

Princípio de precaução e nanotecnociências

Eder Torres Tavares¹, Fermin Roland Schramm²

Resumo

O rápido desenvolvimento das nanotecnociências e a crença de que representam ameaças à sobrevivência no planeta têm levado grupos da sociedade civil organizada a pedir moratória para as pesquisas nanotecnológicas, baseando-se no princípio de precaução. Consta-se que esse princípio suscita debates em torno do conceito, da sua forma de aplicação e de suas implicações bioéticas. Alguns termos como “risco”, “perigo”, “dano”, “incerteza”, “ignorância”, “prevenção” e “precaução” são tomados como sinônimos, o que pode levar a decisões políticas por vezes “exageradas”. Aplicado quase sempre como medida de tutela do meio ambiente, o princípio de precaução tem se tornado importante instrumento regulatório das tecnociências, por se acreditar que, junto com os potenciais benefícios, trazem ameaças à vida e ao planeta. As tecnociências não são entes autônomos, mas, sim, pensados, criados e manejados pelo ser humano. Portanto, não há que atribuir um risco inerente a todo e qualquer produto tecnocientífico.

Palavras-chave: Bioética. Precaução. Nanotecnologia. Gestão de riscos.

Resumen

Principio de precaución y nanotecnociencias

El rápido desarrollo de las nanotecnociencias y la creencia de que representan amenazas a la supervivencia en el planeta, ha llevado a grupos de la sociedad civil organizada a pedir una moratoria para las investigaciones nanotecnológicas, en base al principio de precaución. El artículo parte de la constatación de que este principio suscita debates en torno del concepto, su forma de aplicación y sus implicaciones bioéticas. Algunos términos como “riesgo”, “peligro”, “daño”, “incertidumbre”, “ignorancia”, “prevención” y “precaución” son confundidos como sinónimos, lo que puede conducir a decisiones políticas, a veces, “exageradas”. Aplicado casi siempre como medida de tutela del medio ambiente, el principio de precaución se ha tornado un importante instrumento regulatorio de las tecnociencias por creerse que, junto con los potenciales beneficios, traen amenazas a la vida y al planeta. Las tecnociencias no son entes autónomos, sino que son pensadas, creadas y manejadas por el ser humano. Por lo tanto, no hay que atribuir un riesgo inherente a todo y cualquier producto tecnocientífico.

Palabras-clave: Bioética. Precaución. Nanotecnología. Gestión de riesgos.

Abstract

The principle of precaution and the nano-techno-sciences

The rapid development of the nano-techno-sciences and the belief that they represent threats to the survival of the planet have led groups of organized civil society to request moratoria on nano-techno-scientific research, based on the principle of precaution. This article takes off from the finding that this principle provokes debates around its concept, its form of application and its bioethical implications. Here terms such as “risk”, “danger”, “uncertainty”, “ignorance”, “prevention” and “precaution” are confounded as synonyms which can lead to policy decisions that are at times “exaggerated”. Applied almost always as a measure of stewardship of the environment, the principle of precaution has become an important regulatory principle of the techno-sciences, because it is believed that together with the potential benefits, they bring threats to life on the planet. The techno-sciences are not autonomous, but rather entities conceived, created and managed by human beings. Thus there is no way to attribute an inherent risk to any and all techno-scientific products.

Keywords: Bioethics. Precaution. Nanotechnology. Risk management.

1. **Doutorando** edertavares400@gmail.com – Universidade de Brasília, Brasília/DF, Brasil. 2. **Pós-doutor** roland@ensp.fiocruz.br – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

Correspondência

Eder Torres Tavares – Esplanada dos Ministérios, bloco E, sala 398 CEP 70067-900. Brasília/DF, Brasil.

Declararam não haver conflito de interesse.

*Princípios são enunciados indiscutíveis (...) não possuem flexibilidade de ceder frente a outros princípios, ou de impor-se a eles de acordo com necessidades contextuais, sendo, portanto, de validade geral e enriquecido de uma defesa valorativa*¹, como, por exemplo, a conservação e preservação do meio ambiente. Assim, *princípios são guias de ação que resumem e encerram uma teoria e, assim, de maneira breve, auxiliam o agente moral a tomar uma decisão moral*².

O princípio de precaução é entendido como “uma concepção relativamente nova e norteadora da ação” diante de “riscos de danos graves e irreversíveis”, representados, por exemplo, pelos problemas ecológicos globais. De acordo com esse princípio, não devemos “renunciar a agir” sob o “pretexto da incerteza científica”. Baseado, de fato, em concepção de racionalidade situada além da mera preocupação com a “eficácia técnica” e a “certeza científica”, é, porém, muitas vezes considerado um “princípio antiprogresso”³.

Considerando os debates em torno de seu conceito, de sua forma de aplicação e de suas implicações bioéticas, pode-se dizer que o princípio de precaução é objeto de controvérsias semânticas, políticas e morais, por ser mal compreendido e, portanto, mal aceito. De fato, partindo do pressuposto da falta de clareza conceitual e de concretude na aplicação desse princípio, grupos de influência tentam fazer prevalecer suas concepções ideológicas ao invocar ou rejeitar sua aplicação⁴. De um lado, por exemplo, estão os alarmistas e/ou tecnocientíficos, que, em nome da preservação ambiental e da conservação das espécies, tentam convencer a sociedade de que certas atividades humanas, entre elas desmatamentos e desenvolvimentos tecnocientíficos, são inerentemente ameaçadoras e que, por essa razão, devem ser ao menos freadas. Sua argumentação fundamenta-se no princípio de precaução, cuja máxima comportamental seria evitar o dano, mesmo que incerto, como justificativa para paralisação daquelas atividades. De outro lado, “progressistas” e/ou tecnocientíficos, em nome do desenvolvimento econômico e social, interpretam tal princípio como apenas uma diretriz sem poder coercitivo, a qual, ao frear certas atividades humanas, poderia deter o florescimento da humanidade.

A heterogeneidade conceitual mantém em voga a discussão em torno desse princípio e oferece oportunidades para novas formulações ou interpretações. Mas, por outro lado, também impede a utilização do princípio como ferramenta política eficaz⁵. Assim, o direito positivo, por exemplo, va-

le-se da precisão das ações praticadas e do nexo de causalidade entre essas ações e seus resultados (ou consequências) para proferir decisões. Tais requisitos (precisão das ações e nexo de causalidade) nem sempre estão presentes quando se apela para o princípio de precaução no intuito de deter uma atividade potencialmente ameaçadora. Talvez, por isso, o Tratado da União Europeia faça apenas uma referência ao princípio de precaução, sem defini-lo. Com efeito, *apesar de a crescente jurisprudência incluir importantes decisões da Corte de Justiça [europeia], a comunidade jurídica permanece dividida em relação ao significado e à aplicabilidade do princípio*⁶.

Outro ponto de discussão refere-se à forma de aplicação do princípio – banimento, paralisação, revisão ou substituição da atividade em pauta – e às suas implicações bioéticas. De um lado, defensores do princípio de precaução o invocam quando consideram que as atividades ameaçam de forma grave ou irreversível o meio ambiente ou a saúde humana, mesmo quando há incerteza científica na conexão entre a causa e o efeito^{7,8}. Essa posição é coerente com os princípios bioéticos da dignidade humana e dos direitos humanos, da ponderação benefício-dano, bem como da proteção do meio ambiente, da biosfera e da biodiversidade⁹.

