

VI ENCONTRO VIRTUAL DO CONPEDI

DIREITO E SUSTENTABILIDADE II

REGINA VERA VILLAS BOAS

JÉSSICA AMANDA FACHIN

JOSÉ QUERINO TAVARES NETO

Todos os direitos reservados e protegidos. Nenhuma parte destes anais poderá ser reproduzida ou transmitida sejam quais forem os meios empregados sem prévia autorização dos editores.

Diretoria - CONPEDI

Presidente - Prof. Dr. Orides Mezzaroba - UFSC - Santa Catarina

Diretora Executiva - Profa. Dra. Samyra Haydêe Dal Farra Naspolini - UNIVEM/FMU - São Paulo

Vice-presidente Norte - Prof. Dr. Jean Carlos Dias - Cesupa - Pará

Vice-presidente Centro-Oeste - Prof. Dr. José Querino Tavares Neto - UFG - Goiás

Vice-presidente Sul - Prof. Dr. Leonel Severo Rocha - Unisinos - Rio Grande do Sul

Vice-presidente Sudeste - Profa. Dra. Rosângela Lunardelli Cavallazzi - UFRJ/PUCRio - Rio de Janeiro

Vice-presidente Nordeste - Profa. Dra. Gina Vidal Marcilio Pompeu - UNIFOR - Ceará

Representante Discente: Prof. Dra. Sinara Lacerda Andrade - UNIMAR/FEPODI - São Paulo

Conselho Fiscal:

Prof. Dr. Caio Augusto Souza Lara - ESDHC - Minas Gerais

Prof. Dr. João Marcelo de Lima Assafim - UCAM - Rio de Janeiro

Prof. Dr. José Filomeno de Moraes Filho - Ceará

Prof. Dr. Lucas Gonçalves da Silva - UFS - Sergipe

Prof. Dr. Valter Moura do Carmo - UNIMAR - São Paulo

Secretarias

Relações Institucionais:

Prof. Dra. Daniela Marques De Moraes - UNB - Distrito Federal

Prof. Dr. Horácio Wanderlei Rodrigues - UNIVEM - São Paulo

Prof. Dr. Yuri Nathan da Costa Lannes - Mackenzie - São Paulo

Comunicação:

Prof. Dr. Liton Lanes Pilau Sobrinho - UPF/Univali - Rio Grande do Sul

Profa. Dra. Maria Creusa De Araújo Borges - UFPB - Paraíba

Prof. Dr. Matheus Felipe de Castro - UNOESC - Santa Catarina

Relações Internacionais para o Continente Americano:

Prof. Dr. Heron José de Santana Gordilho - UFBA - Bahia

Prof. Dr. Jerônimo Siqueira Tybusch - UFSM - Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Paulo Roberto Barbosa Ramos - UFMA - Maranhão

Relações Internacionais para os demais Continentes:

Prof. Dr. José Barroso Filho - ENAJUM

Prof. Dr. Rubens Beçak - USP - São Paulo

Profa. Dra. Viviane Coêlho de Séllos Knoerr - Unicritiba - Paraná

Eventos:

Prof. Dr. Antônio Carlos Diniz Murta - Fumec - Minas Gerais

Profa. Dra. Cinthia Obladen de Almendra Freitas - PUC - Paraná

Profa. Dra. Livia Gaigher Bosio Campello - UFMS - Mato Grosso do Sul

Membro Nato - Presidência anterior Prof. Dr. Raymundo Juliano Feitosa - UMICAP - Pernambuco

D597

Direito empresarial [Recurso eletrônico on-line] organização CONPEDI

Coordenadores: Fabio Fernandes Neves Benfatti; João Marcelo de Lima Assafim; Maria Rafaela Junqueira Bruno Rodrigues – Florianópolis; CONPEDI, 2023.

Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-5648-735-9

Modo de acesso: www.conpedi.org.br em publicações

Tema: Direito e Políticas Públicas na era digital

1. Direito – Estudo e ensino (Pós-graduação) – Encontros Nacionais. 2. Direito. 3. Empresarial. VI Encontro Virtual do CONPEDI (1; 2023; Florianópolis, Brasil).

