, exclusiva porque se refere apenas a elas e a nenhum outro tipo de coisa. Em um segundo sentido, natureza significa o mundo material naquilo que se distingue de sua representação microcós mica no mundo das ideias (Ingold, 1994).

Estes conceitos distintos passaram, porém, por um processo histórico de transição semântica que levou com que a natureza humana, antes entendida em termos não materiais como essência do ser humano, agora seja atribuída a aspectos meramente biológicos. Com a revolução biológica assistida a partir de meados do Século XX, a natureza/essência passa a ser explicada por um viés natural, biológico; a essência humana passa a ser material e localizada no DNA (Nelkin, Lindee, 1995). Com isso, a polêmica discussão sobre a existência de uma natureza humana, tantas vezes já travada nas ciências humanas e por elas progressivamente relegada, é transformada em um domínio científico da biologia. Ademais, a distinção entre condição humana e natureza humana, também devido a esta transição da natureza/essência para uma essência definida como natureza biológica, tem sido marcada por uma oposição entre natureza e cultura.

A explicação genética, porém, não é a primeira tentativa de definir a humanidade por algum tipo de traço biológico, pois características da constituição corporal e até mesmo o cérebro humano já foram apontados como aquilo que distingue o homem do restante dos animais. Como as tentativas anteriores, este discurso de cunho biologicista perde a potência justamente na diversidade conceitual alcançada pela própria ciência ao aprofundar-

-se em seu objeto. O estudo da genética levou a tamanha diversidade nas definições de gene e relatou tantas diferentes formas de expressão e determinação dos fenótipos, que a diferença do genoma humano para o de outros animais não parece ser suficiente para distinguir nossa humanidade (Latour, 2004b).

Mas se, por um lado, os atributos humanos não podem ser reduzidos a um estudo da constituição biológica do homem, por outro, a cultura somente se realiza a partir de um arcabouço biológico (Cavarero, Butler, 2007). O estudo da condição humana, portanto, não deve partir da irreduzibilidade de cada uma de suas dimensões, mas de sua inseparabilidade.

É o estudo das biotecnologias enquanto discurso, e não meramente como um conjunto de artefatos técnicos, que revela, de forma mais contundente, que não somente a cultura é fruto da natureza biológica humana, mas que a própria natureza tem sido continuamente transformada pela cultura (Latour, 2004b).

O surgimento das biotecnologias incrementa este intercâmbio. Sua capacidade de intervenção biológica coloca novamente em pauta a questão da condição humana ao ameaçar um universal “mononaturalismo”. Isto ocorre porque a assunção da carga genética ao posto de essência humana, embaça a distinção mente/corpo e faz com que ambos os entes se tornem disponíveis para manipulação e modificação genética, já que nenhum deles, sozinho, nos define (Sibilia, 2006).

A disponibilização da vida biológica, neste contexto, representa um mecanismo de biopoder mediado por uma percepção de que não somente a eliminação da morte e do sofrimento são objetivos válidos, mas atingíveis por meio do infinito progresso biotecnocientífico (Sibilia, 2006).

O valor da escolha autônoma e racional dos indivíduos de evitar o sofrimento e as limitações impostas pela condição orgânica humana tem sido frequentemente utilizado como parâmetro único de análise ética diante de tais situações. No entanto, a dimensão biopolítica da intervenção e sua tendência normalizadora dentro da sociedade, fundamentais para a compreensão mesma deste impulso e dos meios para realizá-lo, não são consideradas. Desta forma perde-se um aspecto fundamental para a análise da biotecnociência: aquilo que torna a biopolítica ambivalente e a biotecnociência fonte potencial de ameaças reside na trama indivíduo/sociedade. A importância da conservação da vida na configuração biopolítica impulsiona ao mesmo tempo a promoção da saúde individual, como mecanismo de

subjetivação, e a redução do homem à sua dimensão biológica, que permite a instrumentalização tecnocientífica do homem observada em tempos de anulação em massa como o nazismo (Foucault, 2010).

Essa ambiguidade moral que acompanha a biopolítica deriva, segundo Esposito (2002), do que ele denomina Paradigma Imunitário. A biopolítica, nesta perspectiva, fundamenta-se na característica autoconservação do homem. Como meio de autoconservação, a imunidade se traduz na necessidade cada vez mais antecipada de uma defesa artificial do *próprio*, do individual, por meio do combate ou da inibição do risco de aniquilação que o contato com o outro representa. A imunidade como preceito, ainda que sofra variação em suas acepções na medicina, no direito e na ciência da informação, remete sempre à necessidade de proteção contra riscos de contaminação e expropriação associadas à vida em comunidade.

A leitura imunitária aliada a outros conceitos da configuração biopolítica contemporânea fornecem, então, instrumentais teóricos valiosos para a compreensão de porque o biopoder e sua capacidade de intervir sobre o biológico representam atualmente a maior manifestação de poder humano (Sloterdijk, 2011). Este mesmo poder traz em si a perspectiva de obsolescência do homem, segundo a qual a constituição orgânica e a morte passam a representar limitações da liberdade a serem superadas (Dupuy, 2007).

Assim, a disponibilização da vida biológica e a consequente ascensão da vida nua a objeto da vida política (Agamben, 2007) proporcionam e propulsionam o melhoramento no sentido de ampliar as possibilidades humanas em vida. Paradoxalmente, a liberdade vinda de sua capacidade de interferir sobre sua própria vida biológica faz com que ele se torne cativo de sua necessidade de sempre se melhorar (Anders, 2007).

Nesta perspectiva, a genética expressa apropriadamente uma nova explicação para uma suposta essência humana, ou seja, o homem em todas as suas dimensões está inscrito em um conjunto de informações pré-definidas que por meio da biotecnociência podem ser editadas (Sibilia, 2006).

Muito embora esta nova explicação sobre a humanidade represente uma ruptura na tradição de definir a condição humana a partir da dicotomia entre corpo e mente, ela ilustra ao mesmo tempo uma continuidade do movimento da máquina antropogênica, um dispositivo que, incessantemente atualizado, revê as decisões sobre aquilo que é verdadeiramente humano (Agamben, 2002).

Assim, a condição humana é revisada constantemente, mas permanece relacionando duas dimensões inseparáveis que se transformam mutuamente. Este contínuo intercâmbio entre natureza e cultura “significa que o homem, em grande medida, pode determinar aquilo que o determina, condicionar aquilo que o condiciona” (Dupuy, 2007, p.246).

Por este motivo, o papel principal da ética é compreender essa necessidade de sempre redefinir os critérios para definir a condição humana, para poder revelá-los, debater sobre eles e exercer influência sobre suas escolhas. Nesta medida, para Dupuy (2007), não cabe pensar que o papel primordial da ética seja o de ditar o que é bom ou o que é mal:

Seu papel é nos forçar a levantar questões desconfortáveis a respeito da condição humana que tomamos costumeiramente como dadas (Dupuy, 2007, p.248).

É do mesmo ânimo das demais biotecnologias que nasce a nanotecnologia, ou seja, da vontade de intervir para alterar e melhorar as características humanas consideradas indesejáveis, ou seja, sua morte e seu sofrimento. Por este mesmo motivo a nanotecnologia coloca a questão da condição humana em pauta, e também por isto se torna uma questão de interesse para a bioética (Dupuy, 2007).

Para que o corpo e a mente se tornassem disponíveis para intervenção e melhoramento, com os avanços da genética, observamos um deslocamento da essência humana para o genoma (Sibilia, 2006). A nanotecnologia de DNA, por sua vez, traz sinais também de uma mudança na concepção da condição humana. Para disponibilizar o DNA, para torná-lo o mais promissor material para a nanotecnologia, a nanotecnologia nos convida a rever os critérios de definição da condição humana novamente.