De outro lado, críticos de tal princípio argumentam que sua aplicação, por se basear na incerteza presente no nexo de causalidade entre a ação (pesquisa científica, por exemplo) e os seus resultados (produtos das pesquisas científicas, por exemplo), atrasaria o desenvolvimento científico-tecnológico¹⁰. Com efeito, entre as finalidades da ciência e da tecnologia estão a melhoria da saúde humana, o desenvolvimento social e a proteção do meio ambiente – objetivos inscritos na *Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos* (DUBDH), artigos 2º, 14, 15 e 17⁹.

Apesar das posições polarizadas, os bens a serem protegidos e preservados são os mesmos: a saúde humana e o meio ambiente. Em outras palavras, o afastamento dos riscos depende tanto da introdução do princípio de precaução quanto do desenvolvimento científico e tecnológico. Mas, por ser vago e impreciso, e não indicar que tipo de ação introduzir ou não, tal princípio não poderia servir de guia nas tomadas de decisão¹¹.

Em particular, o princípio de precaução pode ser visto, algumas vezes, como *tópos* de um discurso retórico dos países do Norte dirigido aos países do Sul, aparentemente em favor do meio ambiente e da saúde humana, mas que efetivamente executam, nesses últimos, políticas contraditórias em relação

a tal princípio, como a liberação de poluentes em atividades industriais.

De fato, a função objetiva da aplicação do princípio de precaução é impedir ou frear os reais e possíveis impactos negativos à sobrevivência da vida no planeta, seja pela ação individual ou coletiva, seja pela ação institucional. Nesse âmbito, verifica-se uma íntima relação entre esse princípio e a bioética, representada, em especial, pela DUBDH.

Pelo fato de o princípio de precaução ter de lidar com incertezas acerca das consequências das ações humanas, a decisão de aplicá-lo ou não deve ser muito bem ponderada quanto à sua forma de aplicação. Deve também ter relação com a natureza do risco envolvido (reversível, irreversível, sério, individual, coletivo), com a magnitude e extensão dos possíveis danos (local ou global e prolongado ou não no tempo) e, ainda, com o tipo de informação utilizada (dados científicos, econômicos ou políticos, ou percepções de risco da sociedade).

Definição do princípio de precaução

Alguns termos relacionados ao princípio são detalhados a seguir, pois seu uso pode causar confusão: “risco”, “perigo”, “dano”, “incerteza”, “ignorância”, “prevenção” e “precaução”.

Para o senso comum, “risco” refere-se a eventos negativos possíveis e prováveis de se realizarem. Em situações hipotéticas ideais, um risco é algo quantificável, com probabilidades conhecidas e valor negativo¹². Já como termo técnico, “risco” pode assumir significados qualitativos, ao designar a ocorrência ou não de consequências indesejáveis, ou significados quantitativos, quando a ele se atribui probabilidade de ocorrência de evento indesejado ou representatividade estatística da severidade de um evento indesejado¹³.

O significado quantitativo considera o risco como ente autônomo, que invade o cotidiano da sociedade com cálculos de custos-benefícios, podendo influir na configuração das identidades e da formação de subjetividades, bem como aumentar a percepção de ameaças à saúde, com a consequente procura, quase frenética, por medidas de controle dos riscos, mesmo que não sejam racionalmente justificadas e que não haja garantias quanto aos resultados preventivos ou protetores de tais medidas¹⁴. Para Aven¹⁵, *o risco é um julgamento, e não um fato (...) e expressa a incerteza sobre o mundo*¹⁶.

Diferentemente de “risco”, o termo “perigo” expressa o estado real e atual de ameaça ao bem-estar, podendo chegar ao dano, caso as medidas protetivas não sejam tomadas.

“Dano” pode ser designado como o estado atual ou futuro de um prejuízo certo, seja, por exemplo, a) físico, quando a matéria (entendida como corpo ou substância que ocupa um lugar no espaço) sofre algum efeito negativo; seja b) moral, quando o sistema de valores individuais e/ou coletivos não é respeitado.

“Incerteza” denota probabilidades desconhecidas ou imprecisas, relacionadas a eventos indesejados. É um componente quantitativo que se atribui aos riscos. Como não se pode “arriscar” em um momento de incerteza e como, em certas situações, o observador envolvido é instado a agir, algumas teorias aplicam probabilidades à incerteza. Em outras palavras, a atribuição de probabilidades às incertezas é indispensável na tomada de decisão, quer nas políticas públicas de saúde, quer em outras áreas da vida. Trata-se da “inferência bayesiana”, na qual a probabilidade é uma medida contendo alguma informação e conhecimento prévios dos eventos, calculada e inserida pelo observador¹⁵. À associação entre incerteza e grau de conhecimento dá-se o nome de “incerteza epistêmica”, resultado da falta de conhecimento do observador acerca das probabilidades do evento¹⁷.

“Ignorância” pode ser sinônimo de incerteza (ou falta de conhecimento), como na situação em que as probabilidades não podem ser estimadas em razão da deficiente base de análise, ou como na situação em que a determinação dos resultados (consequências) é problemática¹⁸. Assim, o estado de ignorância é marcado pela dificuldade em estabelecer um modelo de determinação das consequências de uma atividade; *o modelo pode até mesmo existir, mas não é aceito pela comunidade científica*¹⁹. Desse modo, a ignorância é uma relação não definida entre as consequências e as causas – portanto, uma incerteza que é de natureza científica, e que aparece no contexto do princípio de precaução.

É comum tomadores de decisão aplicarem os termos “prevenção” e “precaução” de forma indiscriminada, como se as duas medidas protetivas associadas tivessem a mesma motivação, sem distinção entre dano potencial e dano real. No entanto, é possível distingui-los com base nos conceitos de certeza e incerteza e de risco, perigo e dano, relacionados a um evento. Assim, o observador terá a capacidade, mesmo que questionável, de decidir pela aplicação de uma ou outra medida.

A prevenção é aplicada a atividades em que o dano é crível (certeza científica), iminente ou em andamento, ao passo que a precaução é invocada quando há incerteza da ocorrência do dano ou há conhecimento parcial entre causa e efeito. A medida preventiva pode ocorrer antes ou após a atividade considerada perigosa, evitando, reduzindo ou eliminando o dano. Na precaução, o momento da atuação é sempre anterior ao fato. Portanto, o que motiva a medida a ser tomada – prevenção ou precaução – é a compreensão total, parcial ou mesmo falaciosa da possível causa.

Em suma, para o princípio de precaução não há definição universal, já que a literatura lista várias delas, as quais se mostram vagas e contraditórias entre si, bem como suas diferentes versões²⁰⁻²³. Algumas versões, para concretizar a aplicação do princípio, recorrem à incerteza dos riscos ou do nexo de causalidade entre a ação e o dano ou ao ônus da prova quanto à segurança da atividade^{22,23}.