CDU: 34



VI ENCONTRO VIRTUAL DO CONPEDI

DIREITO E SUSTENTABILIDADE II

Apresentação

O VI Encontro Virtual do CONPEDI, realizado em parceria com o Programa de Mestrado Profissional em "Direito, Sociedade e Tecnologias" das Faculdades Londrina e a Faculdade de Direito de Franca (FDF), nos dias 20, 21, 22, 23 e 24 de junho de 2023, teve como temática central "Direito e Políticas Públicas na Era Digital". A partir do tema, atual e de relevo, as discussões no evento em torno das tecnologias por diversas óticas foram de significativa importância, bem como nos Grupos de Trabalho (GTs).

Desse modo, os trabalhos contidos nesta publicação foram apresentados como artigos no Grupo de Trabalho "Direito e Sustentabilidade II, no dia 21 de junho de 2023, que passaram previamente por, no mínimo, dupla avaliação cega por doutores. Nesta obra, encontram-se resultados de pesquisas desenvolvidas em diversos Programas de Pós-Graduação em Direito, que retrataram parcela relevante dos estudos que têm sido produzidos na temática central do Grupo de Trabalho.

As temáticas abordadas decorrem de intensas e numerosas discussões que permeiam o Brasil, como temas que analisam a sustentabilidade em contextos específicos e também regionais,

os desafios do uso de tecnologias levando em conta impactos ambientais e também em cooperação com o desenvolvimento sustentável, proteção indígena, mudanças climáticas, dentre outras reflexões atuais e importantes sobre práticas ambientais, sociais e de governança em empresas privadas e solidariedade no agronegócio.

Espera-se, então, que o leitor possa vivenciar parcela destas discussões por meio da leitura dos textos. Agradecemos a todos os pesquisadores, colaboradores e pessoas envolvidas nos

debates e organização do evento pela sua inestimável contribuição e desejamos uma proveitosa leitura!

José Querino Tavares Neto - Universidade Federal de Goiás/GO

Regina Vera Villas Boas - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo/SP

Jéssica Fachin - Faculdades Londrina/PR

**ESTABELECIMENTO DE PADRÕES MÍNIMOS PARA A REGULAMENTAÇÃO
DA NANOTECNOLOGIA NO BRASIL EM BUSCA DE UM MEIO AMBIENTE
EQUILIBRADO**

**ESTABLISHMENT OF MINIMUM STANDARDS FOR THE REGULATION OF
NANOTECHNOLOGY IN BRAZIL IN SEARCH OF A BALANCED
ENVIRONMENT**

**Roberta Hora Arcieri Barreto ¹
Diogo De Calasans Melo Andrade ²
Rayza Ribeiro Oliveira ³**

Resumo

A nanotecnologia, com seu potencial para criar materiais e dispositivos com propriedades únicas na escala nanométrica, tem sido uma área de crescente interesse científico e industrial. No entanto, o desenvolvimento acelerado da nanotecnologia também levanta preocupações sobre seus possíveis impactos ambientais. O presente artigo aborda o ciclo de vida dos nanomateriais, desde a produção até o descarte e os potenciais danos ambientais associados a eles. Discute-se como a nanotecnologia pode afetar o meio ambiente, incluindo questões relacionadas à toxicidade, acúmulo em ecossistemas e liberação de nanomateriais no ambiente. No contexto brasileiro, destaca-se a importância de estabelecer padrões mínimos de regulamentação para a nanotecnologia, a fim de garantir a proteção do meio ambiente equilibrado. A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, utilizando-se o método dedutivo. A metodologia foi baseada em análises documentais, revisão de publicações científicas, discussões e debates relacionados a temas específicos de nanotecnologia e seus impactos ambientais. A natureza descritiva da pesquisa foi direcionada para investigar e descrever as características de um fenômeno social que afeta o meio ambiente.