No discurso científico sobre a nanotecnologia, justificado por sua flexibilidade, por sua fácil sujeição à manipulação e pela possibilidade de se autor-replicar a partir da programação estrutural desejada, o DNA possibilitaria tantos usos quantos a imaginação permitisse (Liu, Yan, 2009).

Na descrição de suas pesquisas, Aldaye et al. (2008) convidam o leitor a despir a molécula de DNA do caráter metafórico de código da vida, pois, segundo eles, a função de “código da vida” é característica de uma configuração mais simples. Isto porque a nanotecnologia nos convidaria a olhar

a molécula de uma forma nova e ainda mais promissora: a possibilidade infinita de obter conformações diversas do DNA permitiria que a molécula servisse como material para os mais diversos fins, como a produção de *chips*, e como molde para produzir outros nanomateriais.

Para compreender os indícios de transformação que a nanotecnologia anuncia, é ilustrativo observar a maneira como a discussão antiga sobre o que caracterizaria uma essência humana recebeu novo fôlego após a separação de matriz cartesiana entre corpo e mente. Esta, então nova, descrição se tornou determinante para a caracterização do humano na sociedade ocidental contemporânea (Koyrè, 1991). Parte deste processo contínuo, um ainda mais recente capítulo sobre a condição humana e aquilo que a determina se delineou com o paradigma biotecnocientífico e a revolução prático-cognitiva instaurada pela descoberta da relação entre hereditariedade genética e a molécula de DNA (Schramm, 1999).

A descoberta do DNA e o mais recente Projeto Genoma Humano estabeleceram o chamado essencialismo genético, denominação que expressa a função do DNA na sociedade ocidental. Resultado de uma representação num contexto secularizado e moralmente plural, o código genético se apresentou como uma alternativa científica, clara e objetiva para a explicação da origem e manutenção da vida. No entanto, a retórica que explica a condição humana a partir de uma molécula, ao pretender fornecer à condição humana uma definição materialista, acaba aproximando-a, paradoxalmente, em muitos aspectos, à alma cristã. Como ela, o DNA é uma entidade de certa forma independente do corpo e que sobrevive a ele, conservando características individuais para além da existência do indivíduo. Desta forma, assim como a alma, o DNA parece imortal e garante a imortalidade do indivíduo também por meio da transmissão de características genéticas para sua descendência (Nelkin, Lindee, 1995).

Assim, a questão da condição humana, fundante para a bioética, é colocada de uma forma nova pelo paradigma biotecnocientífico e pelo decorrente essencialismo genético. O que é fundamentalmente humano e que o caracteriza não é sua mente ou seu corpo. É o código genético, esse poderoso ícone cultural contemporâneo, que explica as características corporais e as aptidões mentais. Neste sentido, o essencialismo genético inaugura uma nova fase para a discussão sobre a condição humana, em que o ser humano, em sua complexidade social, histórica e moral, seria predefinido por seus

genes. O DNA, assim, torna-se o definitivo *locus* da identidade, o último e verdadeiro *self* (Nelkin, Lindee, 1995).

Claramente, o DNA, conforme representado atualmente, deriva seu apelo cultural da ciência e, por isso, adquire tamanha importância na representação coletiva do humano e de seu entorno. A nanotecnologia, como expoente do paradigma biotecnocientífico, não foge a esta narrativa de que o código genético determinaria o futuro humano. No entanto, ao apropriar-se deste simbolismo, a nanotecnologia acaba por ameaçá-lo. No momento em que os cientistas elegem o DNA como material nanotecnológico ideal, nos propõem despi-lo de seu caráter simbólico de código da vida e ressignificá-lo. Dado o prestígio do discurso e da prática científica, este fato certamente anuncia mudanças na representação daquilo que consideramos humano.

O homem já partido, dicotomia de mente e corpo, é reduzido à expressão de seu conteúdo genético. Neste contexto, o DNA torna-se um ícone cultural e científico tão poderoso que todos os novos avanços biotecnológicos o utilizam de alguma forma, para também corresponder ao tipo de cultura resultante da vigência do paradigma biotecnocientífico e gozar de seu prestígio social. A nanotecnologia não foge ao esquema e também faz do DNA seu material mais importante. É neste ponto que a condição humana, como é majoritariamente representada, é posta mais uma vez em questão. É esta promessa de transformar o ser humano, seu corpo, sua identidade individual e cultural que gera toda a atmosfera de fascínio e medo que acompanha os avanços biotecnológicos, tornando o debate ético sobre a nanotecnologia tão acalorado.

Se o DNA passa a ser a base para a construção de tudo, torna-se banalizado e acaba por perder sua importância simbólica como a concebemos, como isto atinge o humano?

O caráter de incerteza intrínseco da busca de novas propriedades e a intervenção precisa sobre a programação molecular são aspectos novos da nanotecnologia em relação aos avanços anteriores. No entanto, talvez seja ainda mais significativa, do ponto de vista ético, a manipulação massiva da molécula de DNA. Neste caso, certamente, serão colocadas questões referentes à toxicidade para os humanos e o meio-ambiente, mas as transformações culturais anunciadas são ainda mais profundas. Isso porque a alteração na condição humana não se dá somente porque a intervenção sobre o DNA será mais frequente e eficiente, mas também porque ao anunciá-la como o mais promissor material nanotecnológico, a nanotecnologia aca-

ba por ressignificá-lo e, conseqüentemente, por propor uma redefinição da própria condição humana (Pyrrho, Schramm, 2012).

O mais importante objeto da reflexão ética é, portanto, o discurso científico e as questões de interesse que tratam da condição humana nele inscritas. Isto porque o discurso científico traz impactos para a condição humana, mesmo sem terem acontecido:

Os homens sonham com a ciência antes de fazê-la e estes sonhos, que podem tomar a forma de ficção científica, têm um efeito sobre o mundo e transformam a condição humana, materializando-se em técnicas ou não. O objeto da ética deve, portanto, ser não a técnica somente, mas esta estrutura que provoca uma causa comum (Dupuy, 2007, p.242).

É por este motivo que as questões de interesse para a ética não são os artefatos técnicos, mas a tecnologia que possui uma dimensão discursiva capaz de transformar a condição humana mesmo sem ser realizável ainda, ou jamais chegar a sê-lo. O que suporta esta possibilidade de transformar a condição humana, quer por meio de produção técnica, quer unicamente pelo discurso, é chamado por Popper (2009) de programa metafísico de pesquisa. Este, na verdade, pode ser entendido, de acordo com o referencial de Latour (2000), como o conjunto de dimensões que tornam coisa a nanotecnologia, e não meramente um objeto. Essas dimensões são aquilo que trazem impacto para a condição humana, mudam a concepção do humano, mudam a concepção daquilo que é disponível ou não para a ciência.

Assim sendo, o que nos diz o avanço tecnocientífico que tem a nanotecnologia como expoente? Vivemos em um contexto em que as conquistas do homem como sujeito atingem seu máximo na ciência. A autonomia e a liberdade, que fazem do homem senhor de si mesmo, se realizam na possibilidade de configurar seu destino e seu corpo (Dupuy, 2007).

Paradoxalmente, o máximo da realização do homem enquanto sujeito, o poder de determinar a si mesmo em nascimento e morte, acaba por representar o máximo de sua objetificação.

Segundo Anders (2007), o preço da liberdade do homem e de sua máxima potência enquanto sujeito, representada pelo biopoder da biotecnociência, é aquele de encarar o fato de que o homem é obsoleto. Para o homem, nesta

perspectiva, a modificação e o melhoramento deixam de ser possibilidades, disponíveis à vontade, mas tornam-se necessidades, prescritas por sua obsolescência. É esta contínua necessidade de alteração que torna o homem objeto de si mesmo. Ao mesmo tempo em que o homem se torna capaz de se autotransformar, se tornando o único senhor de si, ele se torna compulsoriamente disponível a si mesmo (Anders, 2007).

