

Resistir à desumanização, responsabilizar os atores envolvidos e antecipar os riscos vindouros: desenhando os limites e as possibilidades para as nanotecnologias.

Desenvolvimento científico, novas tecnologias e Estado: desafios e possibilidades frente às nanotecnologias.

WILSON ENGELMANN

RESUMO:

A preocupação com as diversas fases do processo produtivo precisa adequar-se a uma nova responsabilidade, ou seja, a responsabilidade e corresponsabilidade com o meio ambiente, atingindo o ser humano. Na medida em que esse “detalhe” passa a fazer parte do núcleo empresarial da produtividade, constata-se que a inovação ganha novas cores e formatos, os quais serão fundamentais para o futuro da vida sobre a Terra. As nanotecnologias poderão ser uma ferramenta criativa e poderosa à implementação desse escopo, pois operam num patamar que permite a manipulação de átomos e moléculas, equivalente à bilionésima parte do metro. É preciso verificar se a preocupação, o “cuidado” com o meio ambiente e o uso da tecnologia, efetivamente estão em condições de promover a competitividade de forma limpa.

PALAVRAS-CHAVE: Nanotecnologias; Meio Ambiente; Cuidado com o Ser Humano.

1. INTRODUÇÃO

O artigo pretende enfrentar o seguinte problema: em que medida as nanotecnologias (expressas no “nanoambiente”) poderão ser uma alternativa para promover o cuidado “verde” com o mundo, favorecendo a competitividade inovadora e atravessando-a com um viés substancial focado no respeito ao meio ambiente e às futuras (e atuais) gerações dos humanos? Para construir o artigo e a(s) resposta(s) para essa questão (que não pretende ser a única e nem a correta) será utilizado o método fenomenológico-hermenêutico, por meio da matriz teórica delineada particularmente, mas não exclusivamente, pelas contribuições de Martin Heidegger e Hans-Georg Gadamer.

Dentro do contexto do painel, objetiva-se investigar como o “nanoambiente” poderá desenhar-se como uma possibilidade para enfrentar a questão relativa à produção de energia, além de apontar a necessidade do desenvolvimento científico e tecnológico deverão focar-se em questões de ordem pública, notadamente no respeito aos Direitos (dos) Humanos, sem o qual nenhuma nova tecnologia deveria ser instalada no Estado Contemporâneo. Há um claro sinal no sentido de se avaliar os impactos que a revolução nanotecnocientífica estará gerando no seio da sociedade, acompanhando-se os seus desafios (leia-se, riscos) e as suas possibilidades, isto é, como alternativas para a resolução de problemas da comunidade local e global.

2. COMPATIBILIZANDO A INOVAÇÃO COM A PRODUÇÃO COMPETITIVA E AMBIENTALMENTE ADEQUADA

A natureza é um dado que o ser humano tem colocado a sua disposição, a qual tem como uma das finalidades fornecer os subsídios para a manutenção e o desenvolvimento da vida sobre a face da Terra. Entretanto, não se poderá dispor dela (a natureza) de tal modo a esgotar os recursos fornecidos. Ela não

está contra nós. Pelo contrário, nela se encontram todos os recursos para o desenvolvimento de uma vida humana digna.

De qualquer modo, é preciso tomar cuidado com a forma como o ser humano interage com a natureza e o seu ambiente. Não se pode esquecer que o ser humano integra a natureza, isto é, representa um dos seus ingredientes. Portanto, a utilização da técnica deve ser cautelosa e fenomenologicamente refletida, pois cada ser humano integra a natureza. Assim, as investidas contra (ou a favor) da natureza ou do ser humano, produzirão efeitos recíprocos: “a biotecnologia produz este efeito de atomizar o ser vivo em partículas químicas; ela despedaça-o em micro-entidades funcionais assemelhadas a objetos técnicos. O ser vivo é desfigurado, despedaçado, desmontado, ao ponto de torná-lo absolutamente irreconhecível – em suma: insignificante” (OST, 1995, p. 97). Esta passagem deve provocar a reflexão: assim como a biotecnologia, todas as tecnologias, incluindo as nanotecnologias, têm o poder de dividir e reduzir, produzindo a insignificância. Essa possibilidade se aplica à natureza e ao ser humano. O mais incrível disso tudo: é o ser humano dividindo e, de certa forma, “destruindo” o próprio ser humano. É preciso verificar se isso é inovação. Se esse é o preço a ser pago para que um empreendimento seja considerado competitivo.

François Ost (1995, p. 94) viabiliza a construção dos seguintes questionamentos: é aceitável (eticamente) a técnica no lugar da Terra? É justo (humanamente) transformar o ser humano num mero “equipamento” para a produção econômica da chamada “competitividade inovadora”? Torna-se necessário avaliar o “custo” para a humanidade do ser humano uma série de hibridações:

misturam-se as espécies, fabricam-se quimeras se estas se revelam mais eficazes e mais rendíveis do que os seus análogos naturais; transformam-se plantas e animais em máquinas, numa altura em que se adotam programas destinados a desenvolver a inteligência artificial dos computadores, esperando, sem dúvida, o momento em que se conseguirá juntar inteligência artificial e material biológico (OST, 1995, p. 97).