Palavras-chave: Nanotecnologia, Padrões mínimos de regulamentação, Impactos ambientais, Ciclo de vida de nanomateriais, Toxicidade

Abstract/Resumen/Résumé

Nanotechnology, with its potential to create materials and devices with unique properties at the nanometer scale, has been an area of growing scientific and industrial interest. However, the accelerated development of nanotechnology also raises concerns about its possible environmental impacts. This article addresses the life cycle of nanomaterials, from

¹ Doutoranda Bolsista CAPES do Programa de Pós-Graduação em Direitos Humanos da Universidade Tiradentes – SE.

² Docente do Programa de Pós-Graduação em Direitos Humanos da Universidade Tiradentes – SE.

³ Doutoranda Bolsista CAPES do Programa de Pós-Graduação em Direitos Humanos da Universidade Tiradentes – SE.

production to disposal and the potential environmental damage associated with them. It discusses how nanotechnology can affect the environment is discussed, including issues related to toxicity, accumulation in ecosystems and release of nanomaterials into the environment. In the Brazilian context, the importance of establishing minimum regulatory standards for nanotechnology is highlighted, in order to ensure the protection of a balanced environment. The research adopted a qualitative approach, using the deductive method. The methodology was based on document analyses, review of scientific publications, discussions and debates related to specific themes of nanotechnology and its environmental impacts. The descriptive nature of the research was directed towards investigating and describing the characteristics of a social phenomenon that affects the environment.

Keywords/Palabras-claves/Mots-clés: Minimum regulatory standards, Environmental impacts, Nanotechnology, Nanomaterial life cycle, Toxicity

1 INTRODUÇÃO

A nanotecnologia é agente determinante de um salto tecnológico jamais alcançado anteriormente pelo ser humano. Hodiernamente, possibilita o acesso a produtos e serviços diferenciados na maioria dos setores da indústria e da medicina, com a promessa de serem mais acessíveis e duráveis. Entretanto, ao mesmo tempo, provoca o surgimento de conflitos éticos e jurídicos não imaginados, com a possibilidade de danos inconcebíveis ao meio ambiente, que não podem ser calculados antecipadamente.

O alto risco de poluição ambiental imensurável é decorrente do tamanho diminuto das partículas nanométricas que podem se dispersar pelo ar e serem transportadas a grandes distâncias, sem encontrar barreiras naturais eficientes que impeçam seu deslocamento. Essas partículas têm potencial de acumulação na cadeia alimentar e no ambiente natural, aumentando ainda mais uma preocupação com os possíveis efeitos ambientais do desenvolvimento nanotecnológico.

Não obstante a grande possibilidade de riscos, não estão disponíveis dados estatísticos sobre o tema, mormente porquanto não há correspondência consistente entre os resultados toxicológicos *in vitro* e as implicações subsequentes à exposição de nanopartículas em curto e médio prazo. Da mesma forma, dados epidemiológicos são praticamente insipientes¹.

Muitos produtos nanotecnológicos convertem-se ao fim de seu ciclo de vida em fluxos de resíduos nanomateriais, os chamados *nanowastes*. Especificamente no que tange ao *nanowaste*, é evidente que a quantidade de resíduos e de descartes é proporcional à produção de nanomateriais e aplicação da tecnologia, evidenciando as vicissitudes decorrentes do manejo dos resíduos e o impacto no meio ambiente.

Nesse contexto, é intangível o pleno gozo dos direitos humanos diante da ofensa ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, sendo a proteção ambiental intrinsecamente ligada à preservação da humanidade, esta última princípio central dos direitos humanos. Dessa forma, os cuidados e estudos voltados ao desenvolvimento da nanotecnologia devem estender-se ao manejo do *nanowaste* ou resíduos nanotecnológicos, a fim de que se utilizem técnicas e melhores práticas para alcançar a sustentabilidade ambiental com a utilização da nanotecnologia, logrando a proteção aos direitos humanos em sua finalidade.