Outro ponto importante, destacado por Harris e Holm²⁴, é se, no contexto da saúde humana, é suficiente e/ou necessário que o dano seja sério e se dê conforme a quantidade de pessoas afetadas, o que leva ao questionamento dos parâmetros indicativos sobre o grau de seriedade de um dano e, em havendo, que doutrina ética seria mais bem aplicada aqui: o utilitarismo? A resposta é aparentemente sim, vez que as formulações do princípio dão ênfase às motivações das ações ou às qualidades ou ao caráter dos agentes. Segundo os autores, dá-se peso extremo aos danos que as atividades causam, eliminando a comparação com os possíveis benefícios, o que leva o princípio de precaução a deixar de ser considerado um princípio moral válido.

Origem do princípio de precaução

O conceito de precaução tem origens longínquas, e muitos autores o fazem derivar do conceito aristotélico de “prudência” ou “discernimento moral” (*phronesis*), embora a ciência experimental moderna não possa ser derivada da concepção logoteórica aristotélica³. Em particular, medidas de precaução sempre foram usadas na medicina e na saúde pública como forma de evitar a exposição de populações e indivíduos a riscos. Nesse sentido, uma das primeiras medidas de precaução ocorreu em Londres, na tentativa de frear a epidemia de cólera na cidade²⁵.

A precaução foi alçada a princípio do direito positivo com a criação do *Vorsorgeprinzip* (princí-

pio da previsão, em alemão) na Lei do Ar Limpo, em 1974, na Alemanha⁴. Na década de 1980, o princípio foi disseminado por toda Europa do Norte e, posteriormente, passou a fazer parte da agenda política global de proteção ambiental, encontrando sua maior expressão na *Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento* de 1992⁷.

Na saúde pública, cujo objetivo central pode ser visto como a identificação e redução de riscos²⁶, o princípio de precaução aliou-se às abordagens epidemiológicas, acrescentando-lhes a incerteza dos danos nas medidas⁴ e uma subsequente interrupção ou paralisação das causas com possibilidades ou potencialidades de provocar danos. Por isso, *o princípio de precaução tende, devido à pressão da opinião pública e ao fato de responsáveis públicos serem postos em causa perante a justiça, a assumir um sentido mais próximo de uma obrigação de abstenção, diferente do que tinha sido explicitamente formulado nos textos jurídicos dedicados ao ambiente*²⁷.

O conceito de risco teria introduzido o caráter especulativo no âmbito da epidemiologia, expandindo o campo de estudo das associações entre os eventos de interesse da saúde, como as doenças crônicas não transmissíveis e sua prevenção, deixando à microbiologia os estudos das doenças infecciosas, possibilitados pelo advento das técnicas laboratoriais²⁸. Segundo Ayres, para MacMahon, principal porta-voz da epidemiologia do risco, a epidemiologia *não pode pretender afirmar, senão sugerir, os vínculos causais que as ciências biomédicas duras devem definitivamente estabelecer*²⁹.

O risco deve assentar-se: a) na identidade entre possibilidade e probabilidade, ou seja, na quantificação do risco; b) na unificação dos elementos dos processos saúde-doença, ou seja, as características próprias desses eventos se reduzem a um único registro (o conceito de risco e suas propriedades); e c) na expectativa de estabilidade dos processos causas-efeitos, o que permite a criação de modelos de prevenção dos riscos³⁰ que dependem dos tipos de determinante dos eventos a sofrerem intervenção. Mesmo que sejam falaciosos, tais modelos são tentativa de resposta à sociedade, indicando que os eventos e os riscos são conhecidos e possível ou provavelmente prevenidos. A prevenção de riscos pode ser temporal (quando aplicada a objetos observados no tempo presente ou projetados no futuro, com base nas observações do passado) ou espacial (quando extrapolada para objetos não observados, com base nas observações feitas em objetos observados)³⁰.

Justificativa para aplicação do princípio de precaução

Dois elementos principais acompanham praticamente todas as definições do princípio de precaução: ameaça e incerteza. Pode-se afirmar, nesse caso, que a ameaça refere-se exclusivamente à possibilidade de danos físicos, irreversíveis ou reversíveis, ao ser humano ou ao meio ambiente, sérios ou não. Sobre essas ameaças não se exige comprovação científica, podendo-se, assim, agir sem ter de eliminar a incerteza científica e tendo em conta somente a gravidade e irreversibilidade dos possíveis danos³.

Entretanto, como *potencial para o bem ou para o mal*³¹, a aplicação do princípio pode tanto privar a sociedade ou o meio ambiente dos potenciais benefícios oriundos de certa atividade quanto protegê-la dos potenciais danos oriundos da mesma atividade, embora o princípio de precaução dê mais peso aos danos do que aos benefícios. Portanto, é possível sustentar que o princípio de precaução *não pode ser uma regra válida para decisões racionais*³², visto que sua aplicação se dá na incerteza do risco e a decisão, na subjetividade do observador, podendo a racionalidade ficar em segundo plano. Além disso, a precaução é contextualmente construída, o que dificulta ainda mais sua aplicação como resposta a um risco incerto³³.

De fato, é um erro acreditar que a verdade científica poderá provar a existência ou ausência de danos de quaisquer atividades, já que *exigir certeza sobre a ausência de um dano antes de autorizar uma atividade (...) não é mais racional do que exigir certeza sobre a existência de um dano (...) para tomar medidas de prevenção*³⁴.

É preciso destacar também o papel da percepção social sobre o risco nas tomadas de decisão, pois a percepção do risco *refere-se a crenças e sentimentos das pessoas sobre a natureza de eventos ameaçadores, suas características qualitativas, seus benefícios e sua aceitação*³⁵, os quais são influenciados pelas informações disponíveis. Nesse caso, o impacto psicossocial é determinante para definir o grau de percepção de risco que uma sociedade possui sobre certa atividade³⁶. Atividades humanas comparativamente mais seguras que outras são percebidas como tendo grau maior de risco, por causa do número de pessoas atingidas ao mesmo tempo em único evento adverso – o transporte aéreo, por exemplo.

A percepção sobre o risco depende, também, da abrangência da assistência e/ou proteção que

ela recebe do Estado. Para sociedades que possuem serviços e sistemas públicos de saúde garantidos e de qualidade, a definição de limites de risco em saúde é mais segura, pois tais fatores reforçariam a resiliência³⁷. Por outro lado, para sociedades cujos serviços de saúde inexistem, são precários ou são inacessíveis devido ao alto custo, a percepção do risco adquire um *status* de ameaça real e incontornável: (...) *há situações em que condições precárias em termos socioeconômicos estão inevitavelmente ligadas a grandes dificuldades para a redução dos riscos, elevando de maneira inexorável a vulnerabilidade social de determinados grupos em detrimento de outros*³⁸.

Em particular, o temor instalado por possíveis riscos irreversíveis provocados pelo aquecimento global tem transferido essa irreversibilidade dos danos para outras atividades humanas, como as novas tecnociências, sugerindo uma mudança global de percepção dos riscos. Com isso, mudam também as medidas de prevenção e precaução, que devem levar em conta não apenas os dados científicos disponíveis e cálculos probabilísticos, mas também as percepções sociais do risco. Exemplo disso é a influência de informações sobre riscos sobre a moralização das pessoas e sobre *construção da moralidade predominante*³⁹.

