

# DO NECESSÁRIO PROGRESSO AO DESENVOLVIMENTO NANOTECNOLÓGICO: BALIZAMENTOS JURÍDICOS A PARTIR DA TEORIA DO RISCO SOCIAL

Dulcilene Aparecida Mapelli Rodrigues<sup>1</sup>

Marcelino Sato Matsuda<sup>2</sup>

Sumário: 1 Introdução. 2 Abstração e concretude: o risco social. 2.1 Buscar e efetivar o desenvolvimento social. 3 Nanotecnologia: um futuro-presente. 4. Nanotecnologia e risco enquanto fatores de desenvolvimento social. 4.1 Precaução e prevenção: a principiologia como baliza jurídico-regulatória. 5 Conclusão.

Resumo: A presente abordagem possui como escopo a contextualização das nanotecnologias enquanto recente descoberta científica e frente a sua emblemática contextualização no desenvolvimento social, bem como, perante a normatização. Em razão de tais fatores delimitar-se-á o significado da nanotecnologia e sua origem, pontuando-se acerca de suas benesses e eventuais, implicações e aplicações na sociedade hodierna, ao mesmo tempo em que se apreciará a vinculação de tais nominativos enquanto marcos jurídicos instituídos a partir dos princípios da prevenção e precaução, cuja densificação dar-se-á en-

---

<sup>1</sup> Doutoranda em Direito Público na Universidade de Lisboa-Portugal, especialidade de Ciências Jurídico- Políticas, bolsista CAPES. Mestre em Direito Público pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS-Brasil. Especialista em Direito Público pelo Centro Salesiano de São Paulo- UNISAL-Brasil. Professora de Pós-Graduação e de Graduação em Direito. Advogada.

<sup>2</sup> Doutorando em Direito na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo-Brasil. Coordenador e professor do curso de Direito do Centro Universitário Módulo e da Faculdade de São Sebastião, ambas em São Paulo-Brasil. Advogado.

quanto alicerces para a regulamentação da “tecnologia nano”. Na sequência, poder-se-á verificá-la como significativo componente de incremento e aperfeiçoamento científico, social e humano, afigurando-se como fonte de pesquisa, proveniência e consagração da teoria do risco social.

Palavras-chave: Nanotecnologia. Desenvolvimento Social. Risco. Prevenção. Precaução.

## 1. INTRODUÇÃO



Trabalhar em desenvolvimento social implica aduzir-se sobre a evolução da humanidade, sobre a busca incessante de melhores e maiores condições de vida, dos homens, considerados em si mesmos e na coletividade.

Para tanto, diversos são os fatores e as formas angariadas pelo ser humano, desde os primórdios da humanidade, e conforme as possibilidades de cada era, por óbvio.

E é neste contexto de desenvolvimento contínuo que se depara em pleno século XXI com as nanotecnologias, descoberta científica, revolucionária, e ainda, até certo ponto, misteriosa, eis que pendente de várias constatações.

Urge, pois, identificar a origem de tamanho desenvolvimento, não podendo dissociá-lo da evolução da humanidade, e como tal, se verifica no inesgotável afã dos homens por progresso em todos os campos da vida. Sendo que à medida que esse desenvolvimento é galgado, novas possibilidades e transformações da condição humana são dispostas, o que nos remete aos ditames da sociedade do risco, assim denominada pelo sociólogo alemão Ulrich Beck.

Analisar-se-á, assim, o desenvolvimento da nanotecnologia, suas perspectivas, suas aplicações, suas implicações e, sobretudo, as possibilidades de aparição de riscos, advindos

dessa nova forma de ampliação tecnológica.

Tenciona-se, demonstrar, que os avanços científicos, na forma das nanotecnologias podem ser subsumidos na teoria do risco social, o que, não obstante tal configuração, não deve obstacularizar a busca por aprimoramento e desenvolvimento do ser humano e das mais diversas e plausíveis configurações para a melhoria da vida em seu mais amplo aspecto.

## 2 ABSTRAÇÃO E CONCRETUDE: O RISCO SOCIAL

Ulrich Beck desenvolveu a Teoria do Risco Social, nos idos de 1986, ao escrever o livro *Risikogesellschaft* (Sociedade do Risco), oportunidade em que tece a distinção entre as modernidades da humanidade, distinguindo-as em: primeira e segunda modernidade.

Desde meados do século XX, a modernidade reflexiva é caracterizada pelo dever encontrar respostas radicais aos desafios e aos riscos produzidos pela própria modernidade, eis que decorrentes das aquisições evolutivas e das instituições da sociedade industrial que denotam a possibilidade de destruição de vida no planeta.

Afirma Beck, que os desafios poderão ser vencidos se conseguirmos produzir mais e melhores tecnologias, mais e melhor desenvolvimento econômico, mais e melhor diferenciação funcional, condições fundamentais para vencer o desemprego, a destruição do ambiente natural, o egoísmo social, ou seja, para se alcançar melhores formas e possibilidades da vida humana (BECK, 2000).

Com isso, é iniciada, por Ulrich Beck, a incursão sobre o desenvolvimento da sociedade, delimitando-o com o risco.

O início do desenvolvimento social é marcado pela sociedade industrial, caracterizada pela produção e distribuição de bens, e que posteriormente foi deslocada pela sociedade de risco, na qual a distribuição dos riscos não corresponde às dife-

renças sociais, econômicas e geográficas da típica primeira modernidade.

A sociedade industrial apresenta-se para Beck como uma sociedade que não conseguiu ser plenamente moderna, mas tornou-se semimoderna, porque teria combinado simultaneamente elementos de contramodernidade, conceito advindo da ciência e a tecnologia, a educação, os meios de comunicação de massa e as práticas políticas e que inclui o nazismo, o comunismo e os fenômenos de opressão das mulheres, da industrialização generalizada da guerra, da militarização de diversas formas da vida social, e que igualmente se refere às reformas potenciais baseadas no mundo das megatécnicas, como a engenharia e medicina genéticas (BECK, 2000).

Nesse passo, o desenvolvimento da ciência e da técnica não poderiam mais dar conta do prognóstico e controle dos riscos que contribuiriam decisivamente para criar e que geram conseqüências de alta gravidade para a saúde humana e para o meio ambiente, desconhecidas a longo prazo e que, quando descobertas, tendem a ser irreversíveis.

Entre esses riscos, Beck inclui os riscos ecológicos, químicos, nucleares e genéticos, produzidos industrialmente, perceptíveis economicamente, legitimados cientificamente, aduzidos minimizados politicamente e particularizados juridicamente, tendo sido incorporado nas categorias de riscos, os econômicos, advindos das quedas nos mercados financeiros internacionais.

E, por assim ser, este conjunto de riscos geraria “uma nova forma de capitalismo, uma nova forma de economia, uma nova forma de ordem global, uma nova forma de sociedade e uma nova forma de vida pessoal” (Beck, 1999, p. 2-7).