O “verde” para ser economicamente quantificável deverá levar em consideração estas misturas, evitando-as, pois elas aviltam a condição humana e acabam provocando desequilíbrios irreversíveis no meio ambiente. A própria inovação deverá certificar-se dos seus limites e da sua relação com a tecnologia e a ciência: “esta última é mais da ordem do saber, a primeira é mais da ordem do poder. O saber respeita as coisas cujos segredos descobre; o poder, necessariamente, transforma-as e apropria-se delas” (OST, 1995, p. 97). Existe a necessidade de se equilibrar “saber” e “poder”. A Revolução Nanotecnocientífica não poderá perder-se em nome de um pretenso poder que ela poderá trazer. É preciso utilizá-la para transformar as suas descobertas em possibilidades concretas de melhoria de vida para as pessoas, além da recuperação da destruição já infligida à natureza.

Torna-se necessário enfrentar o dilema que ainda existe entre ecologia e economia: “a poluição do ambiente com sucatas, substâncias nocivas ou formas de energia é um sinal de que os recursos foram utilizados de forma incompleta, ineficiente ou ineficaz” (PORTER e VAN DER LINDE, 1999, p. 374). Essa produção, ao desrespeitar o meio ambiente, acaba gerando mais obrigações às empresas, pois necessitam “executar outras atividades que adicionam custos, mas não criam valor para os clientes: por exemplo, o manuseio, o armazenamento e o descarte de efluentes.” Por conta disso, tem sido desenvolvido o conceito de “prevenção da poluição”, também “chamado de redução das fontes, que recorre a métodos como substituição de materiais e processos de ciclo fechado, para limitar a poluição antes da sua ocorrência” (PORTER e VAN DER LINDE, 1999, p. 375). Tais atitudes significam a minimização dos efeitos externos indesejados, também denominados de externalidades ou transbordamentos negativos. A externalidade “é todo efeito externo, positivo ou negativo, de uma

relação produtiva, ou seja, tudo o que afeta não apenas aqueles que estavam naquela relação engajados, mas também terceiros” (YAZBEK, 2009, p. 43). A poluição ambiental é um típico exemplo de externalidade negativa ou de deseconomias externas. Vale observar que os seus efeitos não são apenas sentidos na esfera privada do empreendimento, mas “a poluição afeta toda a comunidade, de forma geral, criando novos e diversos custos para os demais agentes que ali vivem” (YAZBEK, 2009, p. 43). Pelos aspectos vistos, constata-se que o cuidado e o descuido com o meio ambiente é uma típica questão transindividual, que afeta todas as pessoas da comunidade. Portanto, serão necessários mecanismos para evitar as externalidades negativas, oriundas dos sistemas econômicos e dos circuitos de produção impõem ao meio ambiente. As demandas lançadas sobre o meio ambiente poderão ser organizadas em dois grupos: a) “em termos de *entradas* para o processo de produção, oriundas do meio ambiente natural como *recurso*; b) em termos de *saídas* para o meio ambiente natural, na forma de poluição de vários tipos” (DICKEN, 2010, p. 47). Nesses dois grupos se encontram os grandes limites que são relacionados, por Martin Heidegger (2002, p. 130), à salvação da Terra que não representa apenas a erradicação do perigo, mas “significa, na verdade: deixar alguma coisa livre em seu próprio vigor. Salvar a terra é mais do que explorá-la ou esgotá-la. Salvar a terra não é assenhorar-se da terra e nem tampouco submeter-se à terra, o que constitui um passo quase imediato para a exploração ilimitada.” O equilíbrio entre o “assenhorar-se” e a “exploração ou esgotamento” deverá ser percebido por qualquer empreendimento que queira ser inovador, pois estará colaborando para a equação de manutenção do meio ambiente. Estes dois aspectos limítrofes equivalem às entradas e saídas do processo produtivo: a utilização dos recursos naturais e a devolução das “sobras” do da produção precisam ser especificadas de tal modo que o Planeta Terra continue existindo.

Buscam-se condições “verdes” para controlar ou minimizar as externalidades negativas por meio de mecanismos como “a regulamentação de atividades, o estabelecimento de obrigações acessórias restritivas da ocorrência de efeitos externos, ou a criação de tributação destinada à compensação de efeitos externos ou ao seu desestímulo” (YAZBECK, 2009, p. 44). Estes e outros mecanismos buscam aproximar a competitividade, o meio ambiente, a preocupação com o ser humano e os marcos normativos. Um exemplo da criação de tributos pode ser a caracterização trazida por Norberto Bobbio, ou seja, o Estado assume uma postura promocional, concretizando “a passagem do Estado apenas protecionista para o Estado programático” (BOBBIO, 2007, p. 71). Com a mudança de perspectiva de atuação do Estado, também será necessária a alteração do foco do Direito. Portanto,

[...] a função promocional do direito pode ser exercida por dois tipos diferentes de expedientes: os incentivos e os prêmios. Entendo por ‘incentivos’ medidas que servem para facilitar o exercício de uma determinada atividade econômica; por ‘prêmios’, ao contrário, medidas que visam oferecer uma satisfação àqueles que já tenham realizado uma determinada atividade (BOBBIO, 2007, p. 71).