Destarte, o presente artigo aduz acerca do ciclo de vida dos nanomateriais, bem como a respeito dos potenciais danos ambientais associados. Ainda argumenta sobre o

¹ UNESP. Unesp Ciência. **Riscos à saúde humana, segurança ocupacional e ambiental da nanotecnologia.** Disponível em: <http://unesp.ciencia.com.br/2016/03/01/nanomateriais/>. Acesso em: 11 nov. 2019.

desenvolvimento nanotecnológico e questões relativas à toxicidade e acumulação em ecossistemas. Também, considerando o contexto brasileiro, apresenta a importância do estabelecimento de padrões mínimos de regulamentação, com o fito de garantir o progresso nanotecnológico simultaneamente a salvaguarda do meio ambiente ecologicamente equilibrado. Para tanto, a metodologia utilizada baseia-se em análise documentais e revisão de publicações científicas relativas à temática. A natureza descritiva da pesquisa assenta-se na investigação e descrição das características de um fenômeno social que impacta o meio ambiente.

2 BREVE INTRODUÇÃO ACERCA DA NANOTECNOLOGIA

A nanotecnologia inicia-se junto à nova revolução industrial, também conhecida como quarta revolução industrial, momento histórico da humanidade. (MAYNARD, 2006). A sociedade pós-moderna é o cenário do desenvolvimento de uma nova tecnologia em escala igualmente moderna, que pode causar efeitos em todos os aspectos da vida no planeta.

A nanotecnologia concentra-se no estudo de nanoestruturas ou nanopartículas, que são estruturas extremamente pequenas, com potencial para uma ampla gama de aplicações que podem ter impacto significativo na vida no planeta. Propõe formas de montagens de dispositivos moleculares muito menores que um fio de cabelo, utilizando a manipulação de átomo a átomo, de molécula a molécula, individualmente, um a um, com uma precisão que impressiona, de forma eficiente e rápida o que reduz consideravelmente o custo da produção, já que átomos são abundantes na natureza.

Possui especificidades que dificultam uma conceituação uniforme e definição regulatória. Diante da falta de consenso, inclusive entre organismos internacionais tais quais a *Internacional Organization of Standardization (ISO)*, a *European Commission recommendation for a defition*, *American Chemistry Council (ACC)*, *German Chemical Industry Association (VCI)*, e a norte-americana *Food and Drug Administration (FDA)*, evidencia-se a indefinição e insegurança, resultantes dos diversos conceitos e compreensões intrincadas da nanotecnologia, que decorrem da carência de estrutura regulatória. (ENGELMANN, 2014, p. 339-359).

O *Internacional Risk Governance Council (IRGC)*, (2007) define a nanotecnologia como o campo de estudo que envolve o desenvolvimento e aplicação de materiais, dispositivos e sistemas cujas propriedades e funcionalidades únicas são derivadas de seu tamanho, peso e capacidade de manipulação em escala nanométrica, variando entre 1 e 100 nanômetros. A

definição inclui tanto o estudo dos fenômenos em escala nanométrica quanto o desenvolvimento de materiais, produtos e processos com base nesse conhecimento. O prefixo nano é um indicador de medida, sendo assim, nanotecnologia refere-se à escala de medida e não a objetivos.

O desenvolvimento e os avanços da nanotecnologia repercutem de forma contundente na saúde humana e no meio ambiente, refletindo em searas que vão desde à utilização doméstica, como em bebedouros, ares-condicionados, embalagens de alimentos, até ao emprego nas indústrias de alimentos, cosméticos, biocombustíveis, bélica, aeronáutica, engenharias e medicina, entre muitos outros produtos e seguimentos. (ENGELMANN, 2018, p. 80).

Alguns produtos finais que se convertem da nanotecnologia compreendem agroquímicos, eletrônicos, tecidos que não molham, polímeros tão íntegros quanto o aço e alumínio e produtos cosméticos que são absorvidos pela pele (PISCOPO; KNISS; BIANCOLINO; TEIXEIRA, 2014). Tais exemplos demonstram que a nanotecnologia é capaz de impactar de forma que o homem médio não tenha conhecimento ou não perceba em um primeiro momento, trazendo resultados possivelmente ainda não idealizados.