Beck (1998, 1999, 2000) tem enfatizado que a contribuição da sua teoria da sociedade global de riscos consiste em demonstrar que tanto as sociedades ocidentais quanto as não ocidentais podem enfrentar, simultaneamente, os mesmos desa-

fios da segunda modernidade.

Todavia, a globalização dos riscos não significaria a igualdade global frente a eles porque, segundo o que define como a primeira lei dos riscos ambientais, a poluição segue os mais pobres.

Na sua labuta de deixar de lado o viés evolucionista, Beck chega a reverter esse quadro, colocando as sociedades não-ocidentais como espelho do que serão no futuro as sociedades ocidentais, com implicações tanto positivas, tais como os pluralismos religiosos, étnicos e culturais, quanto negativas, tais como a difusão do setor informal e a flexibilização do mercado de trabalho, a desregulação de amplas áreas da economia e das relações de trabalho, a perda de legitimidade do Estado, o crescimento do desemprego, a intervenção cada vez mais forte das corporações multinacionais e o aumento dos índices de violência cotidiana (BECK, 2000).

Necessário ressaltar que a sociedade de risco demarca a passagem da modernidade simples (primeira modernidade) para a modernidade reflexiva, o que significa a passagem de uma modernidade fundada na racionalidade cientificista no Estado-nação, na previsibilidade e calculabilidade dos riscos e perigos de técnica, lutas de classe e relativa segurança, para uma modernidade em que o êxito do capitalismo industrial gera uma autoconfrontação da sociedade com suas próprias consequências, o que deflagra o aparecimento dos riscos globais, por sua vez, imprevisíveis, transtemporais, incalculáveis, transnacionais, como foi o caso de Chernobyl (CARVALHO, 2008, p. 59).

Segundo Ulrich Beck (1996, p.202) vivemos uma “modernização reflexiva” num contexto de passagem da sociedade industrial para uma emergente sociedade de risco, pois os perigos da sociedade industrial tornam-se tema preponderantes nos debates e conflitos públicos, políticos e privados.

Nesse passo, a sociedade de risco enfrenta a formação

de riscos socialmente produzidos, sem possibilidade de serem delimitados espacial, temporal e socialmente (LOUREIRO, 2000), eis que advindos abstratamente, dos avanços científicos e tecnológicos e aqui sublinhamos as nanotecnologias..

Atualmente se discute acerca da necessária transição da teoria do risco dogmático/concreto para a teoria do risco abstrato, proveniente das teorias sociais de autores como Ulrich Beck, Niklas Luhmann, Raffaele di Giorgi, a qual tem a finalidade e a função sistêmica de permitir a tomada de decisão antes da concretização do dano, baseada na superação da distinção risco/segurança para a distinção risco/perigo e consequentemente, probabilidade/improbabilidade (CARVALHO, 2008, p. 59).

Tal necessidade se verifica a partir da transformação da própria sociedade, que hoje evoluiu da sociedade industrial para uma sociedade do risco, na qual indústrias químicas e atômicas demarcam a produção de riscos globais, imperceptíveis e imprevisíveis, tudo de modo a prevenir acontecimentos futuros.

No entanto, pontual a lição de Luhmann (1992) acerca do risco e do perigo, na qual se visualiza que a diferença entre ambos se dá no ponto de observação (sendo o risco, interno ao sistema, e o perigo, a este externo), o que é perigo para um observador (vítima) para outro (agente) é risco. E a partir desta definição, verifica-se a crescente transformação nos dias atuais de perigo em risco, passando-se de uma análise determinística para uma análise probalística de risco (LUHMANN, 1993, p.70).

E em tal análise de risco, as relações causais e a concreitude lógica entre os riscos e danos são suplantadas por situações de risco demarcadas pelas incertezas científicas, às quais somente se possíveis juízos de probabilidade (CARVALHO, 2008, p. 63), notadamente à época atual em vivemos nesse mundo (nano)tecnológico.

Niklas Luhmann (1992, p. 72), por sua vez, define que a sociedade moderna de risco não é somente o resultado de percepção das consequências das realizações técnicas, eis que já se encontra presente no desenvolvimento das possibilidades de investigação e de conhecimento.

E por assim ser, não se pode querer engessar o conhecimento e o desenvolvimento da humanidade com receio e base no risco, eis que a posição passiva da comunidade diante de riscos muitas vezes não percebidos, inclusive pela ciência, dá lugar a uma sociedade autocrítica que passa a questionar e avaliar as mudanças e os efeitos trazidos pelas inovações da tecnologia.

A reflexividade que caracteriza a sociedade de risco decorre justamente do conhecimento da sociedade sobre os seus aspectos estruturais, os riscos e os conflitos que possui.

Por assim ser, constata-se que não é novidade que quanto maior o conhecimento que a sociedade desenvolve sobre o meio ambiente e sobre si mesma maior a chance de identificação de novos riscos. No entanto, surgem situações que o desconhecimento sobre determinado fato ou tecnologia pode levar as pessoas a adotarem posições extremadas. Muitos entendem que a resistência aos organismos geneticamente modificados é fruto do desconhecimento da população sobre essa nova tecnologia.

Por outro lado, não se justifica que a sociedade opte por agir de forma negligente diante dos riscos, esperando além da comprovação científica da real existência e extensão de um risco e de quais as suas possíveis consequências.

O conceito de risco segundo Beck (1999, p.135) se caracteriza um estágio peculiar e intermediário entre segurança e destruição. E como percebido na sociedade atual o risco vem para preencher o espaço que existe entre a ilusão de certeza trazida pela ciência e o cenário apocalíptico apresentado diante do desconhecido. A segurança e a certeza herdadas das pro-

messas da modernidade são confrontadas como uma série de situações de incerteza e insegurança trazidas pelas diversas situações de risco ecológico, econômico e social.

A tradicional postura de aversão aos perigos das sociedades pré-industriais é substituída hodiernamente pela necessidade de correr riscos para gerar desenvolvimento econômico da modernidade e pela necessidade de conhecer, refletir e controlar tais riscos da modernidade reflexiva.

Na sociedade atual o conceito de risco inverte a relação entre o passado, presente e futuro. Conforme Beck (1999, p.137) o passado perde seu poder para determinar o presente e almejar um futuro promissor através do desenvolvimento nanotech.

## 2.1 BUSCAR E EFETIVAR O DESENVOLVIMENTO SOCIAL

O mundo atual vivencia uma época de proliferação de direitos, advinda da constitucionalização dos direitos sociais (BOBBIO, 1992, p.24), fato que, por assim ser, exige a proteção positiva do Estado. Contudo, e em contradição a referida proliferação verifica-se uma nova estrutura social produtora de riscos, o que denota a fragmentação da sociedade, e assim, importa no deslocamento da centralidade do poder político do Estado para novos modelos organizacionais, tais como ONGs, organismos supranacionais, etc. (CARVALHO, 2008, p. 16).