As duas situações enquadram-se no procedimento da sanção positiva. Dependendo do momento em que o empreendimento toma o cuidado para não gerar a externalidade negativa, haverá o incentivo ou o prêmio. O primeiro está vinculado à implantação do processo inovador que respeite o meio ambiente e o segundo trata do momento em que a inovação já esteja em curso e são tomados cuidados constantes para a não ocorrência da poluição. De qualquer modo, as empresas não podem ficar na dependência das sanções promocionais, pois a preocupação com o processo produtivo adequado ambientalmente é uma obrigação e como tal não deve (e nem pode) ficar na dependência de uma “recompensa”, é o pressuposto de qualquer empreendimento, ainda mais quando queira ser categorizado como inovador.

Em alinhamento ao problema formulado na Introdução, pode-se mencionar que a inovação ambientalmente adequada, isto é a “inovação verde”, poderá ser gerada e fomentada por meio de duas categorias, as quais expressam atitudes concretas neste sentido: (i) “a primeira é a das novas tecnologias e abordagens que minimizam o custo do tratamento da poluição, quando existente. A chave para essas abordagens geralmente reside na captação dos recursos incorporados na poluição e na sua conversão em algo de valor” (PORTER e VAN DER LINDE, 1999, p. 377). Estão nessa situação o reuso e a reciclagem, tratamentos secundários e conversão de materiais e emissões tóxicas em recursos utilizáveis. (ii) “O segundo tipo de inovação, muito mais interessante e importante, ataca as causas básicas da poluição a partir da melhoria da produtividade dos recursos. Suas consequências assumem muitas formas, incluindo a utilização mais eficiente de insumos específicos e o aumento do rendimento e a melhoria dos produtos” (PORTER e VAN DER LINDE, 1999, p. 377). Verifica-se que nas duas possibilidades de inovação as nanotecnologias poderão ser muito importantes, conforme se verá em seguida. De qualquer modo, deve-se perceber o seguinte movimento: “[...] Cada vez mais, os países e as empresas que apresentam maior competitividade não são aqueles com acesso aos insumos de custo mais baixo, mas os que empregam a tecnologia e os métodos mais avançados na sua utilização.” Além disso, “como a tecnologia se encontra em constante processo de mudança, o novo paradigma da competitividade global exige a capacidade de inovar com rapidez” (PORTER e VAN DER LINDE, 1999, p. 377). Por isso, para ser competitivo é necessária a inovação. No entanto, esse grupo de aspectos deverá ser perpassado pela adequada relação com o meio ambiente e a capacidade de constante modernização do processo produtivo por meio da investigação científica atualizada.¹

Neste cenário, se verifica que o crescimento sustentável será o viés corporativo no Século XXI, equivalente aos negócios produtivos no Século XX. A transformação da base do desenvolvimento dos negócios não parece ser muito fácil, na medida em que depende da modificação da linha de pensamento dos empresários. O crescimento sustentável indica, num primeiro momento, um sinal oriundo do mercado externo, conduzindo as organizações para esta forma de crescimento. Aqui se inclui o crescimento das expectativas do cliente, crescimento das pesquisas para a redução do consumo de energia, água, matéria-prima e outros ingressos necessários para o desenvolvimento do processo produtivo, intensificando as expectativas dos investidores e promovendo o desenvolvimento da regulação ambiental. A tais características se deverá adicionar a necessidade de se vislumbrar um mercado atraído a consumir produtos provenientes desta produção. Além destas condições externas, serão necessárias iniciativas internas das organizações, começando pelo envolvimento dos responsáveis pela tomada das decisões, além de se promover uma cultura organizacional focada no desenvolvimento sustentável (NIDOMOLU; KRAMER; ZEITZ, 2012, p. 44). Para tanto, se podem identificar cinco fases que uma organização precisará observar à prática do crescimento sustentável: 1ª fase: formar um ponto de vista coerente e adequado à organização acerca do crescimento sustentável; 2ª fase: iniciar mudanças através de meios emotivos, ou seja, dar credibilidade à inspiração dos integrantes da organização; 3ª fase: inocular o crescimento sustentável na identidade organizacional; 4ª fase: institucionalizar o crescimento sustentável; 5ª fase: promover a evolução das bases do negócio para o crescimento sustentável (NIDOMOLU; KRAMER; ZEITZ, 2012, p. 44-7). Destarte, a inovação que seja adequada para as necessidades e desafios deste início do Século XXI passa, necessariamente, pela questão ambiental, que deverá tomar conta das organizações. Com as nanotecnologias não será diferente, pois por mais sofisticada que seja a inovação, ela somente será aceitável se estiver focada no desenvolvimento do ser humano e no respeito aos limites do meio do meio ambiente.

¹ A política de patentes verdes e a transferência de tecnologias limpas faz parte do escopo do Protocolo de Kyoto, potencializando um debate mundial sobre a relação necessária entre a propriedade intelectual e a tecnologia limpa. (LANE, 2011 p. 227 *et seq.*).