Nesta perspectiva, esse caminhar da objetificação do homem parece culminar com o DNA como material nanotecnológico; ou seja, a potencialização do homem enquanto sujeito faz com que o auge desse poder seja o completo conhecimento e capacidade de manipulação de sua própria estrutura biológica desde seu código definidor. É justamente sobre este mesmo biopoder, derivado do saber-fazer tecnocientífico, a maior e mais ativa das atuais controvérsias sobre a nanotecnologia no discurso científico: manipular o DNA é possível, mas qual seria a utilidade?

Revela-se aqui o resultado da análise do discurso científico em sua potência e importância interpretativa: na nanotecnologia de DNA, este saber-fazer, sem objetivo aparente, é saber-fazer o próprio homem e, ao mesmo tempo, desfazê-lo da maneira como atualmente é concebido.

A vida nua, esta assunção política da vida meramente biológica (Agamben, 2007), atinge seu ápice mais recente na nanotecnologia de DNA. O próprio código genético, o maior ícone cultural atualmente que, subsumindo alma, mente e corpo, tem sido assumido como a própria essência do homem, torna-se novamente um objeto de questionamento científico. Mas a caixa-preta do DNA como código da vida é aberta, não para questionar o conhecimento atual, mas para rearranjar seu valor simbólico de forma que ele possa ser disponibilizado de outra forma. Anunciando, assim, uma transformação na concepção de condição humana.

2. UMA NOVA PERSPECTIVA DA BIOÉTICA A PARTIR DA QUESTÃO DA CONDIÇÃO HUMANA

Encaminhando-se para o fim desta análise, resta saber: em que medida a nanotecnologia, conforme aqui foi tomada como objeto, pode contribuir para a compreensão mais ampla da bioética em relação aos seus objetos? Poderíamos ainda retomar o propósito anunciado já na apresentação do

livro e, como conclusão, enunciar o que podemos compreender sobre a bioética a partir dos objetos que ela toma para si.

De forma ilustrativa, primeiramente, a nanotecnologia revela o incremento da necessidade de uma solução moral de validade universal para os possíveis conflitos, de dimensões globais, decorrentes dos avanços biotecnocientíficos, necessidade, esta, que anima a bioética. A nanotecnologia apresenta também um paradoxo comum ao enfrentamento destes temas: à medida que, em suas possíveis consequências, atinge um número cada vez maior de grupos humanos com culturas e moralidades diversas - tornando-se, portanto, mais global -, o arranjo e o consenso moral entre estas realidades locais parece cada vez menos factível (Apel, 2000).

A bioética volta a sua atenção à nanotecnologia porque esta, como expoente do paradigma biotecnocientífico (Schramm, 1996), representa um esforço de potencialização das capacidades de autocompreensão com vistas à melhora da qualidade de vida humana. É exatamente em função deste esforço, porém, que se configura o paradoxo fundante para o surgimento da bioética: o homem, ao buscar desenvolver sua máxima potencialidade enquanto sujeito, ou seja, o controle biotecnológico de seu destino do nascimento à morte, tem como resultante a mais plena objetificação humana. A vida biológica ao ser elevada ao posto central da política, torna-se, na mesma medida, sagrada e disponível (Agamben, 2007).

É por representar mais um passo dessa escalada da vida nua a objeto de biopoder e tema da biopolítica que a nanotecnologia é revolucionária; é por colocar novamente em questão a condição humana, que provoca tanto fascínio e medo. A partir da promessa do controle absoluto do orgânico, a nanotecnologia aparece como o auge tanto do poder e prestígio da biologia, principalmente da genética, quanto da disponibilização da vida nua.

Por ser ainda um conhecimento científico em construção, a nanotecnologia se deixa revelar por suas caixas-pretas ainda entreabertas (Latour, 1994). Suas polêmicas ainda vivas, características do processo de construção do conhecimento científico, demonstram seu caráter coletivo e híbrido, suas dimensões sociais, culturais, políticas e éticas.

A vida biológica torna-se tão importante que o DNA, como código da vida, torna-se um dos maiores ícones culturais da contemporaneidade (Nelkin, Lindee, 1995). Este prestígio do DNA é tão determinante para a ciência, que a nanotecnologia o eleva a material ideal, o princípio, porque matéria-prima ou molde, para a produção de qualquer novo material. No entanto, este elevado apreço

pelo DNA culmina com a disponibilização dele. O que é sagrado, o código da vida, passa a ser disponibilizado, profanado. O auge da ascensão da vida nua faz do código da vida um “pau-para-toda-obra”, e anuncia uma mudança na representação que o homem faz de si.

É neste ponto precisamente que a análise da nanotecnologia nos ajuda a compreender o próprio papel da bioética. A bioética busca pautar eticamente o desenvolvimento científico de forma que este se configure como meio para a autoconservação da humanidade e não como ameaça a esta. Para fazê-lo, entretanto, a bioética acaba por enfrentar a tarefa de discutir os valores morais a defender, perguntando-se continuamente o quê exatamente pretende conservar.

Esta dinâmica, de atuar para a preservação da humanidade enquanto esta resta indefinida, forja o mecanismo comum que unifica concepções diversas de bioética e pelo qual ela enfrenta os dilemas morais impostos pelo desenvolvimento científico. Desta maneira, a bioética constitui um meio para a autoconservação humana e, portanto, inscreve-se no mesmo horizonte imunitário do qual o paradigma biotecnocientífico é parte.

As questões a que se dedica a bioética, portanto, derivam justamente da ambivalência que adquire o impulso imunitário biotecnocientífico. Isto porque, o mesmo conhecimento sobre o biológico, que possibilita o aumento da duração e da qualidade de vida, resulta em um progressivo reducionismo das dimensões humanas ao corpo.

Submetido à lógica imunitária, o indivíduo encontra a necessidade permanente de defender-se daquilo que o ameaça e o expropria de sua individualidade, ou seja, sua morte. Esta dinâmica é esclarecida quando se percebe que a imunidade, também aquela descrita nos tratados médicos, é fundada nesta perspectiva de aquilo-que-não-sou-eu me anula, ameaça a minha própria capacidade de me distinguir e precisa ser combatido. Neste contexto, o sistema imunitário dos indivíduos é descrito como um complexo de processos e estruturas biológicas que constantemente opera uma distinção entre o eu e o outro, entre o eu e o não-eu, para sobreviver (Tauber, 1994).

Para Esposito (1998), é justamente a proteção do próprio, esse impulso de distinção, aquilo que paradoxalmente une os indivíduos, o que há de comum entre eles. Comunitariamente, os indivíduos partilham o medo da própria morte, da aniquilação pelo outro e assim é estabelecida a relação entre o indivíduo e a comunidade. Como em um fio unido pelas pontas, nesta relação pautada na imunidade, puxar demais para um lado significa a ameaça constante de desembocar no outro, de obter o resultado oposto

ao que se esperava. O indivíduo no excesso do impulso imunitário mata a comunidade e, sem ela, acaba por morrer. A comunidade que anula seus indivíduos morre pela perda dos elementos que a compõem. Devido ao vínculo indissolúvel que une indivíduo e comunidade, o excesso de proteção traz em si a ameaça daquilo que se quer evitar, justamente a morte.

A compreensão tanto do paradigma biotecnocientífico quanto da bioética como esforços de autoconservação humana, como mecanismos imunitários, portanto, nos leva a compreender que o objeto (de proteção) da bioética não é propriamente a vida, termo este demasiadamente denso e indistinto, mas a condição humana, termo situado. Para isso, é preciso que a reflexão bioética se dê conta do caráter situado histórica e culturalmente da condição humana, pois somente assim a bioética passa a exercer seu papel de resistência à biopolítica. Somente o faz, porém, quando parte em sua análise não de um *bíos* ambíguo e compartilhado com a biopolítica, mas de uma condição humana situada e, portanto, permanentemente revista.