Correto, pois afirmar que, a ciência moderna rompe com a cumplicidade, desantropomorfiza a natureza, e sobre o objeto inerte e passivo assim constituído constrói um edifício intelectual sem precedentes na história da humanidade (SANTOS, 1989, p. 66).

Pari passu, a caminhada do desenvolvimento humano vai se afastando de forma gradual da razão clássica e da concepção havida por Aristóteles para a felicidade (o bem supremo



para as criaturas humanas- cuja finalidade da vida era usufruir desse bem) afim de que se culmine na razão moderna, de modo a se ampliar os mais diversos campos do conhecimento, como bem aponta Engelmann (2009, p.545).

A imponência do homem relativamente à sua grandiosidade desenvolvida pelo aprimoramento do conhecimento, alça diversos perigos que estão relacionados na forma como o elemento humano interfere nas coisas da natureza e ao que tudo indique, encontramos-nos nessa situação atualmente protagonizada pelas pesquisas na escala nano (ENGELMANN, 2009, p.541).

Por certo que os avanços tecnológicos, ao lado de toda a evolução social vivenciada nos dias atuais e que se dá em decorrência do desenvolvimento dos povos e na busca incessante pela evolução, implica na produção de riscos globais, eis que tal fenômeno ocorre em níveis mundiais, deflagrado pela globalização.

Neste sentir, inelutável o reconhecimento de que a procura pelo desenvolvimento, atina-se à globalização, que pode ser conceituada de dois modos: um que corresponde à idéia de uma globalização simples e linear, na qual a sociedade nacional e estatal é baseada numa identidade coletiva relativamente homogênea, à medida que a globalização se subjaz em algo proveniente do exterior, razão pela qual detém a característica de agredir a identidade comum. E outro modo, que corresponde ao conceito de "globalização reflexiva" na qual a definição de sociedade e de comunidade mudam radicalmente, onde o "junto" não tem mais o significado de estar em lugares geograficamente contíguos, podendo, também, significar juntos ultrapassando os confins estatais e também os continentais (BECK, 2000).

Ulrich Beck (2000) afirma que tais definições acerca da globalização derivam do fato de que a localização territorial já não seja como era no tempo do Estado nacional, um imperativo

para a vida social e para a realização de uma comunidade.

Assim, seria necessário acrescentar que as relações e os liames sociais e políticos de natureza não territorial que se desenvolvem na sociedade cosmopolita não foram ainda descobertos, afirmados e estimulados.

Neste sentido, o desenvolvimento da modernidade não é linear e pode romper-se em qualquer momento por motivos endógenos, sendo que a "gaiola de aço" da modernidade, da qual falava Weber, está-se abrindo, pressionada por uma pluralidade de modernizações divergentes (BECK, 2000).

Através deste mote, fica fácil denotar que ante a globalização, o Estado Nacional já não está em capacidade de impor soluções, seja de um modo autoritário, ou seja, por negociação com os principais atores sócio-políticos nacionais, aos problemas sociais e econômicos atuais (ROTH, 1996, p.18). É nesse sentido que se verifica o grande e atual desafio estatal de controle dos riscos, em face da sociedade que vem produzindo riscos globais, ante a proliferação de direitos e que por sua vez detona o crescente número de demandas prestacionais.

A necessidade de expansão é uma verdade inconteste, haja vista os tempos atuais, onde se contempla o intenso desenvolvimento nos mais diversos setores das relações sociais e humanas numa crescente interconectividade de variados sistemas, sobretudo em virtude da expansão do capital, a evolução das telecomunicações e a multiplicação de novas tecnologias que acabam afetando diretamente todas as regiões do planeta.

A partir de tal perspectiva é que se observa a busca por novas tecnologias e por avanços no campo da ciência, os quais tencionam, em sua grande maioria, aprimorar a vida humana mundial.

Ocorre que tal fenômeno "expansionista mundializado", por ser um dos que mais crescem no cenário mundial em virtude dos grandes avanços tecnológicos no século XX e XXI, acaba por alardear o Direito, vez que a rapidez do aprimora-

mento da tecnologia “destoa, em muito, da rigidez burocrática do sistema jurídico tradicional, cuja sistematização tem um escopo muito mais repressivo do que preventivo” (MOREIRA e VOLOCHKO, 2004, p. 449).

O desenvolvimento científico e as questões dele advindas extrapolam o limite do individual, à medida que refletem o coletivo em questões desenvolvidas no âmbito da natureza humana e do futuro da espécie humana.

E nesse sentido o problema moral central na contemporaneidade talvez se encontre no cerne das indagações éticas a respeito do progresso científico e técnico, principalmente no campo das ciências da vida. (BARRETO 2009, p. 19). O que faz culminar, na conclusão de Castillo (2007, p. 245), acerca de que a construção humanista da ética encontra-se consubstanciada em dois tipos de realidade, a responsabilidade do bem – que obriga a preservação – e a responsabilidade do melhor – que determina o progresso ou o aperfeiçoamento qualitativo da vida humana.

E é nesse extraordinário cenário mundial de busca e de aprimoramento social que se encontra o desenvolvimento nanotecnológico, perquirido a partir da idéia e busca do bem comum como móvel que impele a humanidade desde os primórdios da documentação e normatização dos povos.

### 3 NANOTECNOLOGIA: UM FUTURO-PRESENTE

O mundial galgar pelo melhor vem desembocando em cada vez mais significativos avanços tecnológicos, o que nos faz constatar o desenvolvimento de um novo capítulo na história mundial escrito a partir do desenvolvimento da nanociência.

A busca é pelo bem comum, consubstanciado na felicidade, no desenvolvimento, no aprimoramento de melhores condições de vida, de saúde, moradia, educação, necessidades básicas do homem considerado em si próprio inserido no todo

social, e no bem do coletivo em que a pessoa está inserida. E as nanotecnologias são indiscutivelmente uma forma dessa busca.

Mas o que é nanotecnologia?

O ponto inicial desta “ciência” é considerado por muitos, a palestra denominada de “Existe Muito Mais Espaço Lá Embaixo”, proferida em dezembro de 1959, por Richard Feynman que na oportunidade aduziu, prevendo o futuro das nanotecnologias: “os princípios da física não falam contra a possibilidade de manipular as coisas átomo por átomo. Não seria uma violação da lei; é algo que, teoricamente, pode ser feito, mas que, na prática, nunca foi levado a cabo porque somos grandes de mais” (FEYNMAN, 1960, s.p.).

Como bem assevera Engelmann, 2009, p.2, “quando Feynman referiu a possibilidade de inserir o conteúdo de 24 volumes da Enciclopédia Britânica na cabeça de um alfinete, lançou o início das nanotecnologias”.