É necessário considerar que os riscos, quando superestimados, podem provocar elevação desnecessária de gastos com medidas de proteção e, com isso, retirar investimentos de áreas como a promoção da saúde e a educação. Além disso, essa exacerbação dos riscos faz transparecer certa “insanidade” instalada na sociedade moderna, obrigando-a a conviver com a falta de estabilidade e de segurança¹⁴. Portanto, encontrar uma fórmula que justifique a aplicação do princípio de precaução não é tarefa fácil, pois seria preciso contemplar múltiplos fatores, entre os quais o tipo de ameaça, o alvo da ameaça, os dados científicos acerca dos riscos, o balanço entre benefício e dano, a extensão do dano, a reversibilidade ou irreversibilidade do dano, o contexto sociocultural, a percepção social sobre o risco, o momento político.

Aplicações do princípio de precaução

O princípio de precaução quase sempre é invocado como medida de tutela do meio ambiente, um sistema complexo de inter-relações que suscita preocupação diante da possibilidade, mesmo que remota ou incerta, de algum distúrbio nas suas rotas

de interconexão, cujos ciclos de retroalimentação podem potencializar essas possibilidades³⁷. No entanto, recentemente, o princípio tem se tornado importante instrumento regulatório das atividades científicas e tecnológicas, assim como do desenvolvimento de seus produtos⁴⁰. No Brasil, um caso paradigmático ocorreu na década de 1990, com a proibição, pela Justiça Federal, do cultivo de soja geneticamente modificada (*roundup ready*, RR), até que o tema fosse regulamentado e fossem realizados o estudo de impacto ambiental e o relatório de impacto ambiental (EIA/RIMA)⁴¹.

Na década de 1970, os avanços nas pesquisas sobre a manipulação do DNA levantaram questionamentos quanto aos riscos que a introdução forçada de material genético de um organismo em outro poderia trazer. O risco potencial era tal, que os próprios cientistas declararam publicamente sua preocupação com esses avanços e pediram a moratória dessas pesquisas⁴². Em fevereiro de 1975, durante a Conferência Internacional de Asilomar sobre Moléculas de DNA Recombinante, na Califórnia, Estados Unidos da América do Norte, cientistas discutiram os avanços científicos e traçaram diretrizes para condução das pesquisas com DNA⁴³.

A clonagem humana é outro tema moralmente controverso, que remete ao princípio de precaução. Com efeito, a *Declaração Universal sobre o Genoma Humano e os Direitos Humanos* invoca, implicitamente, o princípio de precaução em nível global, ao proibir a clonagem humana reprodutiva, por considerá-la atentatória à dignidade humana⁴⁴, e impõe o dever universal de respeito à dignidade humana, uma vez que a clonagem, ao interferir no *finalismo intrínseco dos processos naturais*, [se revelaria moralmente] *má em si*⁴⁵. Em outros termos, os argumentos contrários à clonagem humana não levam em consideração *uma medida terapêutica ou preventiva a ser usada em casos de necessidades reais ou desejos legítimos*⁴⁶. Para Schramm⁴⁵, ao respeitar a autonomia procriativa da mulher, a clonagem reprodutiva não seria moralmente diferente da fertilização assistida, segundo visão utilitarista.

De outro lado, a clonagem de órgãos e tecidos humanos, em razão de sua finalidade terapêutica e preventiva, encontraria aceitação maior por parte da sociedade, *desde que fossem respeitadas as necessárias medidas de biossegurança e o princípio da equidade*⁴⁷, assim como *a dialética dos princípios prima facie da beneficência e não maleficência, do respeito à autonomia e ao consentimento livre e informado, da justiça e outros que possam vir a ser necessários para viver bem*⁴⁸, visto que *as aplicações*

da pesquisa (...) envolvendo o genoma humano (...) devem buscar o alívio do sofrimento e a melhoria da saúde de indivíduos e da humanidade, como assenta a alínea “b” do artigo 12 da *Declaração Universal sobre o Genoma Humano e os Direitos Humanos*⁴⁴.

Dentre as definições existentes para o princípio de precaução, é importante citar a da Comissão Mundial sobre Ética da Ciência e da Tecnologia da Unesco (Comest): *Quando atividades podem conduzir a dano moralmente inaceitável, que seja cientificamente plausível, ainda que incerto, devem ser empreendidas ações para evitar ou diminuir aquele dano*⁴⁹. A moralidade, na definição da Comest, compreende danos sérios e irreversíveis aos seres humanos ou ao ambiente, injustos para com as gerações presentes e futuras, sem observância dos direitos humanos tanto daqueles que a bioética de proteção⁵⁰ considera vulnerados – pessoas que, *por alguma razão independente de sua vontade*, [são incapazes] *de se defender sozinhas, em razão das condições desfavoráveis em que vivem ou devido ao abandono das instituições vigentes, que não lhes oferecem o suporte necessário para enfrentar sua condição de afetados e tentar sair dela*⁵¹ – quanto dos vulneráveis, que, segundo a bioética de intervenção⁵², são todos que se encontram *diante de algo que [lhes] retira o poder (outra pessoa, uma instituição, o Estado etc.)*⁵³.

O dano pode ser apenas uma hipótese plausível; ou seja, mesmo que não haja evidência probabilística da sua ocorrência, deve ser tratado como séria possibilidade. As atividades, por sua vez, devem passar por um processo democrático de escolha e pela avaliação de suas implicações morais, bem como de suas consequências positivas e negativas: *a escolha da atividade deve ser o resultado de um processo participativo*⁴⁹.

O rápido desenvolvimento científico-tecnológico e a celeridade na disseminação de seus impactos, graças à globalização e eliminação de fronteiras entre as nações e ao aprofundamento do conhecimento científico acerca da extensão dessas consequências, têm desafiado os governos a reagir eficazmente contra os riscos. Exemplo clássico é o desenvolvimento e consumo de organismos geneticamente modificados (OGM) para alimentação – proibidos em alguns países e permitidos em outros. No início, a paralisação provocada pelo princípio de precaução atingiu as pesquisas com plantas geneticamente modificadas, em razão da incerteza sobre seus danos antes mesmo de haver uma única planta desenvolvida¹⁰. Nesse entendimento, como variante do *princípio da aversão ao risco*⁵⁴, a pos-

sibilidade de desastre ou catástrofe em larga escala de um desenvolvimento tecnológico seria suficiente para proibi-lo, mesmo que oferecesse a probabilidade de considerável benefício aos seres humanos ³⁶.

De forma geral, os pedidos de moratória, proibição, postergação – que são de fato medidas de precaução – podem basear-se no temor das tecnologias, paralisando por um tempo ou até mesmo retirando tais pesquisas dos sistemas de ciência e tecnologia. Em outros termos, a tecnocientofobia, quando associada ao conservadorismo naturalista, afasta as responsabilidades dos sistemas políticos, econômicos e financeiros pelo mau uso das tecnociências ⁵⁵. Assim sendo, a competência criativa e criadora da biotecnociência e a expansão dos riscos parecem ter se tornado indissociáveis, visto que, *ao escolher uma, escolheremos, inevitavelmente, também a outra* ⁵⁶.