É ao reconhecer esta contínua revisão, esta máquina antropogênica (Agamben, 2002), hoje operada pelas biotecnologias e à qual a nanotecnologia propõe um novo ciclo, que a bioética pode se tornar apta a ocupar nela também um lugar teoricamente relevante e socialmente significativo.

A capacidade de manipular precisamente o DNA, fazer dele o que se queira, é empolgante. Esta excitação faz com que a ciência reabra uma caixa-preta, um fato científico que lhe é muito caro: o DNA enquanto código da vida.

É nesta medida que se torna essencial a análise do discurso científico. Acompanhar a reabertura desta caixa, a revisão desta afirmação científica do DNA enquanto código da vida, revela o auge da vida nua e mais um ciclo da máquina antropogênica descrita por Agamben (2002).

É ao reconhecer que a condição humana é descrita a partir de critérios diversos ao longo do tempo e que, desde a revolução biológica, a biotecnociência assume papel central na determinação deles, que a bioética pode assumir seu papel no diálogo sobre estes novos critérios e suas implicações éticas (Pyrrho, 2014).

A bioética opera, portanto, na membrana que separa e ao mesmo tempo comunica indivíduo e comunidade, procurando exercer uma proteção para a humanidade em seus dois sentidos: como característica singular do indivíduo humano, e como o coletivo de homens. Nesta perspectiva, seu papel fundamental seria identificar e combater critérios excludentes para a autoconservação humana.

(Página deixada propositadamente em branco)

REFERÊNCIAS

Abrantes P (2006). Imagens de natureza, de ciência, e educação: o caso da revolução francesa. In: Stein S, Kuiuva E (Org). Linguagem, ciência e valores: sobre as representações humanas do mundo (11-58). Caxias do Sul: Editora da Universidade de Caxias do Sul - EDUCS.

Abrantes P (2002). Problemas metodológicos em historiografia da ciência. In: Waldomiro J (ed.). Epistemologia e ensino das ciências. Salvador: Arca-dia/UCSAL. p. 51-91.

Agamben G (2007). Homo sacer: o poder soberano e a vida nua I. Belo Horizonte: Editora UFMG.

Agamben G (2002). L'aperto: l'uomo e l'animale. Milano: Bollati Boringhieri.

Agamben G (1996). Mezzi senza fine: note sulla politica. Torino: Bollati Boringhieri.

Aldaye FA, Palmer AL, Sleiman HF (2008). Assembling materials with DNA as the guide. Science; 321(5897): 1795-1799.

Allain JM (2007). As representações sociais dos transgênicos na relação entre ciência, tecnologia e sociedade: suas implicações para a divulgação científica. [Tese]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.

Allhoff F (2007). On the autonomy and justification of nanoethics. Nanoethics; 1(3): 185-210.

Anders G (2007). L'uomo è antiquato II: sulla distruzione della vita nell'epoca della terza rivoluzione industriale. Torino: Bollati Boringhieri.

- Apel K-O (2000). A transformação da filosofia. (Vol I). São Paulo: Loyola.
- Arslan I, Yates TJV, Browning ND, Midgley PA (2005). Embedded nano-structures revealed in three dimensions. *Science*; 309(5744): 2195-2198.
- Awareness Hart Research Associates (AHRA) (2009). Nanotechnology, synthetic biology & public opinion: a report of findings based on a national survey among adults. Conducted on behalf of Project on Emerging Nanotechnologies. [Acesso em 04 de dezembro de 2011]. Disponível em: http://www.nanotechproject.org/process/assets/files/8286/nano_synbio.pdf
- Bai C (2005). Ascent of nanoscience in China. *Science*; 309(5731): 61-63.
- Barbaras R (2003). A alma e o cérebro. In: Novaes A (org). O homem-máquina: a ciência manipula o corpo. São Paulo: Companhia das Letras. p. 65-76.
- Batson P (2012). Plasmonic modes revealed. *Science*; 335(6064): 47-48.
- Baughman RH (2000). Putting a new spin on carbon nanotubes. *Science*; 290(5495): 1310-1311.
- Beauchamp TL, Childress JF (2008). Principles of biomedical ethics (6 ed). New York: Oxford University Press.
- Beecher H (1966). Ethics and clinical research. *The New England Journal of Medicine*; 274(24): 1354-1360.
- Bell D (1974). O advento da sociedade pós-industrial. São Paulo: Cultrix.
- Benakouche T (1999). Tecnologia é sociedade: contra a noção de impacto tecnológico. *Cadernos de Pesquisa PPGSP*; 17: 1-28.
- Berlinguer G (2004). Bioética cotidiana. Brasília: Editora UnB.
- Besenbacher F, Norskov JK (2000). How to power a nanomotor. *Science*; 290(5496): 1520.
- Best R, Khushf G, Wilson R (2006). A sympathetic but critical assessment of nanotechnology initiatives. *Journal of Law, Medicine & Ethics*; 34(4): 655-657.
- Bhattacharjee Y (2006). Politics. *Science*; 311(5761): 605.
- Bhattacharyya D, Singh S, Satnalika N, Khandelwal A, Jeon SH (2009). Nanotechnology, big things from a tiny world: a review. *International Journal of u- and e- Service, Science and Technology*; 2(3): 29-38.

- Bohannon J (2005). 'Smart coatings' research shows the virtues of superficiality. *Science*; 309(5733): 376-377.
- Boltasseva A, Atwater HA (2011). Low-loss plasmonic metamaterials. *Science*; 331(6015): 290-291.
- Bostrom N (2007). Technological revolutions: ethics and policy in the dark. In: Cameron NMS, Mitchell ME. *Nanoscale: issues and perspectives for the nanocentury*. New Jersey: Wiley. p. 129-152.
- Bourdieu P (2003). *Il mestiere di scienziato*. Milano: Feltrinelli.
- Braga SR, Vlach VRF (2004). Os usos políticos da tecnologia, o biopoder e a sociedade de controle: considerações preliminares. *Scripta Nova Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*; VIII-170(42).
- Brink J, McKelvey M, Smith KH (2004). Conceptualizing and measuring modern biotechnology. In: McKelvey M, Rickne A, Laage-Hellman J (2004). *The economic dynamics of modern biotechnology*. Massachusetts: Edward Elgar Publishing. p. 20-40.
- Brongersma ML, Shalaev VM (2010). The case for plasmonics. *Science*; 328(5970): 440-441.
- Brumfiel G (2003). Nanotechnology: A little knowledge... *Nature*; 424(6946): 246-248.
- Buriak JM (2004). Chemistry with nanoscale perfection. *Science*; 304(5671): 692-693.
- Burton KW (2007). Awards. *Science*; 315(5809): 169.
- Buzea C, Blandino IIP, Robbie K (2007). Nanomaterials and nanoparticles: sources and toxicity. *Biointerphases*; 2(4): MR17-172.
- Cao G (2006). *Nanostructures & nanomaterials: synthesis, properties & applications*. London: Imperial College Press.
- Cavareto A, Butler J (2007). Condição humana contra "natureza". *Revista Estudos Feministas*; 15(3): 650-662.
- Cho A (2006). Pretty as you please, curling films turn themselves into nanodevices. *Science*; 313(5784): 164-165.
- Clift R (2005). Nanotechnology: an example of risk management and regulation in an emerging technology. In: Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD). *Proceedings of special session of the*

joint meeting: potential implications of manufactured nanomaterials for human health and environmental safety. [Acesso em 12 de dezembro de 2010]. Disponível em: <http://sei.nnin.org/doc/resource/clift%20report.pdf>

Commission de l'Éthique en Science et en Technologie (CEST) (2006). Éthique et nanotechnologies: se donner les moyens d'agir. [Acesso em 10 de dezembro de 2011]. Disponível em: http://www.ethique.gouv.qc.ca/fr/ftp/Nano_Web_BD.pdf

Commission of the European Communities (CEC) (2008). A code of conduct for responsible nanosciences and nanotechnologies research: a Commission recommendation of 07/02/2008. [Acesso em 12 de dezembro de 2011]. Disponível em: http://ec.europa.eu/nanotechnology/pdf/nanocode-rec_pe0894c_en.pdf

Cortina A, Martínez E (2005). Ética. São Paulo: Loyola.