O conceito de nanotecnologia deriva do prefixo grego “nános”, que significa anão e de *téchne* equivale a ofício e logos, a conhecimento. O ponto de partida do termo nanotecnologia refere-se ao tamanho da intervenção humana sobre a matéria. Segundo Durán, Matoso e Morais (2006, p.19):

[...] nano é um termo técnico usado em qualquer unidade de medida, significando um bilionésimo dessa unidade, por exemplo, um nanômetro equivale a um bilionésimo de um metro ( $1\text{nm} = 1/1.000.000.000\text{m}$ ) ou aproximadamente a distância ocupada por cerca de 5 a 10 átomos, empilhados de maneira a formar uma linha [...].

Ou seja, “nano” é uma medida, não um objeto. Nanotecnologia pode ser conceituada como um conjunto de técnicas utilizadas para manipular átomo por átomo para a criação de novas estruturas em escala nanométrica. Essa manipulação decorre, especialmente, da evolução dos microscópios atômicos que podem escanear e perceber a estrutura de átomos e moléculas.

Paulo Martins (2007, p. 53) define nanotecnologia co-

mo “um conjunto de ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação que são obtidas graças às especiais propriedades da matéria organizada a partir de estruturas de dimensões nanométricas [...]”

Tais propriedades foram intuídas há dois séculos, tendo sido extensamente exploradas em algumas tecnologias bem estabelecidas. No entanto, o atual surto de desenvolvimento científico na área é recente.

Nesse passo, a nanociência e a nanotecnologia, podem ser caracterizadas como essencialmente interdisciplinares, como potencializadoras da "nova convergência tecnológica" decorrente da combinação sinérgica de diferentes áreas do conhecimento, com um imenso potencial de inovação.

Trata-se de uma verdadeira ciência transdisciplinar, relacionada à manipulação de átomos e moléculas em escala nanométrica objetivando formar novos produtos, criar dispositivos que permitam trazer, aos produtos já existentes, novas funções, ou até mesmo criar seres vivos novos, que possui vasto campo de desenvolvimento na era global e traz perspectivas extremamente grandes concernentes a avanços medicinais, eletrônicos e biotécnicos.

As manipulações na escala nanométrica (menor que 100 nanômetros) lidam com mudanças surpreendentes das propriedades da matéria, devido aos "efeitos quânticos".

Os materiais, observados em nanoescala, podem exibir características diferentes das substâncias em escala micro ou macro, tais como: novas propriedades mecânicas, materiais que se tornam mais resistentes, mais fortes, mais leves, mais elásticos; novas propriedades óticas que possibilitam o controle da cor da luz pela escolha seletiva do tamanho do nano objeto (lasers, diodos com frequências diferentes e apropriadas a diversos usos); novas propriedades magnéticas que aperfeiçoam os usos na eletrônica, em computadores e nas telecomunicações.

Resultam, assim, novos produtos e processos industriais em um ritmo extremamente acelerado. Estão surgindo classes inteiramente novas de dispositivos e sistemas micro e nanofabricados. Esta nova situação parece indicar um novo salto da civilização tecnológica, porque oferece oportunidades científicas e industriais que eram impensáveis.

Um número crescente de nanoestruturas está sendo gerado, seja pela redução das dimensões de estruturas maiores, seja pela formação de estruturas supramoleculares bem definidas, cada vez mais complexas e capazes de desempenhar funções também complexas. Em adição, novos conceitos e estruturas vêm sendo desenvolvidos.

De momento, quase todas as aplicações vêm girando em torno do aperfeiçoamento dos materiais existentes e na inovação de novos materiais, que estão sendo utilizados em produtos de luxo como bolas de tênis, golfe ou boliche (de modo a reduzir o número de voltas que dão as mesmas); nanopartículas de zinco para a fabricação de pneus de alto rendimento; fibras para a fabricação de telas com propriedades antimanchas ou antirugas; nanopartículas para cosméticos, farmacêuticos e novos tratamentos terapêuticos; filtros/membranas de água nanoestruturadas e “remédios” meio-ambientais; melhora dos processos produtivos mediante a introdução de materiais mais resistentes e eficientes; ou o desenho de novos materiais para usos que vão desde a eletrônica, a aeronáutica e toda a indústria de transporte, até para seu uso em armas mais sofisticadas e de novo caráter (explosivos, balística, materiais antibala e stealth, etc) (RAMOS, 2009, p. 2).

Engelmann (2009, p.2) ensina:

A nanotecnologia engloba as tecnologias da informação (bits), a manipulação de átomos, a neurociência e a biotecnologia, portanto, a nanotecnologia encontra-se em processo de convergência. Conforme estimativa realizada pela revista National Science Foundation, num lapso temporal compreendido entre 10 (dez) e 20 (vinte) anos, significativa parte da produção industrial relativa à saúde e meio ambiente será alterada

por esta nova tecnologia. Isso porque ao realizarem-se manipulações atômicas e moléculas individuais, a nanotecnologia permitirá maior controle sobre a tecnologia atual, admitindo, inclusive, controlar a poluição, a destruição ambiental e a reciclagem de tudo que se possa imaginar.

No entanto, são prementes alguns questionamentos: até que ponto são realmente viáveis tais técnicas nanotecnológicas? Esse novo universo nano é de todo confiável como a mais certa e adequada forma de melhoria da vida das pessoas?

Sobre a busca do desenvolvimento tecnológico como forma de evolução, há que enaltecer Kant em sua afirmação: age de tal maneira que uses a humanidade, tanto na tua pessoa como na pessoa de qualquer outro, sempre e simultaneamente como fim e nunca simplesmente como meio (KANT, 1980, p. 135). Desse modo, as “pesquisas nanotech deverão sempre ser um meio para que as necessidades humanas, possam ser atendidas dentro do melhor nível” (ENGELMANN, 2009, p. 546).

Para tanto, é necessário por um lado ter-se a preservação da humanidade dos seres vivos e do planeta Terra ao mesmo tempo em que é preciso aproveitar as descobertas operadas pela nanotecnologia, dividindo suas as forças para o bem das pessoas, buscado há tempos e pelo qual vive a humanidade.

A partir de então, colacionam-se alguns benefícios advindos deste viés nanotech, conforme bem assevera (QUINA, 2004, p. 1).

I) prevenção de poluição ou dos danos indiretos ao meio ambiente. Por exemplo, o uso de nanomateriais catalíticos que aumentam a eficiência e a seletividade de processos industriais resultaria num aproveitamento mais eficiente de matérias primas, com consumo menor de energia e produção de quantidades menores de resíduos indesejáveis.

II) tratamento da poluição, verificado através da adsorção de metais e substâncias orgânicas.

III) detecção e monitoramento de poluição, eis que a nanotecnologia vem permitindo a fabricação de sensores cada

vez menores, mais seletivos e mais sensíveis para a detecção e monitoramento de poluentes orgânicos e inorgânicos no meio ambiente, o que possibilita um melhor controle de processos industriais; na detecção mais precoce e precisa da existência de problemas de contaminação, etc.