2.1 O ciclo de vida dos nanomateriais

Tão complexo quanto a definição e caracterização uniforme da nanotecnologia, é determinar com exatidão e apreender cientificamente o ciclo de vida dos nanomateriais, em razão das imprecisões que cercam a matéria e que se ampliam proporcionalmente ao aprofundamento dos estudos e descobertas científicas. Nesse sentido, o foco do estudo encontra-se na gestão de riscos mais adequada para os nanoresíduos. A ausência de uniformidade em conceituar e definir nanomateriais somada à variação de metodologias empregadas revertem-se em volubilidade nos resultados, advindo em uma avaliação de risco que não corresponde ao adequado.

O caminho entre a criação e o descarte já é um problema pensado por muitos cientistas. Na indústria, por exemplo, os estágios do ciclo de vida desde a extração dos nanorecursos, sua produção como matéria-prima, a fabricação do nanoproduto em específico, o transporte, uso e o fim da vida devem ser conectados e abundantemente estudados em relação aos custos e benéficos para os fabricantes, consumidores, meio ambiente e organizações de maneira geral.

Pondera-se que analisar os estágios de vida da extração de recursos, manufaturação da matéria prima, fabricação do nanoproduto, transporte, utilização e destinação está diretamente

relacionado a custos para a indústria. Por outro lado, relaciona-se a benesses para os envolvidos na cadeia de produção, tendo em vista que envolve a compreensão dos impactos sobre a saúde humana e as implicações da liberação de poluentes. Depreende-se que no presente momento é difícil especificar o lapso temporal entre o momento em que o nanoproduto é lançado e o instante em que os resíduos alcançam o meio ambiente. (ENGELMANN, 2018).

Acerca da avaliação do ciclo de vida de nanomateriais, o *International Center for Technology Assessment* (2007, n.p.):

Para a avaliação do ciclo de vida de um nanomaterial – incluindo fabricação, transporte, uso do produto, reciclagem e eliminação dos resíduos - é necessário entender quando se aplicam os estatutos do sistema e onde existem lacunas regulatórias. Os efeitos do ciclo completo sobre o meio ambiente, a saúde e a segurança devem ser avaliados antes da comercialização. Uma vez dissolvidos na natureza, os produtos fabricados com nanomateriais representam uma classe sem precedentes de contaminantes. Novos impactos e danos ambientais podem ser esperados a partir da natureza inovadora dos produtos fabricados com nanomateriais, incluindo a mobilidade e a persistência no solo, água e ar, bioacumulação e interações antecipadas com materiais químicos e biológicos.

Vislumbra-se, a título de exemplo, a dispersão de nanopartículas que escapam pelas chaminés das indústrias e interferem na formação de nuvens e fenômenos atmosféricos, inalação por seres vivos, absorção e acumulação pelo solo, afetando mananciais, lençóis freáticos e animais, inclusive os que compõem a cadeia alimentar dos homens. O ser humano também pode absorver nanopartículas através da utilização de cosméticos, ingestão de alimentos e contato com bens de consumo que se utilizam de nanomateriais manufaturados.

Mostra-se incontestável que somente após a cognição do ciclo de vida dos nanomateriais é possível desenvolver a gestão adequada dos resíduos, mitigando os riscos que envolvem a destinação final. Por esse motivo, a questão do *nanowaste* e da gestão de riscos dos resíduos deve ser também de competência do direito, uma vez que a multidisciplinaridade que envolve a nanotecnologia permite que os estudos científicos se iniciem nos laboratórios, perpassem pela indústria e em seguida ao mercado consumidor para uso e descarte.