Crowe S (2008). Understanding the ethical implications of nanotechnology: highlights of a limited inquiry by the President's Council on Bioethics. [Acesso em 23 de novembro de 2011]. Disponível em: http://www.bioethics.gov/background/nanotechnology_implications.htm

Deleuze G (1988). Foucault. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Doubleday R (2007). The laboratory revisited: academic science and the responsible development of nanotechnology. *Nanoethics*; 1(2): 167-176.

Dresselhaus MS (2001). Burn and interrogate. *Science*; 292(5517): 650-651.

Drexler KE (2004). Nanotechnology: from Feynman to funding. *Bulletin of Science, Technology & Society*; 24(1): 21-27.

Dupuy JP (2007). Some pitfalls in the philosophical foundations of nanoeconomics. *Journal of Medicine and Philosophy*; 32(3): 237-261.

Dupuy JP (2006). Les défis éthiques des nanotechnologies. *Science & Devenir de l'Homme Les Cahiers du MURS*; 47: 53-67.

Dzenis Y (2004). Spinning continuous fibers for nanotechnology. *Science*; 304(5679): 1917-1919.

Engelhardt Jr HT (2012). Bioética global: uma introdução ao colapso do consenso. In: ____ (Org). *Bioética global: o colapso do consenso*. São Paulo: Ed Paulinas. p. 19-40.

Esposito R (2010). *Bios: biopolítica e filosofia*. Lisboa: Edições 70.

- Esposito R (1998). *Communitas: origine e destino della comunità*. Torino: Einaudi.
- Esposito R (2002). *Immunitas: Protezione e Negazione della Vita*. Torino: Einaudi.
- Ferrari A (2010). Developments in the debate on nanoethics: traditional approaches and the need for new kinds of analysis. *Nanoethics*; 4(1): 27-52.
- Feynman RP (1961). There's plenty of room at the bottom. In: Gilbert HD. *Miniaturization*. New York: Reinhold Publishing Corporation. p. 282-296.
- Fischer M (2011). *Futuros antropológicos: redefinindo a cultura na era tecnológica*. Rio de Janeiro: Zahar.
- Foroughi J, Spinks GM, Wallace GG, Oh J, Kozlov ME, Fang S, Mirfakhrai T, Madden JDW, Shin MK, Kim SJ, Baughman RH (2011). Torsional carbon nanotube artificial muscles. *Science*; 334(6055): 494-497.
- Forró L (2000). Beyond gedanken experiments. *Science*; 289(5479): 560-561.
- Foucault M (2004). *A ordem do discurso*. São Paulo: Loyola.
- Foucault M (2010). *História da sexualidade I: a vontade de saber*. São Paulo: Graal.
- Foucault M (2008). *O nascimento da biopolítica*. São Paulo: Martins Fontes.
- Foucault M (2013). *Vigiar e punir: o nascimento da prisão*. Petrópolis: Vozes.
- Franklin S (1995). Science as culture, cultures of science. *Annual Review of Anthropology*; 24: 163-184.
- Fu PP, Xia Q, Hwang HM, Ray PC, Yu H (2014). Mechanisms of nanotoxicity: generation of reactive oxygen species. *Journal of food and drug analysis*; 22(1): 64-75.
- Gadamer H (1999). *Verdade e método*. Petrópolis: Vozes.
- Garrafa V, Porto D (2003). Intervention bioethics: a proposal for peripheral countries in a context of power and injustice. *Bioethics*; 17(5-6): 399-416.
- Geertz C (2001). *Nova luz sobre a antropologia*. Rio de Janeiro: Zahar.

- Gleiser M (1997). *A dança do Universo: dos mitos de criação ao Big Bang*. São Paulo: Companhia das Letras.
- Gogotsi Y, Simon P (2011). True performance metrics in electrochemical energy storage. *Science*; 334(6058): 917-918.
- Grin J, Grunwald A (eds.) (2000). *Vision assessment: shaping technology in 21st Century Society*. Heidelberg: Springer.
- Grunwald A, Julliard Y (2007). Nanotechnology — steps toward understanding human beings as technology? *Nanoethics*; 1(2): 77-87.
- Grunwald A (2005). Nanotechnology: a new field of ethical inquiry? *Science and Engineering Ethics*; 11(2): 187-201.
- Habermas J (2004). *O futuro da natureza humana: a caminho da eugenia liberal?* São Paulo: Martins Fontes.
- Hamburg MA (2012). FDA's approach to regulation of products of nanotechnology. *Science*; 336(6079): 299-300.
- Han D, Pal S, Nangreave J, Deng Z, Liu Y, Yan H (2011). DNA origami with complex curvatures in three-dimensional space. *Science*; 332(6027): 342-346.
- Hardt M, Negri A (2001). *Império*. Rio de Janeiro: Record.
- Harris J, Holm S (2002). Extending human lifespan and the precautionary paradox. *Journal of Medicine and Philosophy*; 27(3): 355-368.
- Heidegger M (1991). *Carta sobre o humanismo*. São Paulo: Moraes.
- Holden C (2009). Master of nanotechnology. *Science*; 325(5936): 15.
- Holden C (2007). Nanofinger. *Science*; 315(5820): 1773.
- Holm S, Takala T (2007). High hopes and automatic escalators: a critique of some new arguments in bioethics. *Journal of Medical Ethics*; 33(1): 1-4.
- Holm S (2006). Reply to Sandin: the paradox of precaution is not dispelled by attention to context. *Cambridge Quarterly of Healthcare Ethics*; 15(2): 184-187.
- Hopkins DS, Pekker D, Goldbart PM, Bezryadin A (2005). Quantum interference device made by DNA templating of superconducting nanowires. *Science*; 308(5729): 1762-1765.

- Hubbs AF, Mercer RR, Benkovic SA, Harkema J, Sriram K, Schwegler-Berry D, Goravanahally MP, Nurkiewicz TR, Castranova V, Sargent LM (2011). Nanotoxicology — a pathologist's perspective. *Toxicologic Pathology*; 39(2): 301-324.
- Hurtley S, Szuromi P (2006). Assessing nanomaterial safety. *Science*; 311(5761): 573.
- Ingold T (1994). Humanity and animality. In: _____. *Companion encyclopedia of anthropology*. Londres: Routledge. p.14-32.
- Invernizzi N, Foladori G (2005). Nanotechnology and the developing world: will nanotechnology overcome poverty or widen disparities? *Nanotechnology Law & Business Journal*; 2(3): 101-110.
- Jacob Z, Shalaev VM (2011). Plasmonics goes quantum. *Science*; 334(6055): 463-464.
- Joachim C (2006). To be or not to be nano. *Nature Materials*; 4(2): 107-109.
- Jones RAL (2005). Hollow centre. *Nature*; 440(7087): 995.
- Jones RAL (2011). What has nanotechnology taught us about contemporary technoscience? In: Zülsdorf T, Coenen C, Ferrari A, Fiedeler U, Milburn C, Wienroth M. *Quantum engagements: social reflections of nanoscience and emerging technologies*. Amsterdam: IOS Press. p.13-26.
- Jotterand F (2005). *Nanotechnology, bioethics and the techno-scientific revolution: philosophical and ethical assessment of nanotechnology and its applications in medicine [Tese]*. Houston: Rice University.
- Jungues JR (2011). O nascimento da bioética e a constituição do biopoder. *Acta Bioethica*; 17(2): 171-178.
- Kaiser J (2004). Cancer nanotech plan gets nod of approval. *Science*; 305(5683): 461.
- Kaiser M (2006). Drawing the boundaries of nanoscience: rationalizing the concerns? *Journal of Law, Medicine and Ethics*; 34(4): 667-674.
- Katz J (1993). "Ethics and clinical research" revisited: a tribute to Henry K. Beecher. *The Hastings Center Report*; 23(5): 31-39.
- Kearnes M, Grove-White R, MacNaghten P, Wilsdon J, Wynne B (2006). From bio to nano: learning lessons from the UK agricultural biotechnology controversy. *Science as Culture*; 15(4): 291-307.