Verifica-se, igualmente a contribuição da nanotecnologia acerca do desenvolvimento de sistemas de iluminação de baixo consumo energético; na área da informática, o uso de nanoestruturas de origem biológica pode oferecer uma estratégia alternativa para a fabricação de dispositivos microeletrônicos. A nanotecnologia também vem aprimorando o desenvolvimento de displays (como, por exemplo, monitores de computador ou displays dobráveis de plástico que podem ser lidos como uma folha de papel) que, além de serem mais leves e possuírem melhor definição, apresentam as vantagens da ausência de metais tóxicos na sua fabricação e de terem um consumo menor de energia. (QUINA, 2004, p.1-2)

De outra banda, ao passo que são apresentados a “potencialidade” desta nova tecnologia do século XXI, surge, também, a necessidade de avaliação e “inclusão de esforços intensivos e transdisciplinares para preencher as lacunas de informações existentes a despeito do comportamento de nanomateriais (ENGELMANN; STRINGHI FLORES, 2009, p. 3).

Os poucos estudos efetivados até o momento acerca da aplicação das nanotecnologias com o ar, com a água e com o solo, demonstram a possibilidade de riscos ambientais e também riscos em relação aos seres humanos. Sendo que, a partir deste estudos, testes com animais contabilizaram os seguintes danos: a) cerebrais<sup>8</sup>; b) suscetibilidade à coagulação do sangue; c) danos pulmonares<sup>10</sup>; e d) conseqüências graves nas formações de embriões (GRUPO ETC, 2005, p.22).

Frank H. Quina (2004, p. 2) alerta para os malefícios que podem advir na nanotecnologia:

As mesmas características que tornam as nanopartículas interessantes do ponto de vista de aplicação tecnológica, podem



ser indesejáveis quando essas são liberadas ao meio ambiente. O pequeno tamanho das nanopartículas facilita sua difusão e transporte na atmosfera, em águas e em solos, ao passo que dificulta sua remoção por técnicas usuais de filtração. Pode facilitar também a entrada e o acúmulo de nanopartículas em células vivas. De modo geral, sabe-se muito pouco ou nada sobre a biodisponibilidade, biodegradabilidade e toxicidade de novos nanomateriais. A contaminação do meio ambiente por nanomateriais com grande área superficial, boa resistência mecânica e atividade catalítica pode resultar na concentração de compostos tóxicos na superfície das nanopartículas, com posterior transporte no meio ambiente ou acúmulo ao longo da cadeia alimentar; na adsorção de biomoléculas, com consequente interferência em processos biológicos *in vivo*; numa maior resistência à degradação (portanto, maior persistência no meio ambiente) e em catálise de reações químicas indesejáveis no meio ambiente.

Em decorrência da utilização na ciência e saúde das nanotecnologias, poderá ser detectadas formas de contaminação ante o fato de que essas partículas não são provenientes da natureza humana; assim, as células dos seres vivos, no mundo animal e mineral poderão não ter meios apropriados para combatê-las, podendo causar danos ainda não perceptíveis. Tais efeitos seriam sentidos, ainda, na fauna e na flora, assemelhando-se à propagação de metais pesados e de Dicloro- Difenil-Tricloroetano, no meio ambiente (ENGELMANN; STRINGHI FLORES, 2009, p 164).

Não se sabe exatamente quais os efeitos que a nanotecnologia acarretará, porém sabe-se, que experimentos com animais desencadearam efeitos notórios, pois as nanopartículas podem atravessar todas as barreiras biológicas do corpo humano, e transmitir-se, inclusive, da mãe ao feto, “devido à sua mobilidade e aumento de reatividade” Além disso, conforme, bem relatam, Gustavo Franchi/Gustavo Moraes, “evidências preliminares sugerem que algumas nanopartículas podem exibir propriedades toxicológicas imprevistas”. (ENGELMANN; STRINGHI FLORES, 2009, p. 164).

#### 4. NANOTECNOLOGIA E RISCO, ENQUANTO FATORES DE DESENVOLVIMENTO SOCIAL

A nanociência e nanotecnologia integram a tecnociência, cuja produção é caracterizada através da experimentação coletiva na própria sociedade, dos produtos desenvolvidos por esta tecnociência.

Como antes aduzido não são de todo conhecidos os riscos advindos desta nova descoberta científica denominada nanotecnologia, haja vista os recentes experimentos e desenvolvimentos a partir do “mundo nanotech”.

Por certo que falar em risco, nos remete a Ulrich Beck e à denominada sociedade do risco, inclusive, de maneira globalizada.

Ademais, o desenvolvimento da nanociência, implica, necessariamente no surgimento de riscos, seja para o humano, animal, vegetal, bem como para o “mundial”.

Não obstante a consciência do aprimoramento científico, implicar benesses e ao mesmo tempo, a possibilidade de desenvolvimento de riscos, por vezes desconhecidos a longo prazo e que, quando descobertos, possam ser irreversíveis, o objetivo que move a humanidade, ou seja, o bem comum, a busca pelo melhor, a inclusão dos povos, na busca incessante por melhorias de vida do e no planeta, o que se dá com o desenvolvimento social, não pode ser obstado pelo medo do novo/desconhecido.

E assim, é evidentemente, cabe à comunidade científica avaliar continuamente as tecnologias em desenvolvimento nos laboratórios do ponto de vista do seu potencial de risco, buscando conscientemente soluções e alternativas que eliminem ou minimizem os possíveis danos ao meio ambiente ou à saúde, principalmente daqueles que manipulam nanopartículas. (QUINA, 2004, s.p.).

Berger Filho (2009, p.2), refere a análise efetivada pela Organização não Governamental canadense Erosion, Technology and Concentration, conhecida como Grupo ETC, acerca dos diversos impactos da nanotecnologia sobre a sociedade, a economia e o meio ambiente. A partir de uma perspectiva ampla, segundo os pesquisadores do ETC (2009), podemos agrupar quatro grandes problemas para a coletividade decorrentes do uso da nanotecnologia:

1. O controle tecnológico na nano escala como elemento fundamental para o controle corporativo. Conforme ETC as tecnologias em nano escala fazem parte da estratégia operativa para o controle corporativo da indústria, dos alimentos, da agricultura e da saúde no século XXI. A nanotecnologia protegida pelos Direito de Propriedade Intelectual pode significar o avanço na privatização da ciência e uma terrível concentração de poder corporativo, pelas grandes empresas transnacionais.
2. Controle social a partir convergência entre informática, biotecnologia, nanotecnologia e ciências cognitivas: "A convergência ocorre quando a nanotecnologia se funde com a biotecnologia (permitindo o controle da vida através da manipulação de genes) e com Tecnologia da Informação (permitindo o controle do conhecimento através da manipulação de Bits) e com Neurociência cognitiva (permitindo o controle da mente através da manipulação dos neurônios)." O grupo ETC utiliza o termo BANG, para apresentar a convergência tecnológica entre bits, átomos, neurônios e genes. Conforme os estudos dessa organização não governamental o BANG "trata-se de uma cruzada tecnológica para controlar toda a matéria, vida e conhecimento."
3. Riscos Ambientais e Riscos para a Saúde Humana: a nanobiotecnologia pode criar fusão entre a matéria viva e a não viva, resultando em organismos híbridos e produtos que não são fáceis de controlar e se comportam de maneiras não previsíveis. Alta reatividade e mobilidade e outras propriedades advindas de seu pequeno tamanho também têm grande probabilidade de acarretar novas toxicidades. Diversas são as indagações quanto aos riscos do contato com nanopartículas para a segurança dos trabalhadores e dos consumidores. O grande problema reside no fato de que ao se utilizar de nano implementos, não se tem certeza dos fatores nocivos provenientes dos produtos e subprodutos nanotecnoló-