Em suma, a interpretação literal do princípio de precaução obrigaria a retirada do mercado de medicamentos por causa de seus efeitos secundários; paralisaria a exploração e a produção de petróleo devido à liberação de gases prejudiciais à saúde; baniria a energia nuclear que, após vazamento, poderia contaminar centenas de quilômetros de área e, quiçá, milhares de seres vivos. Em contrapartida, se a interpretação desse princípio não precisa ser literal, então se deveria denominá-lo “diretriz” ou “guia”, mas não “princípio” ⁵⁷.

Princípio de precaução nas nanotecnociências

Foi no século XVIII que ciência, técnica e produção começaram a se relacionar e se retroalimentar ⁵⁸, característica que seria reproduzida, no século XXI, pela nanotecnociência e que resultaria em investimentos e projeções financeiras de grande vulto. Tais aplicações maciças provavelmente aceleraram o desenvolvimento e a comercialização de produtos nanotecnológicos, antes mesmo da avaliação de seus riscos, o que instou organismos internacionais e a sociedade civil organizada a invocar o princípio de precaução para frear as pesquisas nesse campo e a consequente transferência de seus resultados para o mercado. Desse modo, os pedidos de moratória respondem à tendência das políticas atuais de acelerar a comercialização de “nanoprodutos” sem uma cuidadosa avaliação das incertezas que os cercam ⁵⁹.

Nesse sentido, cabe ressaltar o relatório da Royal Society e Royal Academy of Engineering, do Reino Unido – RS Policy Document 19/04 –, que

recomendou medidas de precaução em relação às nanopartículas e aos nanotubos, considerando-os materiais perigosos: (...) *a liberação de nanopartículas e nanotubos manufaturados no ambiente deve ser evitada tanto quanto possível* ⁶⁰.

Em 2004, a Comissão Europeia inseriu em sua Estratégia Europeia para Nanotecnologia atividades nos campos ético, legal e social (European activities in the field of ethical, legal and social aspects – Elsa) e recomendou a criação de um Código de Conduta para Pesquisa Responsável em Nanociências e Nanotecnologias como modelo de regulação e governança das nanotecnologias. O código, aprovado pela Comissão Europeia em 2008, aponta sete linhas gerais que deveriam ser consideradas nas pesquisas de nanotecnologia: a informação adequada ao público; o desenvolvimento sustentável; o princípio de precaução; a integração de toda a sociedade; a excelência investigativa; a inovação, e a responsabilidade ⁶¹.

O Fórum Intergovernamental sobre Segurança Química, do qual o Brasil faz parte, aprovou, em setembro de 2008, oito princípios que devem reger a vigilância das nanotecnologias e dos nanomateriais, dos quais o princípio de precaução é o primeiro e o mais importante ⁶²: 1) princípio de precaução: submissão das nanotecnologias a esse princípio, pela possibilidade de impactar a saúde e o meio ambiente; 2) regulação mandatária das nanotecnologias: introdução de regulação específica para as nanotecnologias; 3) saúde e segurança da população e dos trabalhadores: introdução de mecanismos de prevenção da exposição a nanomateriais real ou potencialmente nocivos; 4) sustentabilidade do meio ambiente: análise do ciclo de vida dos nanomateriais no ambiente, na saúde e na segurança ocupacional, antes de lançá-los no mercado; 5) transparência: rotulagem mandatária para produtos nanomanufaturados ou que contenham nanomateriais; 6) participação do cidadão: envolvimento da sociedade na discussão e no processo decisório do desenvolvimento das nanotecnologias a ela concernentes; 7) consideração sobre os impactos sociais e éticos: alocação de investimentos públicos às nanotecnologias, levando em consideração o impacto social, a avaliação ética, a equidade, a justiça e os interesses locais; e 8) responsabilidade do produtor: responsabilização de todos os envolvidos na cadeia dos produtos de base nanotecnológica pelos danos que porventura tiverem causa na exposição às nanotecnologias.

O Grupo ETC (Action Group on Erosion, Technology and Concentration) vem propondo desde 2003 a moratória, em especial, para produtos

que contenham nanopartículas⁶³. O Parlamento Europeu recomendou, em 2010, a moratória da produção de alimentos que utilizavam nanotecnologia – em processamento, embalagens e nanoingredientes – até que a avaliação dos riscos atestasse sua segurança⁶⁴.

É importante observar que na aplicação do princípio de precaução se deve buscar clara distinção entre ameaças críveis e ameaças improváveis; que toda decisão deve estar baseada, na medida do possível, em evidências científicas; que uma ameaça maior deve sobrepor-se a uma ameaça menor; que um evento negativo anterior, como morte comprovadamente causada por determinado tipo de câncer, e decorrente da falta de terapia com nanopartículas (se for o único tratamento) – deve ser evitado utilizando-se nanopartículas, mesmo que possam provocar, posteriormente, efeitos adversos; que, em situações nas quais o fator humano tenha papel imprescindível na utilização final do desenvolvimento científico, uma regulação ou normatização deve ser aplicada antes de qualquer paralisação ou banimento⁶⁵.

A aplicação do princípio de precaução à nanotecnociência requer diferentes análises, não sendo sensato atribuir a todos os ramos dessa tecnologia a conotação de ameaça inerente, porque, embora os relatórios e artigos científicos sobre nanotecnociência façam referência a definições, terminologias, toxicidade, segurança e regulação –, ainda há dúvidas e incertezas, em parte devido à falsa noção de que todas as nanopartículas, indistintamente, têm um modo de toxicidade desconhecido e específico⁶⁶.

De fato, em virtude da descoberta de crescente número de nanopartículas, da falta de conhecimento acerca de seu comportamento nessa escala de medida e da ausência de validação dos testes de toxicologia para avaliação da segurança e dos riscos, os dados toxicológicos ainda são insuficientes⁶⁷⁻⁷⁰ para assegurar a liberação, comercialização e uso de produtos nanotecnológicos. No entanto, a vasta literatura científica acerca da toxicidade das nanopartículas, ao indicar os riscos certos ou incertos desses materiais⁶⁹, e na condição de fonte primária de informação⁷¹, poderia servir de balizador nas tomadas de decisão, na criação de dispositivos legais e até mesmo na adequação da condução das pesquisas por parte dos (nano)cientistas.

Como exemplo disso, destaca-se o relatório emitido pelo Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR) – órgão da União Europeia responsável pela proteção da saúde

dos consumidores – sobre a segurança e os riscos dos nanomateriais. Segundo o relatório, *o Comitê examinou os dados e conhecimentos científicos atualmente disponíveis [para propor] uma série de observações (...), recomendações (...) e sugestões para a melhoria das metodologias [de avaliação de risco das nanopartículas para a saúde humana e o meio ambiente]*⁷².

Outro exemplo notório é o relatório do National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) – órgão estadunidense responsável pela proteção da saúde dos trabalhadores – sobre estratégias de controle da exposição dos trabalhadores durante o manuseio e a produção dos nanomateriais. Entre outros aspectos, o documento adverte: *Com o rápido crescimento [das aplicações comerciais dos nanomateriais], torna-se essencial que produtores e usuários de nanomateriais proporcionem ambiente de trabalho seguro e saudável aos empregados expostos a esses materiais. Atualmente, não há padrões regulatórios para nanomateriais nos Estados Unidos. No entanto, o NIOSH publicou [documentos] sobre [limites] de exposição ocupacional às nanopartículas de dióxido de titânio e aos nanotubos de carbono*⁷³.