A inovação possibilitada por meio da revolução nanotecnológica apresenta um novo desafio: os seus efeitos – sejam positivos ou negativos – não ficarão restritos aos limites territoriais de cada Estado, exigindo uma projeção mundial destes desdobramentos, que também incidirão sobre os marcos normativos. Vale dizer: a mundialização da economia provocará também uma necessária globalização jurídica, considerando os bens envolvidos como a matéria de proteção do meio ambiente e dos riscos globais cada vez mais presentes, gerando um “preço da decisão” que será tomada e dos seus envolvidos direta e indiretamente, gerando “um pluralismo ordenado” de fontes jurídicas fundadas nos “direitos do homem” (DELMAS-MARTY, 2013, p. 62-3).

3. AS NANOTECNOLOGIAS E SUAS INTERAÇÕES COM O MEIO AMBIENTE: DOS RISCOS AOS TÓPICOS ASSOCIADOS AO NANOAMBIENTE

O grande desafio das novas tecnologias é a produção limpa, independente de que ramo se analise. No caso citado na Introdução, verificou-se que, apesar do avanço tecnológico, a produção de energia por meios alternativos – vinculados ao meio ambiente – também deixa um rastro de “sujeira” e preocupação.

As nanotecnologias representam um “conjunto de tecnologias multidisciplinares que permitem o domínio de partículas com dimensões extremamente pequenas (as nanopartículas), exibindo propriedades mecânicas, óticas, magnéticas e químicas completamente novas” (DUPAS, 2009, p. 57). Quantificando este conceito, verificam-se as seguintes características, tomando-se como referência a norma produzida no âmbito da ISO TC 229²: a) produtos ou processos que estejam tipicamente, mas não exclusivamente, abaixo de 100nm (cem nanômetros); b) nesta escala, as propriedades físico-químicas são diferentes dos produtos ou processos que estejam em escalas maiores. Um nanômetro equivale à bilionésima parte de um metro, ou a notação científica de 10^{-9} .

Alguns dos aspectos que deverão merecer atenção especial podem ser assim apresentados: 1) na escala nanométrica o comportamento dos átomos e moléculas é diferente daquele encontrado em outras escalas de tamanho; 2) “os tipos de nanotecnologia que vemos hoje, e que estarão em laboratórios e fábricas pelos próximos anos, não apresentam nenhum perigo além da possibilidade de que alguns dos novos materiais sejam tóxicos. [...] Os benefícios substanciais claramente superam esses riscos pequenos e controláveis”. Como se poderá dizer que os riscos são pequenos e controláveis se as nanotecnologias ainda não são integralmente conhecidas? Além disso, “[...] a perspectiva é melhorar muito produtos com grandes reduções de custo, tanto em termos financeiros quanto em se tratando de impacto ambiental. Essa capacidade pode ser usada para criar um [novo?] mundo com um alto padrão de vida material, enquanto se reduz consumo de recursos e realmente remove CO₂ da atmosfera”. Apesar de tudo isso, “como em toda poderosa tecnologia, no entanto, essas capacidades estão sujeitas a potencial abuso” (DREXLER, 2008, p. 22). A aparente simplicidade do enfrentamento das questões que ainda serão provocadas pelas nanotecnologias deverá ser substituída por uma observação cautelosa e responsável, especialmente no tocante aos efeitos positivos e negativos ainda não desvelados. Ao lado desses aspectos, segundo alguns cientistas não há fundamento científico para a limitação a 100nanômetros (nm), considerando que propriedades extraordinárias poderão surgir em 10, 50 assim

² “Nanotechnology Standardization in the field of nanotechnologies that includes either or both of the following: 1. Understanding and control of matter and processes at the nanoscale, *typically, but not exclusively, below 100 nanometers* in one or more dimensions where the onset of size-dependent phenomena usually enables novel application; 2. Utilizing *the properties of nanoscale materials that differ from the properties* of individual atoms, molecules, and bulk matter, to create improved materials, devices, and systems that exploit these new properties.” Disponível em: http://www.iso.org/iso/standards_development/technical_committees/list_of_iso_technical_committees/iso_technical_committee.htm?commid=381983 Acesso em 21/06/2013. O grifo não está no original.

como em 500nm. Estar-se-á lidando com o invisível, mas em condições de provocar efeitos desconhecidos pelos humanos, gerando dúvidas que deverão ser esclarecidas para a sociedade de consumidores destes produtos disponibilizados no mercado (NANOMÉDECINE, 2013, p. 82 *et seq.*).

Um dos tópicos relativos às nanotecnologias é o “nanoambiente”, onde se poderão utilizar as tecnologias em nano escala para enfrentar diversos problemas relacionados ao meio ambiente. Este “setor” das nanotecnologias

refere-se às interações entre nanoestruturas e o meio ambiente, tendo em vista o desenvolvimento de dispositivos e processos para controle de poluição, remediação, tratamento de resíduos e gestão ambiental, bem como estudos de toxicidade e bioacumulação para avaliar os riscos advindos do uso de nanotecnologias (ABDI, 2010, p. 70).