gicos. Alguns estudos publicados demonstraram que cobaias submetidas a partículas "nano" apresentaram modificações morfofisiológicas drásticas, alguns resultando em morte.<sup>[01]</sup> Devido ao tamanho reduzido fica difícil determinar o grau de dispersão nano estruturas no meio ambiente. 4. A incerteza científica acerca das nanopartículas e o vácuo na regulamentação: Dados toxicológicos sobre nano partículas manufaturadas são escassos, mesmo existindo produtos comerciais no mercado (insumos agrícolas, cosméticos, filtros solares). Os critérios utilizados para saber a toxicidade das substâncias na escala macro não trazem certezas quando confrontados com a nanotecnologia. Não existem metodologias confiáveis para estabelecer diferença entre as propriedades encontradas na "Macroescala" e na "Nanoescala". É importante evidenciar que no Brasil inexistem leis e dispositivos capazes de prevenir ou até mesmo abordar as peculiaridades dessa nova revolução tecnológica. As normas jurídicas que podem ser utilizadas para, por exemplo, autorizar a comercialização de um determinado produto nanotecnológico para a agricultura não diferem das normas e critérios técnicos para os demais produtos, pois não existe uma diferenciação pelo Direito entre o tratamento legal da nanotecnologia e de outras tecnologias.

Parafraseando Rocha ao aduzir sobre a ecologia, é possível referir, que as nanotecnologias são compostas do complexo e de uma ciência global, suscitando a adoção da transdisciplinariedade, de um antropocentrismo alargado e de uma "epistemologia da complexidade" pela teoria jurídica. Constatando-se, desta forma, um abismo epistemológico e teórico nas relações desenvolvidas entre o "mundo jurídico" e o "mundo da vida" na sociedade contemporânea e suas consequências. Este é o coque paradigmático (conflitos intra-sistêmicos) dos quais vive o Direito: sua estruturação fundada em uma dogmática tradicional em face dos novos problemas sociais (ROCHA, 2008, s.p.).

A formação de uma consciência social acerca da irreversibilidade dos danos advindos dos avanços tecnológicos legitima a formação jurídica acerca dos riscos, que consistem em uma comunicação voltada para a construção de observações

e vínculos com o futuro.

E aqui, se verifica que a confluência entre a perspectiva realista e a construtivista estaria no cerne da teoria da sociedade global de riscos. Da posição realista, conforme delimitado por Ulrich Beck, há a consideração de que o conhecimento científico pode identificar e demonstrar que as conseqüências e os perigos da produção industrial desenvolvida são globais, exigindo políticas a serem formuladas por instituições transnacionais, como efetivamente se assinala no desenvolvimento nanotecnológico.

Neste viés, a perspectiva construtivista é chave para se poder responder a questões acerca de como, por exemplo, se produz a auto-evidência segundo a qual os riscos são reais, e sobre quais atores, instituições, estratégias e recursos são decisivos para sua fabricação (Beck, 1999: 24). Isto é, os riscos existem e não são meramente uma construção social, mas a sua transformação depende de como são percebidos socialmente.

Todavia, aguardar a certeza científica dos impactos da nanotecnologia não aparece ser a decisão mais adequada a fim de que se alcance, quiçá, se aproxime, do tão almejado desenvolvimento.

Contudo, diante de potenciais riscos advindos da nanotecnologia, verifica-se a existência de um debate acerca do estabelecimento de normas jurídicas pelo Estado, ao mesmo tempo em inclui-se neste debate a regulação da nanotecnologia através da criação de sistemas de auto-regulação.

E nesse passo, os defensores da auto-regulação entendem que diante das dificuldades de regulamentação legal da matéria, dos custos econômicos e dos entraves às pesquisas provenientes da criação de novas instituições para fiscalização e regulamentação legal da nanotecnologia (BERGER FILHO, 2009, p.5).

#### 4.1 PRECAUÇÃO E PREVENÇÃO: A PRINCIPIOLOGIA

## COMO BALIZA JURÍDICO-REGULATÓRIA

A tutela estatal, imprescindível componente neste panorama nanotecnológico, corresponde ao anseio do desenvolvimento científico a partir da imputação dos princípios da precaução e da prevenção como marco regulatório e forma de evitar a concretização de danos futuros, numa perspectiva lato sensu, ou seja, na preparação contra danos futuros (contingência) ao passo que se busca a menor probabilidade de ocorrência do dano ou a diminuição das dimensões deste (LUHMANN, 1989, p. 166).

Necessário referir que grande número de autores não distingue o princípio da prevenção do princípio e o da precaução, por vezes, referindo-se aos dois com o mesmo significado, por outras colocando o princípio da precaução como uma forma de expressão do princípio da prevenção, que o englobaria.

Ocorre que, boa parte da doutrina entende que aplicação do princípio da prevenção implica na adoção de medidas antes da ocorrência do dano concreto, cuja origem e a possibilidade é conhecida e relativamente previsível a fim de evitar o acontecimento de novos danos ou minorar seus efeitos.

Por sua vez, o princípio da precaução refere-se apenas a situações onde não existe um conhecimento dos riscos potenciais de danos de uma determinada atividade ou de um determinado produto ou espécie viva a ser produzido e lançado no meio ambiente.

Referido princípio assumiu uma abrangência global na Declaração do Rio de Janeiro sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, que em seu Princípio 15 delimita:

De modo a proteger o meio ambiente, o princípio da precaução deve ser amplamente observado pelos Estados, de acordo com as suas necessidades. Quando houver ameaça de danos sérios ou irreversíveis, a ausência de absoluta certeza científica não deve ser utilizada como razão para postergar medidas eficazes e economicamente viáveis par prevenir a degradação ambiental.

Desde então, o princípio da precaução tem sido aplicado em diversos tratados internacionais multilaterais.

Maria Alexandra de Souza Aragão (2002, p.19), alega que em caso de dúvida sobre os riscos de uma determinada ação para o meio ambiente, segundo podem existir em três circunstâncias que justificam a aplicação do princípio da precaução: a) quando ainda não se verificaram quaisquer danos decorrentes de uma determinada atividade, mas se receia, apesar da falta de provas científicas, que possam vir a ocorrer; b) quando havendo já danos provocados ao ambiente, não há provas científicas sobre qual a causa que está na origem dos danos; c) ou ainda quando apesar de existirem danos provocados ao meio ambiente, não há provas científicas sobre o nexo de causalidade entre uma causa possível e os danos verificados.