- Keiper A (2003). The nanotechnology revolution. *New Atlantis*; (2): 17-34.
- Keiper A (2007). Nanoethics as a discipline? *New Atlantis Spring*; (16): 55-67.
- Khushf G (2007). The ethics of NBIC convergence. *Journal of Medicine and Philosophy*; 32(3): 185-196.
- Klaine SJ, Alvarez PJJ, Batley GE, Fernandes TF, Handy RD, Lyon DY, Mahendra S, Mclaughlin MJ, Lead JR (2008). Nanomaterials in the environment: behavior, fate, bioavailability, and effects. *Environmental Toxicology and Chemistry* 2008; 27(9): 1825–1851.
- Kleinman A (1999). Experience and its moral modes: culture, human conditions, and disorder. In: Peterson GB (Ed.). *The Tanner lectures on human values*. Vol. 20. Salt Lake City: University of Utah Press. p.355-420.
- Korgel BA (2005). Nanosprings take shape. *Science*; 309(5741): 1683-1684.
- Kostoff RN, Koytcheff RG, Lau CGY (2008). Structure of the nanoscience and nanotechnology applications literature. *Journal of Technology Transfer* 2008; 33: 472-484.
- Koyrè A (1991). As origens da ciência moderna: uma nova interpretação. In: _____. *Estudos de história do pensamento científico*. 2 ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária. p.56-79.
- Kuhlbusch TAJ, Asbach C, Fissan H, Göhler D, Stintz M (2011). Nanoparticle exposure at nanotechnology workplaces: a review. *Particle and Fibre Toxicology*; 8(22): 1-18.
- Lai Y-T, Cascio D, Yeates TO (2012). Structure of a 16-nm cage designed by using protein oligomers. *Science*; 336(6085): 1129.
- Latour B (1994). *Jamais fomos modernos*. Rio de Janeiro: 34 Literatura.
- Latour B (2000). *Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora*. São Paulo: Editora Unesp.
- Latour B (2004a). Why has critique run out of steam? From matters of fact to matters of concern. *Critical Inquiry*; 30(2): 225-248.
- Latour B (2004b). Por uma antropologia do centro. *Mana*; 10(2): 397-414.
- Latour B, Woolgar S (1997). *A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos*. Rio de Janeiro: Relume Dumará.

- Lavine MS (2005a). Nanoparticle films. *Science*; 308(5723): 759.
- Lavine MS (2005b). Capturing the fine details. *Science*; 309(5740): 1459.
- Lavine MS, Vinson V, Coontz R (2005). Design for living. *Science*; 310(5751): 1131.
- Lawrence PA (2003). The politics of publication authors, reviewers and editors must act to protect the quality of research. *Nature*; 422(6929): 259-261.
- Lenk C, Biller-Andorno N (2007). Nanomedicine: emerging or re-emerging ethical issues? A discussion of four ethical themes. *Medicine, Health Care and Philosophy*; 10(2): 173-184.
- Lewenstein BV (2005). What counts as a 'social and ethical issue' in nanotechnology? *Hyle International Journal for Philosophy of Chemistry*; 11(1): 5-18.
- Lewis NS (2007). Toward cost-effective solar energy use. *Science*; 315(5813): 798-801.
- Leydesdorff L, Zhou P (2007). Nanotechnology as a field of science: its delineation in terms of journals and patents. *Scientometrics*; 70(3): 693-713.
- Lima Vaz HC (2011). *Antropologia filosófica*. Vol I. 11 ed. São Paulo: Loyola.
- Lin P, Allhoff F (2006). Nanoethics and human enhancement: a critical evaluation of recent arguments. *Nanotechnology Perceptions*; 2(1): 47-52.
- Litton P (2007). 'Nanoethics'? What's new?. *Hastings Center Report*; 37(1): 22-25.
- Liu K, Nie Z, Zhao N, Li W, Rubinstein M, Kumacheva E (2010). Step-growth polymerization of inorganic nanoparticles. *Science*; 329(5988): 197-200.
- Liu Y, Yan H (2009). Designer curvature. *Science*; 325(5941): 685-686.
- Macnaghten P (2010). Researching technoscientific concerns in the making: narrative structures, public responses, and emerging nanotechnologies. *Environment and Planning A*; 42(1): 23-37.
- Malakoff D (2003). Congress wants studies of nanotech's 'dark side'. *Science*; 301(5629): 27.

- Mansoori GA (2005). Principles of nanotechnology: molecular-based study of condensed matter in small systems. New York: World Scientific.
- Marques JF (1989). Éthos e ética em Heidegger. *Educação e Filosofia*; 4(7): 59-66.
- Marshall E (2005). Swansea U goes deep into supercomputing. *Science*; 307(5707): 193.
- Mauter MS, Elimelech M (2008). Environmental applications of carbon-based nanomaterials. *Environmental Science & Technology*; 42(16):5843-59.
- Maynard AD (2011). Don't define nanomaterials. *Nature*; 475(7354): 31.
- Merleau-Ponty M (1962). *Sinais*. Lisboa: Minotauro.
- Mnyusiwalla A, Daar AS, Singer PA (2003). 'Mind the gap': science and ethics in nanotechnology. *Nanotechnology*; 14(3): R9-13.
- Moore FN (2002). Implications of nanotechnology applications: using genetics as a lesson. *Health Law Review*; 10(3): 9-15.
- Mordini E (2007). The narrative dimension of nanotechnology. *Nanotechnology Perceptions*; 3: 15-24.
- Mori M (2010). *Manuale di bioetica: verso una civiltà biomedica secolarizzata*. Firenze: Le Lettere.
- Murphy CJ (2002). Nanocubes and nanoboxes. *Science*; 298(5601): 2139-2141.
- National Nanotechnology Initiative (NNI) (2011). The National Nanotechnology Initiative 2012 supplement to the President's Budget. [Acesso em 30 de agosto de 2011]. Disponível em: <http://www.nano.gov/node/602>
- National Nanotechnology Initiative (NNI) (2012). What's so special about the nanoscale? Leading to a revolution in technology and industry that benefits society. [Acesso em 28 de junho de 2012]. Disponível em: <http://www.nano.gov/nanotech-101/special>
- National Nanotechnology Initiative (NNI) (2014). NNI budget 2014. [Acesso em 01 de setembro de 2014]. Disponível em: <http://www.nano.gov/about-nni/what/funding>