Verifica-se nesta definição a apresentação das duas faces das nanotecnologias: uma altamente positiva, pois poderá fornecer alternativas inéditas para tratar a poluição ambiental e a recuperação do meio ambiente; no entanto, existe outro lado, não tão positivo, que se refere aos efeitos tóxicos, ou seja, aos riscos das nanotecnologias. Por isso, as mesmas propriedades que tornam os nanomateriais tão atrativos, como pequeno tamanho de partícula, forma variada e alta área superficial, podem também ser responsáveis por efeitos nocivos aos organismos vivos, conforme indícios reportados por estudos toxicológicos com micro-organismos, algas, peixes, ratos e células humanas. Além disso, os materiais contendo alguma interface com as nanotecnologias nunca foram produzidas e utilizadas em produtos comerciais em tão larga escala como atualmente e que, assim sendo, o risco de alcançarem os diferentes compartimentos ambientais (atmosfera, águas e solo) e se tornarem disponíveis é muito grande (PASCHOALINO, 2010, p. 421). Não se tem ainda uma metodologia, aceita entre os cientistas, em condições de medir os efeitos toxicológicos, em decorrência do número crescente de nanopartículas. Não há consenso sobre um conceito de nanomaterial e suas dimensões limites (LÖVESTAM, 2010), além das recomendações dadas por algumas organizações internacionais acerca da caracterização dos materiais engenheirados, avaliação dos riscos e os modos de constatação da toxicidade (EFSA, 2011). Portanto, aqui se deveria aplicar a atitude dos antigos cientistas, embora por motivos diferentes: de avaliar novamente os experimentos e os produtos antes de se anunciar a sua criação e comercialização. Tem-se uma efetiva situação de alerta: a literatura científica aponta para a necessidade de definições sobre a metodologia a ser adotada à aferição dos aspectos toxicológicos; por outro lado, os produtos estão chegando ao mercado num movimento crescente de oferta e de setores.

Paralelamente, se verifica a necessidade de examinar o ciclo de vida da nanopartícula, agregando novas dificuldades aos estudos que ainda precisam ser aprofundados, exigindo prudência a responsabilidade no desenvolvimento dos nanomateriais. A nanotoxicologia é um novo ramo do conhecimento que está em fase de consolidação e evidencia que mais de 90% dos estudos realizados antes de 2008 mostram-se inutilizáveis. Os estudos nanotoxicológicos são bem mais estritos a partir de 2008, sendo que a partir de 2012 a caracterização dos nanomateriais está melhor definida, padronizada e reconhecida internacionalmente (NANOMÉDECINE, 2013, p. 93). Este deverá ser o foco a partir de agora³, pois as interações com o meio ambiente não são analisadas numa quantidade aceitável, questão a ser

³ No caso do Brasil, apenas em 2011 foi lançado o primeiro edital para fomentar a pesquisa da nanotoxicologia, por meio da Chamada MCTI/CNPq nº 17/2011, que busca dar apoio financeiro à criação de redes cooperativas de pesquisa e desenvolvimento em Nanotoxicologia e Nanoinstrumentação. Até este momento já haviam sido disponibilizados diversos editais, tanto do CNPq, quanto da CAPES, com o foco em diversas facetas das nanotecnologias, mas nenhum específico para a análise dos efeitos tóxicos.

examinada mais atentamente, pois a toxicidade se estabelece e, portanto, poderá ser medida, a partir de interações, e uma delas é com o meio ambiente, isto é, os nanoprodutos e/ou nanomateriais (aqueles fabricados pela ação humana) têm um determinado comportamento no laboratório e outro, a partir da interação com o meio ambiente e o ser humano. Convém destacar que a interação é a regra em Biologia. No entanto, este detalhe está sendo pouco considerado nos estudos existentes até o momento. Outro aspecto a ser considerado é a reação das nanopartículas (aqueles já existentes na natureza) e o modo como interagem com o ser humano. Portanto, não se sabe se as nanotecnologias efetivamente deveriam ser disponibilizadas, pois um dos aspectos mais significativos não está sendo objeto de investigação (WANG *et al.*, 2011).

Apesar destas questões, há diversos tópicos relacionados ao nanoambiente, que poderão ser extremamente úteis para minorar a crise ambiental e melhorar a qualidade do meio ambiente. Entre eles, se destacam: sensores nanoestruturados para detecção e/ou quantificação de pesticidas, nutrientes e metais; biossensores baseados em enzimas e material genético para detecção e/ou quantificação de contaminantes ou nutrientes orgânicos de origem agrícola, industrial e natural presentes na água, em solos, atmosfera e nos produtos agrícolas; nanomateriais bioativos para controle e/ou eliminação de contaminação microbiana; nanodispositivos para tratamento de água e resíduos; técnicas e sensores para detecção, monitoramento e diagnóstico de nanopartículas em alimentos, no meio ambiente e em seres vivos; sistemas nanoestruturados para liberação controlada de nutrientes, pesticidas e fármacos; desenvolvimento de processos para produção de materiais de fonte renovável e/ou biodegradável com impactos reduzidos no meio ambiente; desenvolvimento de metodologias para análise de ciclo de vida, análises toxicológicas, reprocessamento e reciclagem (ABDI, 2010, p. 71-2).