A conclusão é, pois, no sentido de que a precaução é o princípio jurídico ambiental apto a lidar com situações nas quais o meio ambiente possa vir a sofrer graves impactos causados por novos produtos e tecnologias que ainda não possuam uma acumulação histórica de informações que assegurem, claramente, em relação ao conhecimento de um determinado tempo, quais as conseqüências que poderão advir de sua liberação no ambiente (Antunes, 2006, p.33.).

Diversas são as formas de definir o princípio da precaução, entretanto, é uníssono doutrinariamente que a ação deve ser antecipada diante da incerteza científica (existente pelo desconhecimento, pela indeterminação, pela inexistência de informação e de parâmetros para definir o potencial de dano, e da suspeita de danos sérios e irreversíveis. O risco de dano, por sua vez deve ser potencialmente sério, em alcance geográfico e/ou períodos de tempo, irreversível e/ou acumulativo.

Desta feita, o princípio da precaução justifica-se pela necessidade de tomada de decisão antecipada, mesmo se opondo a forte pressão por crescimento econômico e pelo desenvolvimento da ciência e tecnologia com vistas ao mercado, ao pas-

so que visa a durabilidade da sadia qualidade de vida das gerações humanas e à continuidade da natureza existente no mundo, eis que é essencialmente voltado para o futuro, ampliando a aplicação da prudência e da responsabilidade.

A prudência pode ser invocada como argumento para evitar possíveis danos irreversíveis projetados abstratamente, bem como, diante da ausência de parâmetros para demonstrar cientificamente a amplitude dos danos possíveis e as relações de causa e efeito. Fato que, para o Direito, representa uma mudança de paradigma, pois o princípio da precaução pode ser aplicado quando não existe prova do dano possível, mas ao mesmo não exista prova contrária. Logo, nesses casos, pode-se falar de uma espécie de "in dúbio pro ambiente" ou "em dúbio pró sanitas et natura" (BERGER FILHO, 2009, p. 8).

A responsabilidade, a seu tempo, baseia a aplicação do princípio da precaução na proporção de estar voltada para uma amplitude temporal dos direitos das gerações futuras vinculados aos deveres da geração presente.

Desta feita, acerca da pesquisa nanotecnológica fica evidente que ao passo que haja o crescente desenvolvimento, sua aplicação social deve ser analisada sob o prisma do princípio da precaução como uma forma de proteção da dignidade da pessoa humana enquanto princípio constitucional fundamental.

Ante o arsenal de questionamentos e posicionamentos jurídicos e éticos sobre as nanotecnologias, não se visualizam simples respostas, sendo que, dificilmente em algum momento terá a sociedade todas as informações que ela necessita para tomar decisões sem alguma incerteza (LIN, 2007, p.408).

Todavia, com base no princípio da precaução é possível aludir que não devem ser postergados os esforços no sentido de estabelecer estudos sobre os impactos da nanotecnologia, para ter um melhor resultado no desenvolvimento das informações sobre o potencial de risco desejadas para a tomada de decisão.

Como bem assevera Engelmann (2009, p.12):

Este princípio deverá nortear o emprego de nanotecnologias,



pois o ser humano tem direito subjetivo, como um direito fundamental, de que esses contornos sejam considerados no desenvolvimento das tecnologias que utilizam a escala nano. Mostra-se como um aspecto objetivo, um dever, que precisa ser considerado nos avanços das pesquisas, tendente ao controle ou a minorização dos riscos. Assim, o caminho do desenvolvimento das pesquisas deverá ser ladeado pela avaliação constante dos avanços e de sua segurança. Isso imporá a necessidade, em alguns momentos, que o caminho seja interrompido e revisado. Como uma medida de política pública, engloba a carga do direito subjetivo, na medida em que as conseqüências serão suportadas por cada pessoa. Aí o aspecto fundamental do princípio da precaução. Por isso, a precaução volta-se aos riscos desconhecidos, inéditos e não planejados previamente. No tocante à nanotecnologia, pode-se dizer que inexistente certeza científica relativa aos riscos. Esse contexto exige um constante monitoramento da atividade, em que a precaução exigirá a construção de mecanismos de alerta e de controle no surgimento de variáveis não cogitadas até o momento.

A ponderação, igualmente e na mesma escala de importância, deve estar presente. Indubitável que se busca para as pessoas e para a sociedade em si, o melhor desenvolvimento e a melhoria das condições de vida, porém não se pode perder de vista a racionalidade, o básico, o medo controlado do desconhecido.

O bem comum é o objetivo, porém não se deve conquistá-lo em desconsideração de condições mínimas, ao alvitre e até mesmo em afronta à dignidade da pessoa humana e do meio ambiente, sem os quais não subsiste vida.

## 5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento é fator primordial da sociedade, que busca de forma incansável aprimorar o estudo científico, a fim de que novas tecnologias sejam descobertas e aprimoradas para que o bem comum da humanidade seja alcançado.

E nesse sentido nesta época atual, o mundo vivencia a

descoberta das nanotecnologias, como forma de refinamento desta busca pelo melhor.

A globalização apresenta-se como forte fator para que referido desenvolvimento ocorra na melhor acepção do termo, contudo, os riscos advindos do desenvolvimento nanotech devem ser sopesados, eis que ainda recente as descobertas desta nova tecnologia. E por assim ser, a cautela, a prevenção e a ponderação devem embasar tais avanços, de modo que se dê uma regulamentação sobre o tema, ainda em franco desenvolvimento.

Verifica-se, pois, que a nanotecnologia tem o escopo de aprimoramento, de busca pela melhoria, porém, encontra-se em área cinzenta eis que sem concreta definição ou delimitação acerca dos próprios riscos e (im)prováveis danos que possa causar à sociedade, mote primordial na busca desse “avanço nano”, que deve sim, ser buscado como forma de alcance do bem comum, a fim de integrar, melhorar e aperfeiçoar a vida dentro de uma sociedade mais igualitária e melhor desenvolvida, dentro de uma viável parametricidade jurídica e humana.



## REFERÊNCIAS

- ALTMANN, Jürgen. Military uses of Nanotechnology: perspectives and concerns. *Security Dialogue*. v. 35, n.1, 2004.
- ANTUNES, Paulo de Bessa. *Direito Ambiental*. 9. ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2006.
- ARAGÃO, Maria Alexandra de Souza. *Direito Comunitário do Ambiente*. Livraria Almedina. Coimbra: 2002.