Considerar estes pontos poderia levar à racionalização de custos financeiros e tempo com pesquisas. Com efeito, em contextos de escassez de recursos financeiros, essa racionalização torna-se item essencial para a alocação de capital humano e financeiro na resolução de reais problemas locais, reduzindo, assim, os custos ambientais e minimizando os riscos à saúde.

Outro ponto a ressaltar é a diferenciação entre os termos “riscos” e “consequências”, comumente tratados como sinônimos: riscos podem ou não se realizar; consequências são resultados esperados, certos. É comum observar, principalmente nos meios de comunicação popular, mas também na mídia especializada, a referência feita às “consequências da nanotecnociência” em correspondência sinônima com os “riscos da nanotecnociência”. Tal deslize terminológico dá a ideia de que a nanotecnociência seria realmente fonte de danos, levando à percepção pública de que se trata de tecnologia perigosa e favorecendo, conseqüentemente, manifestações por seu banimento ou paralisação.

Considerações finais

O debate que envolve o princípio de precaução é complexo e divide, em proporções aparentemente

te iguais, posições favoráveis e contrárias. Ademais, encontra-se – como tentamos mostrar – política e ideologicamente influenciado na tomada de decisão. De fato, a não uniformidade na definição do princípio de precaução pode ter repercussões mundiais significativas.

De um lado, o meio ambiente, a saúde e o desenvolvimento social podem tornar-se vulneráveis diante da exposição a diferentes tipos de risco, em virtude da permissão ou proibição de certas atividades pelos países. O asbesto, por exemplo, foi banido da maior parte dos países do Norte por causa de seu comprovado efeito carcinogênico, o que não ocorreu em muitos países do Sul, como o Brasil, onde a produção, importação e utilização continuam ⁷⁴, apesar dos alertas de sanitaristas desde o começo do século passado ^{75,76}. De outro lado, o comércio internacional pode ser afetado por proibições ou permissões de entrada de produtos que forem classificados como ameaçadores ou não à saúde ou ao meio ambiente. É o caso da autorização para cultivo de algumas plantas geneticamente modificadas na União Europeia, como o milho, o algodão, a beterraba, o girassol e a soja ⁷⁷, e da proibição de outras. Com isso, a posição da União Europeia torna impeditivas algumas trocas comerciais no tocante a certos cultivares.

Uma crítica recorrente à aplicação do princípio de precaução é que não forneceria solução nem guia concreto ^{36,51}, mas apenas criaria um fórum de debates sobre as consequências indesejáveis, e muitas vezes irreais, das atividades humanas, sendo, portanto, de pouca utilidade para a tomada de decisões no âmbito das políticas públicas ⁷⁸. Mas, nesse caso, a revisão das formulações do princípio de precaução deveria considerar os possíveis benefícios e evitar superestimar “profeticamente” os danos, de modo a permitir o cálculo probabilístico do risco próximo do real e da proporção custo-benefício.

Observados esses aspectos, o princípio de precaução poderia ser aplicado caso a atividade se mostrasse desfavorável à qualidade de vida sustentável, incluídos aqui os três âmbitos pertinentes à bioética – a saúde, o meio ambiente e os aspectos sociais –, já que pode ser concebida como o *estudo sistemático das dimensões morais (...) das ciências da vida e dos cuidados da saúde* ⁷⁹, ou seja, como caixa de ferramentas que lida com o *impacto, positivo ou negativo, da biotecnociência sobre a vida e/ou qualidade de vida das pessoas humanas e, eventualmente, a qualidade de vida dos animais não humanos e a qualidade dos ambientes naturais* ⁸⁰, e como campo de investigação capaz de *responder*

a profundas questões filosóficas sobre a natureza da ética, o valor da vida, o que é ser uma pessoa, o sentido do ser humano [e sobre] as consequências das políticas públicas e a direção e o controle da ciência ⁸¹; além de ser um lugar de *intersecção de um grande número de disciplinas, [um] espaço de encontro, mais ou menos conflituoso, de ideologias, morais, de religiões, de filosofias, [e de] desafios para uma grande quantidade de grupos de interesses e de poderes constitutivos da sociedade civil: associações de doentes, corpo médico, defensores dos animais, associações paramédicas, grupos ecologistas, agronegócio, indústrias farmacêutica e de tecnologias médicas, bioindústrias em geral* ⁸².

É preciso, também, pensar em uma tecnologia alternativa, que atenda, no mínimo, às mesmas necessidades que as existentes ou projetadas, potencialmente ou supostamente ameaçadoras, mas sem as suas limitações ou problemas ⁴⁰. O poder público poderá, nesse caso, incentivar seu desenvolvimento, sem desconsiderar, em contexto de escassez de recursos aliado a uma perspectiva utilitarista, as necessidades sociais e reais.

O princípio de precaução quase sempre dependerá do desenvolvimento de alguma atividade ou possibilidade que o provoque. Na prática, a paralisação se dará, quase sempre, quando o evento já estiver em andamento e as consequências já tiverem começado a manifestar-se. Nesse sentido, Almeida-Filho e Coutinho ³⁰ propõem a introdução da modalidade contingencial ao conceito de risco, que se caracteriza pela imprevisibilidade dos eventos presentes e futuros.

Por causa da percepção alarmista, sobretudo de (nano)tecnocientofóbicos e de analistas catastróficos, a nanotecnociência já nasceu estigmatizada. Tal percepção não leva em conta o fato de que *viver, hoje em dia, implica assumir (voluntariamente ou não) modos e/ou padrões de exposição a determinados riscos* ⁸³ e que o desenvolvimento – seja biomédico, tecnológico, social, econômico ou político – depende dessa assunção e da consequente tentativa, em razão da imprevisibilidade, de prevenção e/ou proteção contra os riscos. Portanto, *cabe à Bioética o exercício de abordar eticamente um conhecimento científico que não só apresenta evolução imprevisível (como qualquer outro), como também se baseia na imprevisibilidade* ⁸⁴.

Concluindo, a frequente atribuição de risco inerente às novas tecnologias caracteriza tanto uma “profecia” quanto um erro embutidos na análise dessas tecnologias, ou por não haver tempo hábil

para a demonstração dos danos (se houver), ou por não serem elas entes autônomos, mas sim criados e manejados pelos seres humanos em suas práticas tecnocientíficas e biotecnocientíficas.

Trabalho produzido no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Bioética da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília, Brasília/DF, Brasil.

Todos os trechos originalmente produzidos em francês, inglês e espanhol foram traduzidos pelos autores.