Este é o cenário que se tem atualmente sobre as nanotecnologias: muitas possibilidades, mas também muitas dúvidas, notadamente em relação aos riscos vinculados aos efeitos nanotoxicológicos. Mais do que em outro momento, torna-se necessário o desenvolvimento científico e tecnológico perspectivado pelo respeito aos dois ingredientes fundamentais: o cuidado com o ser humano e o meio ambiente. Para tanto, o mencionado estudo realizado por solicitação da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial constatou que, no tocante ao nanoambiente “é de extrema importância o desenvolvimento de técnicas de monitoramento e diagnóstico de nanomateriais, [...]”, para tanto seria fundamental o investimento

[...] na avaliação nanotoxicológica e análise do ciclo de vida destes produtos e determinar as formas apropriadas e seguras de produção, manejo de produtos nanotecnológicos gerados pelos mais diferentes setores, assim como de possíveis resíduos de nanopartículas gerados durante o processo de produção, de descarte industrial, ou uso do produto final, que devem ser adequadamente gerenciados (ABDI, 2010, p. 293).

Verifica-se que a interação das nanotecnologias com o meio ambiente ocupará um capítulo importante no crescimento sustentável, exigindo uma apurada gestão ambiental dos riscos, sob pena de não caracterizar uma efetiva inovação. Vale dizer, na construção do aprimoramento das nanotecnologias obrigatoriamente deverão ingressar temas como educação, regulação, segurança e meio ambiente. Todos estes assuntos têm um destinatário especial: o ser humano e deverão ser capazes de estudar e equacionar um verdadeiro paradoxo entre natureza e tecnologia que pode ser apontado como um dos principais problemas na atual crise ambiental. Essa oposição reside no fato de que a natureza é um sistema com limites, necessários para a manutenção do seu equilíbrio, enquanto que a tecnologia de grande porte não reconhece a existência de quaisquer limites, não podendo, portanto, haver equilíbrio. Este é o desafio que se desenha na contemporaneidade. Para enfrentá-lo, deverão ser destacados elementos éticos em condições de promover a avaliação das nanotecnologias.

3. O CUIDADO COM O MUNDO COMO CONDIÇÃO DE POSSIBILIDADE PARA A INSTALAÇÃO “VERDE” DAS NANOTECNOLOGIAS

A inovação significa, literalmente, dar um novo contorno para a ação. No caso deste texto, a inovação significa introduzir novas possibilidades no processo produtivo – seja de produto ou de procedimento – com o aproveitamento das nanotecnologias. Tem-se um efetivo exemplo de inovação. No entanto, pelos contornos vistos, esta inovação também carrega em seu bojo os riscos da manipulação de átomos e moléculas na escala nanométrica.

Nesse cenário, caberá ao Direito assumir o seu papel: “lembrar a existência de limites” num cenário onde o ser humano quer recriar tudo em laboratório, inclusive a si mesmo. Tem-se a impressão da “ilimitação tecnológica” que é juntada nos dias atuais à

ilimitação por parte do mercado, que se baseia na força do desejo, e o extraordinário efeito de dessimbolização que produz a troca monetária. Contrariamente à natureza que está à margem do comércio, o artifício avalia-se em dinheiro e vende-se num mercado. É contra esta aliança moderna do artifício e do mercado que o Direito é chamado a estabelecer limites, em nome dos símbolos que conferem um sentido à nossa existência (OST, 1997, p. 100-1).

Têm-se os contornos de uma nova variedade de riscos que acompanham a evolução nanotecnológica. De certo modo se referem à relação existente entre o “poder” e o “saber”. Portanto, a grande tarefa que os humanos têm neste momento é a harmonização entre estes dois extremos. Ao Direito cabe uma parte muito importante, pois é da sua essência o estabelecimento de limites. Não se pensa em proibir, mas regular tendo como orientação o respeito ao ser humano e à natureza.

Ao lado do exercício do papel do Direito, também deverá ser levado em consideração, dentro da concepção dos limites, as relações existentes entre “meios” e “fins”:

quando a disponibilidade técnica era modesta, o valor de um meio residia na sua relação com o fim para o qual fora predisposto; agora, o incremento quantitativo dos meios faz com que o valor do meio resida justamente no seu desligamento de determinado fim, e, portanto, na sua conseqüente aptidão para um número cada vez maior de fins, nenhum dos quais, porém, está em condição de qualificá-lo (GALIMBERTI, 2006, p. 374).

Sob à luz da ética clássica, os fins já estavam previamente dados, devendo serem estabelecidos os meios para alcançá-los. No entanto, com a ética moderna, lastreada na independência do homem, a relação entre meios e fins mudou drasticamente. É o homem quem escolhe os fins, pois não se vinculam mais à ordem natural do cosmos. A técnica auxilia na radicalização das possibilidades dos meios, potencializando o crescimento “desordenado” dos fins, nada mais justificando nada, um completo vazio e “[...] cada vez mais indiferente, incolor, objetivo em relação a qualquer conteúdo finalista, o valor do meio técnico se faz proporcional à amplitude das escolhas que torna possíveis, e justamente por não ter mais nenhuma relação com um fim particular, consegue uma com a totalidade dos fins” (GALIMBERTI, 2006, p. 374). As nanotecnologias deverão ser alojadas como meios para que se possa buscar dois fins bem definidos, e em nome dos quais valha à pena o progresso científico: o ser humano e o meio ambiente.