- National Research Council (NRC) (2006). A matter of size. Triennial review of the national nanotechnology initiative. [Acesso em 12 de dezembro de 2011]. Disponível em: http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=11752
- National Science Foundation (NSF) (2000). Nanotechnology definition. [Acesso em 12 de dezembro de 2011]. Disponível em: http://www.nsf.gov/crssprgm/nano/reports/omb_nifty50.jsp
- Nelkin D, Lindee MS (1995). The DNA mystique: the gene as a cultural icon. New York: Freeman.
- Neves MCP (1996). A fundamentação antropológica da bioética. *Revista Bioética*; 4(1): 7-16.
- Niemeyer CM (2002). Tools for the biomolecular engineer. *Science*; 297(5578): 62-63.
- Nietzsche FW (2002). Assim falou Zaratustra. São Paulo: Martin Claret.
- Nordmann A (2007). If and then: a critique of speculative nanoethics. *Nanoethics*; 1(1): 31-46.
- Novaes A (2003). A ciência no corpo. In: _____. O homem máquina: a ciência manipula o corpo. São Paulo: Companhia das Letras. p.7-14.
- Olivé L (2000). El bien, el mal y la razón: facetas de la ciencia y de la tecnología. México: Paidós.
- Olivé L (2006). Epistemologia na ética e nas éticas aplicadas. In: Garrafa V, Kottow M, Saada A (orgs). Bases conceituais da bioética, enfoque latino-americano. São Paulo: Gaia. p.121-141.
- Osborne I, Clery D (2004). Higher standards. *Science*; 306(5700): 1307.
- Osorio CR (2000). El problema de la verdad en la filosofía tardomoderna. *Diálogos*; 35(76): 29-64.
- Osorio C (2002). La educación científica y tecnológica desde el enfoque en ciencia, tecnología y sociedad. *Revista Ibero-americana de Educación*; 28: 61-81.
- Overly D (1991). Lonely hearts of the cosmos: the scientific quest for the secret of the universe. New York: Harper Collins.
- Parak WJ (2011). Complex colloidal assembly. *Science*; 334 (6061): 1359-1360.

- Petersen A, Anderson A (2007). A question of balance or blind faith? Scientists and science policymakers representations of the benefits and risks of nanotechnologies. *Nanoethics*; 1(3): 243-256.
- Peterson M (2006). The precautionary principle is incoherent. *Risk Analysis*; 26(3): 595-601.
- Popper K (2009). Darwinism as a metaphysical research programme. In: Ruse M. *Philosophy after Darwin: classic and contemporary readings*. Princeton: Princeton University Press. p.167-174.
- Pottage A (2007). The socio-legal implications of the new biotechnologies. *Annual Review of Law and Social Science*; 3: 321-344.
- Potter VR (1971). *Bioethics: bridge to the future*. New Jersey: Prantice Hall.
- Premebida A, Neves FM (2009). A dinâmica social da verdade e neutralidade científicas: o caso das novas biotecnologias. *Ciência em Movimento*; 11(22): 7-18.
- Premebida A (2008). Uma leitura das inovações bio(nano)tecnológicas a partir da sociologia da ciência. *Caderno IHU Ideias*; 102: 1-32.
- Proffitt F (2004). Yellow light for nanotech. *Science*; 305(5685): 762.
- Pyrrho M (2008). Nanociência e bioética: novas abordagens éticas para novos paradigmas científicos. *Revista Brasileira de Bioética*; 4(3-4): 222-235.
- Pyrrho M (2011). Nanotechnology and ethics: assessing the unforeseeable. In: Rudnick A (org). *Bioethics in the 21st Century*. Rijeka: Intech. p.121-138.
- Pyrrho M (2014). Uma genealogia imunitária: a bioética e a busca da autoconservação humana. *Revista Bioética*; 22(2): 225-233.
- Pyrrho M, Schramm FR (2012). A moralidade da nanotecnologia. *Cadernos de Saúde Pública*; 28(11):2023-2033.
- Raj B (2011). Regulating nanomedicine - can the FDA handle it? *Current Drug Delivery*; 8(3): 227-234.
- Ratner M, Ratner D (2003). *Nanotechnology: a gentle introduction to the next big idea*. New Jersey: Prentice Hall.
- Ray LB (2010). The heart of nanotechnology. *Science*; 327(5967): 763.

- Reches M; Gazid E (2003). Casting metal nanowires within discrete self-assembled peptide nanotubes. *Science*; 300(5619): 625-627.
- Roco MC, Mirkin CA, Hersameds MC (2011). Nanotechnology research directions for societal needs in 2020: summary of international study. *Journal of Nanoparticle Research*; 13(3): 897-919.
- Roco MC (2011). Nanotechnology: from discovery to innovation and socioeconomic projects. *Chemical Engineering Progress*; 171(5): 21-27.
- Romano R (2003). *Moral e ciência: a monstrosidade no século XVIII*. São Paulo: SENAC São Paulo.
- Rothmund PWK (2006). Folding DNA to create nanoscale shapes and patterns. *Nature*; 440(7082): 297-302.
- Ruiz R, Kang H, Detcheverry FA, Dobisz E, Kercher DS, Albrecht TR, Pablo JJ, Nealey PF (2008). Density multiplication and improved lithography by directed block copolymer assembly. *Science*; 321(5891): 936-939.
- Sadin E (2011). *La Société de l'anticipation: le web précognitif ou la rupture anthropologique*. Paris: Éditions Inculte.
- Sahoo SK, Parveen S, Panda JJ (2007). The present and the future of nanotechnology in human health care. *Nanomedicine, Nanotechnology, Biology and Medicine*; 3(1): 20-31.
- Salvarezza RC (2003). Why is nanotechnology important for developing countries? In: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). *Proceedings of the third session of the world commission on the ethics of scientific knowledge and technology*. p.134-136.
- Sandler R (2009). *Nanotechnology: the social and ethical issues*. Technical report. Washington: Woodrow Wilson International Center for Scholars, Project on Emerging Technologies. [Acesso em 12 de dezembro de 2011]. Disponível em: http://www.nanotechproject.org/process/assets/files/7060/nano_pen16_final.pdf
- Sanvicens N, Marco MP (2008). Multifunctional nanoparticles – properties and prospects for their use in human medicine. *Trends in Biotechnology*; 26(8): 425-433.
- Sardar R, Funston AM, Mulvaney P, Murray RW (2009). Gold nanoparticles: past, present, and future. *Langmuir*, 25(24): 13840–13851.

- Savadori L, Savio S, Nicotra E, Rumiati R, Finucane M, Slovi P (2004). Expert and public perception of risk from biotechnology. *Risk Analysis*; 24(5): 1289-1299.
- Schliehe C, Juarez BH, Pelletier M, Jander S, Greshnykh D, Nagel M, Meyer A, Foerster S, Kornowski A, Klinke C, Weller H (2010). Ultrathin PbS sheets by two-dimensional oriented attachment. *Science*; 329(5991): 550-553.
- Schramm FR (1996). Paradigma biotecnocientífico e paradigma bioético. In: Oda LM (ed.). *Biosafety of transgenic organisms in human health products*. Rio de Janeiro: Fiocruz. p.109-127.
- Schramm FR (1997). Eugenia, eugénica e o espectro do eugenismo: considerações atuais sobre biotecnociência e bioética. *Revista Bioética*; 5(2): 203-220.
- Schramm FR (1999). Bioética e moralidade das biotecnologias. In: Emerick MC, Valle S, Costa MAF (coord.). *Gestão biotecnológica: alguns tópicos*. Rio de Janeiro: Interciência. p.123-130.
- Schramm FR (2009). O uso problemático do conceito 'vida' em bioética e suas interfaces com a práxis biopolítica e os dispositivos de biopoder. *Revista Bioética*; 17(3): 377-389.
- Schramm FR (2010a). Bioética, biossegurança e a questão da interface no controle das práticas da biotecnociência: uma introdução. *Revista Redbioética/UNESCO*; 1(2): 99-110.
- Schramm FR (2010b). Existem boas razões para se temer a biotecnociência? *Bioethikos*; 4(2): 189-197.
- Schramm FR (2010c). A bioética como forma de resistência à biopolítica e ao biopoder. *Revista Bioética*; 18(3): 519-535.
- Schramm FR (2011). Uma breve genealogia da bioética em companhia de Van Rensselaer Potter. *Bioethikos*; 5(3): 302-308.
- Schummer J (2004). Societal and ethical implications of nanotechnology: meanings, interest groups, and social dynamics. *Techné*; 8(2): 56-87.
- Seaton A (2006). Nanotechnology and the occupational physician. *Occupational Medicine*; 56(5): 312-316.
- Service RF (2000). Is nanotechnology dangerous? *Science*; 290(5496): 1526-1527.