Referências

1. Kottow M. Bioética prescritiva. A falácia naturalista. O conceito de princípios na bioética. In: Garrafa V, Kottow M, Saada A, organizadores. Bases conceituais da bioética: enfoque latino-americano. São Paulo: Gaia; 2006. p. 36-41.
2. Gert B, Culver CM, Clouser KD. Bioethics: A return to fundamentals. New York: Oxford University Press; 1997. p. 75.
3. Bourg D. Principe de précaution. In: Mesure S, Savidan P, éditeurs. Le dictionnaire des sciences humaines. Paris: Presses Universitaires de France; 2006. p. 893-6.
4. Godard O. Precaução (Princípio de). In: Hottois G, Missa J-N, editores. Nova enciclopédia da bioética. Lisboa: Instituto Piaget; 2003. p. 527-33.
5. Foster KR, Vecchia P, Repacholi MH. Risk management. Science and the precautionary principle. Science. 2000;288(5468):979-81.
6. Foster KR, Vecchia P, Repacholi MH. Op. cit. 2000. p. 979.
7. United Nations. General Assembly. Report of the United Nations Conference on Environment and Development; 3-14 jun 1992; Rio de Janeiro. Rio Declaration on Environment and Development. [Internet]. Rio de Janeiro: United Nations; 1999 [acesso 20 ago 2014]. Disponível: <http://www.un.org/documents/ga/conf151/aconf15126-1annex1.htm>
8. Wingspread Conference on the Precautionary Principle; 26 jan 1998; Wingspread. The Wingspread Consensus Statement on the Precautionary Principle. [Internet]. Eugene, OR: SEHN; 1998 [acesso 8 jun 2013]. Disponível: <http://www.sehn.org/wing.html>
9. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciências e Cultura (Unesco). Declaração Universal de Bioética e Direitos Humanos. [Internet]. Paris: Unesco; 2005 [acesso 30 ago 2014]. Disponível: <http://www.sbioetica.org.br/wp-content/uploads/2011/11/TEXTODADUBDH.pdf>
10. Holm S, Harris J. Precautionary principle stifles discovery [correspondence]. Nature. 29 jul 1999;400(6743):398.
11. Turner D, Hartzell L. The lack of clarity in the precautionary principle. Environ Values. 2004;13(4):449-60.
12. Hansson SO. A Philosophical perspective on risk. Ambio. 1999;28(6):539-42.
13. Hansson SO. Philosophical perspectives on risk. Techné: Research in Philosophy and Technology. 2004;8(1):10-35.
14. Castiel LD, Guilam MCR, Ferreira MS. Correndo o risco: uma introdução aos riscos em saúde. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz; 2010.
15. Aven T. Risk analysis and science. International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering. 2004;11(1):2.
16. Aven T. Op. cit. 2004. p. 1-15.
17. Dupuy JP. Complexity and uncertainty: a prudential approach to nanotechnology. In: Allhoff F, Lin P, Moor J, Weckert J, editors. Nanoethics: The ethical and social implications of nanotechnology. New Jersey: John Wiley & Sons; 2007. p. 119-31.
18. Aven T, Steen R. The concept of ignorance in a risk assessment and risk management context. Reliability Engineering and System Safety. 2010;95:1117-22.
19. Aven T, Steen R. Op. cit. 2010. p. 1120.
20. Sandin P. Dimensions of the precautionary principle. Human and Ecological Risk Assessment. 1999;5(5):889-907.
21. Sandin P. A paradox out of context: Harris and Holm on the precautionary principle. Camb Q Health Ethics. 2006;15(2):175-83; discussion 84-7.
22. Wiener JB, Rogers MD. Comparing precaution in the United States and Europe. J Risk Res. 2002;5(4):317-49.
23. Raffensperger C, Tickner JA. Protecting public health & the environment: Implementing the precautionary principle. Washington, DC: Island Press; 1999.
24. Harris J, Holm S. Extending human lifespan and the precautionary paradox. J Med Philos. 2002 jun;27(3):355-68.
25. Harremoës P, Gee D, MacGarvin M, Stirling A, Keys J, Wynne B et al., editors. Late lessons from early warnings: The precautionary principle, 1896-2000. Copenhagen: European Environment Agency; 2001. (Environmental Issue Report nº 22).
26. Czeresnia D. Ciência, técnica e cultura: relações entre risco e práticas de saúde. Cad Saúde Pública. 2004;20(2):447-55.

27. Godard O. Op. cit. 2003. p. 528.
28. Ayres JRCM. Epidemiologia, promoção da saúde e o paradoxo do risco. *Rev Bras Epidemiol.* 2002;5(Supl 1):28-42.
29. Ayres JRCM. Op. cit. p. 36.
30. Almeida-Filho N, Coutinho D. Causalidade, contingência, complexidade: o futuro do conceito de risco. *PHYSIS: PHYSIS(Rio J).* 2007;17(1):95-137.
31. Harris J, Holm S. Op. cit. p. 357.
32. Holm S, Harris J. Op. cit. p. 398.
33. Boy L. La nature juridique du principe de précaution. *Nature Sciences Sociétés.* 1999;7(3):5-11.
34. Godard O. De l'usage du principe de précaution en univers controversé: entre débats publics et expertise. *Futuribles.* 1999; (239):47.
35. Aven T. On the ethical justification for the use of risk acceptance criteria. *Risk Anal.* 2007;27(2):303-12. p. 311.
36. Engelhardt Jr HT, Jotterand F. The precautionary principle: A dialectical reconsideration. *J Med Philos.* 2004;29(3):301-12.
37. Mangham C, Reid G, Stewart M. Resilience in families: Challenges for health promotion. *Can J Public Health.* 1996;87(6):373-4.
38. Castiel JD. Medida do possível... saúde, risco e tecnobiociências. Rio de Janeiro: Contra Capa/ Editora Fiocruz; 1999. p. 63.
39. Vaz P, Pombo M, Fantinato M, Peczy G. O fator de risco na mídia. *Interface Comunic Saúde Educ.* 2007;11(21):145-53. p. 152.
40. Luján JL, Todt O. Precaution: A taxonomy. *Soc Stud Sci.* 2012;42(1):143-57.
41. Menasche R. Uma cronologia a partir de recortes de jornais. *Hist. Cienc. Saude-Manguinhos.* [Internet]. 2000 [acesso 8 jun 2013];7(2):523-40. Disponível: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59702000000300024
42. Berg P. Meetings that changed the world: Asilomar 1975: DNA modification secured. *Nature.* set 2008; 455(7211):290-1.
43. Berg P, Baltimore D, Brenner S, Roblin RO, Singer MF. Summary statement of the Asilomar Conference on Recombinant DNA Molecules. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 1975;72(6):1981-4.
44. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco). Declaração Universal sobre o Genoma Humano e os Direitos Humanos: da teoria à prática. [Internet]. Brasília: Unesco; 2001 [acesso 28 abr 2014]. Disponível: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001229/122990por.pdf>
45. Schramm FR. The Dolly case, the Polly drug, and the morality of human cloning. *Cad Saúde Pública.* 1999;15(Supl 1):51-64.
46. Schramm FR. Op. cit. 1999. p. 61.
47. Schramm FR. A clonagem humana: uma perspectiva promissora? In: Garrafa V, Pessini L, organizadores. *Bioética: poder e injustiça.* São Paulo/Brasília: Loyola/SBB; 2004. p. 193.
48. Schramm FR. Op. cit. 1999. p. 62.
49. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Unesco). World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology. The precautionary principle. Paris: Unesco; 2005. p. 14.
50. Schramm FR, Kottow M. Principios bioéticos en salud pública: limitaciones y propuestas. *Cad Saúde Pública.* 2001;17(4):949-56.
51. Schramm FR. Bioética da proteção: ferramenta válida para enfrentar problemas morais na era da globalização. *Rev. bioét. [Impr.].* 2008;16(1):17.
52. Garrafa V, Porto D. Intervention bioethics: A proposal for peripheral countries in a context of power and injustice. *Bioethics.* 2003;17(5-6):399-416.
53. Nascimento WF, Garrafa V. Por uma vida não colonizada: diálogo entre bioética de intervenção e colonialidade. *Saude Soc.* 2011;20(2):297.
54. Engelhardt Jr HT, Jotterand F. Op. cit. 2004. p. 303.
55. Hottois G. Qual é o quadro temporal para pensar nas gerações futuras? Uma abordagem filosófica. In: Schramm FR, Rego S, Braz M, Palácios M, organizadores. *Bioética, riscos e proteção.* 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora UFRJ/Editora Fiocruz; 2009. p. 101-32.
56. Schramm FR. Existem boas razões para se temer a biotecnociência? *Bioethikos.* 2010;4(2):195.
57. Holm S. Reply to Sandin: The paradox of precaution is not dispelled by attention to context. *Camb Q Healthc Ethics.* 2006;15:184-7.
58. Pereira MEM, Gioia SC. Séculos XVIII e XIX: revolução na economia e na política. In: Andery MAPA, Micheletto N, Sérgio TMP, Rubano DR, Moroz M, Pereira ME *et al.*, organizadores. *Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica.* Rio de Janeiro: Garamond; 2007. p. 257-94.
59. Ferrari A. Developments in the debate on nanoethics: Traditional approaches and the need for new kinds of analysis. *Nanoethics.* abr 2010;4(1):27-52.
60. Royal Society and the Royal Academy of Engineering. *Nanoscience and nanotechnologies: Opportunities and uncertainties.* London: The Royal Society; 2004. p. 85.
61. Commission of the European Communities. Commission Recommendation of 07/02/2008 on a code of conduct for responsible nanosciences and nanotechnologies research C(2008) 424 final. Bruxelas: European Commission; 2008.