Esses movimentos são urgentes, a fim de se construir contrapontos a dois imperativos muito presentes e que sustentam a mencionada relação entre “meios” e “fins”: 1) “se *deve* fazer tudo aquilo que se *pode* fazer”; 2) “se *deve* *empregar* tudo aquilo que estiver *disponível*”. Caso o ser humano não consiga realizar o contraponto e continuar

perseguindo as possibilidades ocultas, porque ainda não explicitadas, da instrumentação técnica, os homens chegam, com o seu agir, àquela forma absolutamente nova de irracionalismo, que não é um resíduo do seu passado pré-racional, mas a forma mais alta de obséquio à racionalidade técnica, que impõe a produção de tudo o que for produtivo, pelo simples fato de ser produtivo (GALIMBERTI, 2006, p. 819-20).

Na tentativa de agir para não perder nenhuma oportunidade, acaba esquecendo da essência das coisas, isto é, de si mesmo e do seu mundo, onde está inserido desde sempre e do qual depende para uma coisa muito simples: viver e continuar vivendo. Como isso será gerada uma irracionalidade sem precedentes e perigosa, pois coloca em risco a sobrevivência da espécie humana e, talvez, de todos os seres vivos que estão sob a face da Terra. Tais contornos podem trazer à baila a chamada “heurística do medo”, originada a partir da obra de Hans Jonas. Dentro deste contexto, “[...] para Arendt o medo refere-se não somente a um objeto intramundano, mas ao próprio mundo que ainda teria muito a oferecer, tanto quanto a coexistência com o outro. [...]”. A partir disso, se poderá imaginar uma “catástrofe monstruosa, aos moldes de uma guerra nuclear, ou uma guerra com a utilização de partículas em nano escala, “[...] destruindo o mundo inteiro, caso no qual o homem, se ainda subsistir, seria ‘privado de mundo’, ou seja, da aparência, sem poder mais ser visto e entendido por todos” (COURTINE-DENAMY, 2004, p. 96). Ser privado de mundo, significa ser privado da linguagem, que somente poderá receber a atribuição de sentido na existência do outro, com o qual ela estabelece a ponto, viabilizando o diálogo e o reconhecimento do ser humano como pessoa. No entanto, apenas isto não é suficiente. Este enlaçamento dialogado necessitará de um *locus* que é a Terra, o *habitat* de todos os seres vivos, incluindo os homens e as mulheres.

Por isso, caberá ao Direito lembrar e, se não for suficiente, impor a escolha de uma concepção personalista, para que se configure “[...] o meio ambiente como instrumento privilegiado para o desenvolvimento da pessoa.” E será esse o contexto onde se projeta o direito subjetivo à qualidade da vida e do meio ambiente: “se o ambiente é aspecto essencial do desenvolvimento da pessoa e se cada um, no seu *status personae*, tem direito a um *habitat* que garanta a qualidade da vida, deve-se reconhecer a cada um o direito de agir para que isso se realize” (PERLINGIERI, 2008, p. 798 e 800). Não há desenvolvimento científico e tecnológico que possa superar o respeito a este direito subjetivo. Ele é um dos contornos do princípio do cuidado que se deve ter com tudo o que se relaciona com o humano.

O cuidado, como a essência do humano, pode ser expresso por meio do princípio da precaução, que provocará uma delicada construção do plano hermenêutico para viabilizar a sua realização: a necessidade “[...] de harmonização com aqueles princípios constitucionais que podem ser fortemente comprimidos pela ação precaucional e/ou preventiva, como a liberdade de iniciativa econômica, a promoção da pesquisa científica e técnica, a liberdade da ciência, etc.” (PERLINGIERI, 2009, p. 803). A restrição eventual destes e de outros princípios constitucionais vinculados ao tema se justifica em nome da proteção do ser humano e do seu habitat: o Planeta Terra. Com esse delineamento do “cuidado precaucional e/ou preventivo” se dará também um passo para o retorno a uma racionalidade não guiada pela cegueira das possibilidades do poder da técnica, mas um olhar à integralidade ambiental nos moldes defendidos pela “ecologia profunda”:

[...] a natureza, os animais, possuem valor intrínseco em si, independentemente da relação com os humanos. [...] assume uma ética ecocêntrica. [...] a tecnologia é importante como ferramenta hábil à melhoria das condições de vida, embora seja fato que é também responsável pelo contrário, pela degradação da vida tanto dos seres humanos quanto de não humanos, pela deterioração de ecossistemas (OLIVEIRA, 2013, p. 51-2).

Este é o desafio proposto por este artigo, que pode ser assim explicitado: a inovação nanotecnológica deverá ser desenvolvida por meio de um pacto responsável entre o crescimento tecnológico-industrial com a consolidação do crescimento sustentável, que repousa no respeito aos limites da natureza, que são equivalentes aos limites humanos, mas que são desafiados pela ilimitação da criatividade científica, os quais conduzirão à desumanização, quando desrespeitados. Com isso, se terá a síntese do “verde”, que deverá ser muito mais do que uma bandeira, mas um efetivo “colorido” representativo da responsabilidade.