- ASSMANN, Selvino José (trad.). *A Sociedade Global do Risco. Uma discussão entre Ulrich Beck e Danilo Zolo*. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Departamento de Filosofia. 2000. Disponível em <http://www.cfh.ufsc.br/~wfil/ulrich.htm>. Acesso em 21 mai. 2016.
- BARRETO, Vicente de Paula. *Globalização, Direito Cosmopolítico e direitos humanos*. In
- CARVALHO, Kildare G. *Direito Constitucional*. 14 ed. Belo Horizonte: Del Rey, 2008.
- \_\_\_\_\_. *Bioética, responsabilidade e Sociedade Técnico Científica*. In: COSTA, Judith Martins; Leticia Ludwig Möller. *Bioética e Responsabilidade*. Rio de Janeiro: Forense, 2009.
- BERGER FILHO, Airton Guilherme. *Nanotecnologia e o princípio da precaução na sociedade de risco*. Jus Navigandi, Teresina, ano 14, n. 2359, 16 dez. 2009. Disponível em: <http://jus2.uol.com.br/doutrina/texto.asp?id=14019>>. Acesso em: 21 mai. 2016.
- BECK, Ulrich. *Ecological politics in an age of risk*. Cambridge, Polity Press, 1995a.
- \_\_\_\_\_. *Ecological enlightenment. Essays on the politics of the risk society*. New Jersey: Humanity Press, 1995b.
- \_\_\_\_\_. *The reinvention of politics. Rethinking modernity in the global social order*. Cambridge: Polity Press, 1997.
- \_\_\_\_\_. *World risk society*. Cambridge: Polity Press, 1999.
- \_\_\_\_\_. *The brave new world of work*. Cambridge: Polity Press, 2000.
- \_\_\_\_\_. The reinvention of politics, towards a theory of reflexive modernization. In Beck, U., Giddens, A. e Lash, S. *Reflexive Modernization. Politics, Tradition and Aes-*

- thetics in the modern social order*. Cambridge: Polity Press, 1994.
- \_\_\_\_\_. *Teoria de la Sociedad del Riesgo*, In: Las Consecuencias Perversas de la Modernidad, traduzido por Celso Sánchez Capdequi e revisado por Josexto Berianm Barcelona: Anthropos, 1996.
- CARVALHO, Délton Winter de. *Dano Ambiental Futuro. A Responsabilização Civil pelo Risco Ambiental*. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2008.
- DELMAS-MARTY, Mireille. *Três Desafios para um Direito Mundial*. Trad. Fauzi Hassan Choukr. Rio de Janeiro: Lúmen Júris, 2003.
- DURÁN, Nelson; MATTOSO, Luiz Henrique Capparelli e MORAIS, Paulo Cezar de. *Nanotecnologia – Introdução, Preparação e Caracterização de Nanomateriais e Exemplos de Aplicação*. 1. ed. São Paulo: Artliber, 2006.
- ECCHCP/ European Commission Community Health and Consumer Protection. *Nanotechnologies: A Preliminary Risk Analysis. Workshop Organizado em Bruxelas 1-2 de março de 2004* por Health and Consumer Protection Directorate General of the European Commission. Disponível em: [http://europa.eu.int/comm/health/ph\\_risk/events\\_risk\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/health/ph_risk/events_risk_en.htm). Acesso em 24 mai. 2016.
- ENGELLMANN, Wilson. *Os Avanços Nanotecnológicos e o Meio Ambiente: os Direitos Humanos e os desafios da Regulamentação Jurídica*. Anuario de Derecho Constitucional Latino-americano, Año XV, Montevideo, 2009.
- \_\_\_\_\_. e FLORES, André Stringhi. *Nanotecnologias e o In Dúbio Pro Ambiente: Um Olhar Ambiental Sobre Os Riscos Do Emprego De Materiais Com Escala Nanométrica*. Disponível em: <http://www.planetaverde.org/teses/Andre%20Flore>

- s%20e%20Wilson.pdf.> Acesso em: 24 mai. 2016.
- \_\_\_\_\_. *Direitos Humanos e Nanotecnologias: o fascínio da criatividade em busca de espaços cada vez menores. Direitos Culturais*, Santo Ângelo, v. 4, n. 7, p. 157-170 jul./dez. 2009. Disponível em <http://srvapp2s.urisan.tche.br/seer/index.php/direitoscultuais/article/viewFile/231/163>. Acesso: 23 mai. 2016.
- FEYNMAN, Richard. *Há mais espaços lá embaixo*. Caltech's Engineering and Science, 1960.
- \_\_\_\_\_. *O senhor está brincando, Sr. Feymann!* Editora Campus. 2006.
- FUNDAÇÃO NACIONAL DE CIÊNCIAS (NSF) DOS ESTADOS UNIDOS. *Nanotecnologia*. Disponível em: <<http://www.nsf.gov/>>. Acesso em 23 mai. 2016.
- GRUPO ETC. *La Inmensidad de lo Mínimo: breve introducción a las tecnologías de nanoescala*. Disponível em: <[www.etcgroup.com](http://www.etcgroup.com)> Acesso em 24 mai. 2016.
- GRUPO ETC. *Nanotecnologia – Os riscos da Tecnologia do Futuro*. 2. ed. Porto Alegre: L&PM, 2005.
- GUIVANT, Julia S. *A Teoria da Sociedade de Risco de Ulrich Beck: entre o diagnóstico e a profecia*. Disponível em <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/brasil/cpd/estudos/dezesseis/julia16.htm>. Acesso em: 23 mai. 2016.
- IIEP, *Intercâmbio, Informações, Estudos e Pesquisas. Princípios para a Fiscalização de Nanotecnologias e Nanomateriais*. Disponível em <<http://www.iiep.org.br/nano/fundacentro/principles.pdf>>. Acesso em: 26 mai. 2016.
- LIN, Albert C. *Size Matters: Regulating Nanotechnology*, *Harvard Environmental Law Review* (2007), volume 31, Issue 2.
- LUHMANN, Niklas. *Sociologia del riesgo*. Trad. Javier Torres Nafarrate (coord.). Guadalajara: UIA, 1992.

- MOREIRA, Eliane Cristina P. *Nanotecnologia e Regulação: as inter-relações entre o Direito e as ciências*. In: MARTINS, Paulo Roberto (Org.). *Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente*. São Paulo: Xamã, 2006.
- MOREIRA, Luciana R.; VOLOCHKO, Leandro. Internalização da variável ambiental na reforma tributária. In: MORATO LEITE, José R.; BELLO FILHO, Ney B. *Direito Ambiental Contemporâneo*. Barueri: Manole, 2004.
- PREMEBIDA, Adriano; MARTINS, Paulo, DULLEY, Richard Domingues; BRAGA, Ruy. *Revolução invisível: desenvolvimento recente da nanotecnologia no Brasil*. São Paulo: Xamã, 2007.p.53.
- QUINA, Frank. H. *Nanotecnologia e o Meio ambiente: Perspectivas e Riscos*. Química Nova. Volume 27, número 6. São Paulo Nov;dec. 2004. Disponível em [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422004000600031](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422004000600031). Acesso em 16 mai. 2016.
- RAMOS, Gian Carlo Delgado. *Nanotecnologia e Meio Ambiente*. Disponível em <http://www.iiep.org.br/pdfs/doc026.pdf> . Acesso em 23 mai.2016.