62. Sixth Intergovernmental Forum on Chemical Safety; 15-19 sep 2008; Dakar, Senegal. Nanotechnology and manufactured nanomaterials: opportunities and challenges. Thoughts starter for the side event on fundamental issues on nanotechnology, beyond recognized benefits and possible risks for health and the environment: promises, social utility, alternatives, impacts, responsible development. Dakar, Senegal: WHO; 2008.
63. Action Group on Erosion, Technology and Concentration. Nanotech product recall underscores need for nanotech moratorium: is the magic gone? News Release ETC Group. [Internet]. 7 abr 2006 [acesso 22 nov. 2010]. Disponível: <http://www.etcgroup.org/fr/node/14>
64. Ehnert T. The legitimacy of new risk governance: a critical view in light of the EU's approach to nanotechnologies in food. *European Law Journal*. [Internet]. 2014 [acesso 28 ago 2014];21(1):44-67. Disponível: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/eulj.12082/pdf>
65. Weckert J, Moor J. The precautionary principle in nanotechnology. In: Allhoff F, Lin P, Moor J, Weckert J, editors. *Nanoethics: the ethical and social implications of nanotechnology*. New Jersey: John Wiley & Sons; 2007. p. 133-46.
66. Holsapple MP, Farland WH, Landry TD, Monteiro-Riviere NA, Carter JM, Walker NJ *et al*. Research strategies for safety evaluation of nanomaterials, part II: Toxicological and safety evaluation of nanomaterials, current challenges and data needs. *Toxicol Sci*. 2005 nov;88(1):12-7.
68. Cattaneo AG, Gornati R, Sabbioni E, Chiriva-Internati M, Cobos E, Jenkins MR *et al*. Nanotechnology and human health: Risks and benefits. *J Appl Toxicol*. 2010;30(8):730-44.
69. Obersdörster G. Safety assessment for nanotechnology and nanomedicine: Concepts of nanotoxicology. *J Intern Med*. jan 2010;267(1):89-105.
70. Gebel T, Marchan R, Hengstler JG. The nanotoxicology revolution. *Arch Toxicol*. dez 2013;87(12):2057-62.
71. Ostrowski AD, Martin T, Conti J, Hurt I, Harthorn BH. Nanotoxicology: Characterizing the scientific literature, 2000-2007. *J Nanopart Res*. fev 2009;11(2):251-7.
72. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks. Opinion on the appropriateness of the risk assessment methodology in accordance with the technical guidance documents for new and existing substances for assessing the risks of nanomaterials [Internet]. Brussels: European Commission; 21-22 jun 2007 [acesso ago 2014]. p. 8-33. Disponível: http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/scenihr_o_010.pdf
73. US Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health. Current strategies for engineering controls in nanomaterial production and downstream handling processes. Cincinnati (OH): National Institute for Occupational Safety and Health; 2013. p. 1-7. (DHHS - NIOSH) Publication nº 2014-102). Disponível: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2014-102/>
74. Sim MR. A worldwide ban on asbestos production and use: Some recent progress, but more still to be done. *J Occup Environ Med*. jan 2013;70(1):1-2.
75. Mendes R. Asbesto (amianto) e doença: revisão do conhecimento científico e fundamentação para uma urgente mudança da atual política brasileira sobre a questão. *Cad Saúde Pública*. 2001;17(1):7-29.
76. Castro H, Giannasi F, Novello C. A luta pelo banimento do amianto nas Américas: uma questão de saúde pública. *Cien Saude Colet*. 2003;8(4):903-11.
77. European Commission. EU Register of authorised GMOs. [Internet]. Brussels; 2014 [acesso 1º jul 2014]. Disponível: http://ec.europa.eu/food/dyna/gm_register/index_en.cfm
78. Starr C. The precautionary principle versus risk analysis. *Risk Anal*. 2003;23(1):1-3.
79. Reich WT. *Encyclopedia of bioethics*. 2ª ed. New York: Macmillan Library Reference/Simon & Schuster Macmillan; 1995. p. xxi.
80. Schramm FR. A moralidade da biotecnociência: a bioética da proteção pode dar conta do impacto real e potencial das biotecnologias sobre a vida e/ou a qualidade de vida das pessoas humanas? In: Schramm FR, Rego S, Braz M, Palácios M, organizadores. Op. cit. p. 17.
81. Kuhse H, Singer P. What is bioethics? A historical introduction. In: Kuhse H, Singer P, editors. *A companion to bioethics*. Oxford: Wiley-Blackwell; 1998. p. 4.
82. Hottois G. Bioética [verbete]. In: Hottois G, Missa J-N, editores. Op. cit. p. 110.
83. Castiel JD. Op. cit. 1999. p. 65.
84. Pyrrho M, Schramm FR. A moralidade da nanotecnologia. *Cad. Saúde Pública*. 2012;28(11):2023-33. p. 2028.

Participação dos autores

Eder Torres Tavares e Fermin Roland Schramm participaram igualmente na elaboração, leitura crítica e correção final do artigo.

Recebido: 7.11.2014

Revisado: 25. 5.2015

Aprovado: 1. 6.2015