- Service RF (2002). Biology offers nanotechs a helping hand. *Science*; 298(5602): 2322-2323.
- Service RF (2003). Sorting technique may boost nanotube research. *Science*; 300(5628): 2018.
- Service RF (2004a). NCI backs nano in cancer war. *Science*; 305(5691): 1691.
- Service RF (2004b). Nanotechnology grows up. *Science*; 304(5678): 1732-1734.
- Service RF (2005a). Color-changing nanoparticles offer a golden ruler for molecules. *Science*; 308(5725): 1099.
- Service RF (2005b). 'Grandfather of nanotech' dies at 62. *Science*; 310(5749): 754.
- Service RF (2005c). Nanotechnology takes aim at cancer. *Science*; 310(5751): 1132-1134.
- Service RF (2005d). How far can we push chemical self-assembly? *Science*; 309(5731): 95.
- Service RF (2005e). Consumers nano-cautious. *Science*; 309(5741): 1661.
- Service RF (2006). Is the terabit within reach? *Science*; 314(5807): 1868-1870.
- Service RF (2008). Can high-speed tests sort out which nanomaterials are safe? *Science*; 321(5892): 1036-1037.
- Service RF (2011). DNA nanotechnology grows up. *Science*; 332(6034): 1140-1143.
- Sfeir MY, Wang F, Huang L, Chuang C-C, Hone J, O'Brien SP, Heinz TF, Brus LE (2004). Probing electronic transitions in individual carbon nanotubes by rayleigh scattering. *Science*; 306 (5701): 1540-1543.
- Sfez L (1996). *A saúde perfeita: crítica de uma nova utopia*. São Paulo: Loyola.
- Shalaev VM (2008). Transforming light. *Science*; 322(5900): 384-396.
- Shrader-Frechette K (2007). Nanotoxicology and ethical conditions for informed consent. *Nanoethics*; 1(1): 47-56.

- Sibilia P (2002). O homem pós-orgânico: corpo, subjetividade e tecnologias digitais. Rio de Janeiro: Relume Dumará.
- Sibilia P (2006). A desmaterialização do corpo: da alma (analógica) à informação (digital). *Comunicação, mídia e consumo*; 3(6): 105-119.
- Sibilia P (2008). Ciências da vida redefinem a condição humana. [Entrevista por Patrícia Fachin]. *Revista do Instituto Humanitas Unisinos*; 259: 7-9.
- Siegel JS (2004). Chemical topology and interlocking molecules. *Science*; 304(5675): 1256-8.
- Sigel R, Fytas G, Vainos N, Pispas S, Hadjichristidis N (2002). Pattern formation in homogeneous polymer solutions induced by a continuous-wave visible laser. *Science*; 297(5578): 67-70.
- Sloterdijk P (2011). Regras para o parque humano: uma resposta à carta de Heidegger sobre o humanismo. 2 ed. São Paulo: Estação Liberdade.
- Slovic P (1987). Perception of risk. *Science*; 236: 280-286.
- Slovic P (1997). Public perception of risk. *Journal of Environmental Health*; 59(1): 22-26.
- Sontag S (1984). A doença como metáfora. Rio de Janeiro: Graal.
- Soukoulis CM, Wegener M (2010). Optical metamaterials — more bulky and less lossy. *Science*; 330(6011): 1633-1634.
- Sparrow R (2007). Revolutionary and familiar, inevitable and precarious: rhetorical contradictions in enthusiasm for nanotechnology. *Nanoethics*; 1(1): 57-68.
- Stanley SA, Gagner JE, Damanpour S, Yoshida M, Dordick JS, Friedman JM (2012). Radio-wave heating of iron oxide nanoparticles can regulate plasma glucose in mice. *Science*; 336 (6081): 604-608.
- Stern ST, McNeil SE (2008). Nanotechnology safety concerns revisited. *Toxicological Sciences*; 101(1): 4–21.
- Stirling A (2007). Risk, precaution and science: towards a more constructive policy. *Embo Reports*; 8(4): 309-315.
- Stix G (2001). Little big science. *Scientific American*; 285(3): 32-37.
- Suresh S (2001). Graded materials for resistance to contact deformation and damage. *Science*; 292(5526): 2447-2451.

- Swierstra T, Rip A (2007). Nano-ethics as NEST-ethics: patterns of moral argumentation about new and emerging science and technology. *Nanoethics*; 1(1): 3–20.
- Szuromi P (2006). All wound up. *Science*; 312(5781): 1719.
- Tang C, Lennon EM, Fredrickson GH, Kramer EJ, Hawker CJ (2008). Evolution of block copolymer lithography to highly ordered square arrays. *Science*; 322(5900): 429-432.
- Tauber AI (1994). The Immune self: theory or metaphor. *Immunology today*; 15(3): 134-136.
- Thodey K, Smolke CD (2011). Bringing it together with RNA. *Science*; 333(6041): 412-413.
- Travasset A (2011). Self-assembly enters the design era. *Science*; 334(6053): 183-184.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) (2006). *The ethics and politics of nanotechnology*. Geneva: UNESCO.
- Van den Heuvel MGL, Dekker C (2007). Motor proteins at work for nanotechnology. *Science*; 317(5836): 333-336.
- Vilaça MM (2009). O humano entre natureza e seleção: dilemas éticos no debate Sloterdijk-Habermas. *Cadernos de Ética e Filosofia Política*; 15(2): 211-231.
- Walt DR (2005). Miniature analytical methods for medical diagnostics. *Science*; 308(5719): 217-219.
- Watson A (2004). Getting the measure of nanotechnology. *Science*; 306(5700): 1309-1310.
- Web of Science (2014). Search “nanotechnology”. ISI web of Knowledge. [Acesso em 28 de setembro de 2014]. Disponível em: http://apps.webofknowledge.com/summary.do?SID=3E9K4gDO1LBlffNDa5D&product=WOS&qid=1&search_mode=GeneralSearch
- Weckert J, Moor J (2006). The precautionary principle in nanotechnology. *International Journal of Applied Philosophy*; 20(2): 191-204.
- Yin P, Hariadi RF, Sahu S, Choi HMT, Park SH, LaBean TH, Reif JH (2008). Programming DNA tube circumferences. *Science*; 321(5890): 824-826.

Zhang Y, Bai Y, Jia J, Gao N, Li Y, Zhang R, Jiang G, Yan B (2014). Perturbation of physiological systems by nanoparticles. *Chemical Society Reviews*; 43(10): 3762-3809.

A nanotecnologia explora as novas propriedades derivadas da manipulação controlada de materiais na dimensão de seus átomos e moléculas. Atualmente, os processos nanotecnológicos já incrementam quase todos os setores produtivos, inclusive o alimentar. Para compreender as dimensões morais deste recente avanço tecnocientífico, o livro percorre aspectos técnicos e as recentes abordagens éticas da nanotecnologia.

Ao final, a análise realizada por Monique Pyrrho e Fermin R. Schramm nos revela que as implicações morais da chamada revolução nanotecnológica vão além dos possíveis riscos à saúde e ao ambiente. A nanotecnologia, bem como outros adventos biotecnocientíficos recentes, é indício do atual processo de revisão por que passa a hegemônica compreensão sobre o que é o humano. Diante desta tendência, é da maior relevância ética refletir sobre este processo de redefinição do humano e em que medida ele pode ser excludente.