O problema lançado na Introdução, aponta para uma dupla possibilidade de resposta: ela pode ser positiva, ou seja, as nanotecnologias têm condições de ajudar a equacionar as questões ambientais, especialmente pelos tópicos associados ao nanoambiente. No entanto, estas possibilidades não poderão ser implementadas, descuidando-se da análise séria e atenciosa dos riscos que as nanotecnologias poderão gerar quando em contato com o meio ambiente e o ser humano. A ambivalência caracterizada aponta à complexidade que envolve a sociedade, onde as pesquisas e os produtos com partículas nanométricas são desenvolvidos e disponibilizados para consumo.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. *Estudo Prospectivo Nanotecnologia*. Brasília: ABDI, 2010. Série Cadernos da Indústria ABDI, vol. XX.
- BOBBIO, Norberto. *Da Estrutura à Função: novos estudos de Teoria do Direito*. Tradução de Daniela Beccaccia Versiani. Barueri: Manole, 2007.
- COURTINE-DENAMY, Sylvie. *O Cuidado com o Mundo: diálogo entre Hannah Arendt e alguns de seus contemporâneos*. Tradução de Maria Juliana Gambogi Teixeira. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2004.
- DELMAS-MARTY, Mireille. *Résister, Responsabiliser, Anticiper: ou comment humaniser la mondialisation*. Paris: Seuil, 2013.
- DELMAS-MARTY, Mireille. Un statut mondial pour l’expertise scientifique. IN: *Sciences et Avenir*, Paris, n. 794, p. 62-3, avril 2013.
- DICKEN, Peter. *Mudança Global: mapeando as novas fronteiras da economia mundial*. 5. ed. Tradução de Teresa Cristina Felix de Sousa. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- DREXLER, Eric. Nanotecnologia para aumentar a habilidade humana. IN: *IHU On-Line*, São Leopoldo: Unisinos, ano VIII, n. 259, p. 21-22, maio 2008.
- DUPAS, Gilberto. Uma Sociedade Pós-Humana? Possibilidades e Riscos da Nanotecnologia. IN: NEUTZLING, Inácio e ANDRADE, Paulo Fernando Carneiro de (Orgs.). *Uma Sociedade Pós-Humana: possibilidades e limites das nanotecnologias*. São Leopoldo: Unisinos, 2009.

- EFSA Scientific Committee; Draft Scientific Opinion on Guidance on risk assessment concerning potential risks arising from applications of nanoscience and nanotechnologies to food and feed. *European Food Safety Authority*, 2011. Disponível em: www.efsa.europa.eu Acesso em 22/06/2013.
- ENGELMANN, Wilson. *Nanotechnology, Law and Innovation*. Saarbrücken, Deutschland: LAP Lambert Academic Publishing, 2011.
- GALIMBERTI, Umberto. *Psiche e Techne: o homem na idade da técnica*. Tradução de José Maria de Almeida. São Paulo: Paulus, 2006.
- HEIDEGGER, Martin. Construir, habitar, pensar. IN: HEIDEGGER, Martin. *Ensaio e Conferências*. Tradução de Emmanuel Carneiro Leão, Gilvan Fogel e Marcia Sá Cavalcante Schuback. 2. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2002.
- LANE, Eric L. *Clean Tech Intellectual Property: Eco-marks, Green Patents, and Green Innovation*. New York: Oxford University Press, 2011.
- LÖVESTAM, Göran *et al.* Considerations on a Definition of Nanomaterial for Regulatory Purposes. IN: *JRC Reference Reports*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010.
- NANOMÉDECINE: des soins plus précis. IN: *Les Dossiers de La Recherche*, Paris, n. 2, p. 81-98, février-mars 2013.
- NIDOMOLU, Ram; KRAMER, Kevin; ZEITZ, Jochen. Connecting Heart to Head. IN: *Stanford Social Innovation Review*, Stanford, v. 10, n. 1, p. 42-47, Winter 2012.
- OLIVEIRA, Fábio Corrêa Souza de. A Ecologia Profunda e os novos direitos. IN: *IHU on-line*, São Leopoldo, n. 422, ano XIII, p. 51-52, 10/06/2013.
- OST, François. *A Natureza à Margem da Lei: a ecologia à prova do Direito*. Tradução de Joana Chaves. Lisboa: Instituto Piaget, 1997.
- PASCHOALINO, Matheus P. et al. Os Nanomateriais e a Questão Ambiental. IN: *Quim. Nova*, vol. 33, n. 2, 421-430, 2010.
- PERLINGIERI, Pietro. *O Direito Civil na Legalidade Constitucional*. Tradução de Maria Cristina De Cicco. Rio de Janeiro: Renovar, 2008.
- PORTER, Michael E. e VAN DER LINDE, Claas. Verde e Competitivo: acabando com o impasse. IN: PORTER, Michael E. *Competição = On competition: estratégias competitivas essenciais*. Tradução de Afonso Celso da Cunha Serra. Rio de Janeiro: Campus, 1999.
- WANG, Jing *et al.* How can nanobiotechnology oversight advance science and industry: examples from environmental, health, and safety studies of nanoparticles (nano-EHS). IN: *J Nanopart Res*, Springer, (2011) 13:1373–1387 DOI 10.1007/s11051-011-0236-z.
- YAZBEK, Otavio. *Regulação do Mercado Financeiro e de Capitais*. 2. ed. ampl. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.