3 OS POSSÍVEIS DANOS AMBIENTAIS NANOTECNOLÓGICOS

Considerando a temática do dano ambiental, faz-se oportuno apresentar a concepção de meio ambiente, a qual se fundamenta na compreensão dos elementos naturais: solo, água, ar e recursos biológicos, fundamentais para manutenção de todas as formas de vida e sujeitos às consequências das ações humanas. (BERTOLDI; OLIVEIRA, 2010). Nesse ponto, esclarece-

se que a Lei de Política Nacional do Meio Ambiente compreende o meio ambiente como "o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas." (BRASIL, 1981).

Trata-se de uma temática ampla, abundante e que compreende múltiplos aspectos. Sendo assim, dadas as características multidimensional e multifacetária do meio ambiente, é complexo e laborioso conceituar o dano ambiental. Em sentido lato, é toda lesão a recursos ambientais que aviltam a qualidade de vida.

O conceito pode ser ambivalente, já que se reporta tanto ao dano que atinge o ser humano, que alcança interesses pessoais e justifica a reparação pelo prejuízo patrimônio ou extrapatrimonial, quanto àquele que fere o meio ambiente, comum à coletividade.

Em resumo, não se olvida que a degradação ambiental desrespeita o direito humano ao meio ambiente equilibrado, especialmente por atingir um número indefinível de pessoas e de difícil identificação autoral:

A violação de direitos humanos, causada por degradação ambiental [...] afeta um número indeterminado de pessoas, como se observa, por exemplo, com a contaminação por pesticidas. Enquanto a autoria da violação causada por um agente estatal pode ser determinada com maior facilidade, as violações oriundas da alteração global de elementos comuns da natureza, como a redução da camada de ozônio e mudança climática, podem ser consequência de milhares de microdanos ambientais somados ao longo do tempo por gerações sucessivas e indeterminado número de agente privados. No primeiro caso é fácil identificar o autor e lançar a culpa nas costas do Estado. No segundo, é difícil determinar os autores e a extensão de sua responsabilidade, mesmo porque muitos degradadores do ambiente completaram seu ciclo de vida ou porque, de alguma forma, todos são culpados. (CARVALHO, 2010, p. 138).

Os impactos ambientais resultantes de avanços tecnológicos são frequentemente difíceis de identificar. Essa característica se acentua quando se refere aos impactos resultantes do desenvolvimento nanotecnológica em razão da falta de evidências quanto ao seu potencial de danos. No entanto, essa dificuldade em parte decorre da cultura predominante de considerar toda transição tecnológica como uma evolução que traz possibilidades promissoras, com o fito de atender às aspirações da sociedade por uma melhor qualidade de vida, sem considerar devidamente os potenciais custos associados, que podem ser substanciais.

Hodiernamente, pesquisadores e especialistas sinalizam apreensão acerca da toxicidade das nanopartículas considerando que esses produtos apresentam características distintas das substâncias produzidas anteriormente. Ademais, ressalta-se que esses produtos já estão sendo comercializados em escala global e incorporados na cadeia de consumo humano. Assim, o risco de distribuição desses produtos em diferentes ambientes, como o ar, o solo e a água, e

consequente ameaça aos organismos vivos do planeta é substancial. A disseminação generalizada dessas novas substâncias, frente ao avanço tecnológico exige uma atenção cuidadosa em relação aos efeitos negativos na saúde humana e no meio ambiente.

Avalia-se que falta de compreensão completa dos riscos enfatiza a necessidade de normas e estudos que orientam e mitiguem os potenciais efeitos. Recomenda-se, assim, que nanotecnologia não seja utilizada ou manipulada indiscriminadamente, sem a consideração de pesquisas interdisciplinares que abordem aspectos como toxicidade, epidemiologia, persistência e ocorrência de nanopartículas, fundamentais para garantir uma gestão responsável e sustentável da nanotecnologia, visando minimizar efeitos adversos na saúde humana e no meio ambiente. (QUINA, 2004).

Acreditar que a tecnologia é algo mágico, que resolverá todos os problemas ambientais, é tomar como verdade uma ilusão que conforta. Como uma engrenagem movida incessantemente por forças autônomas e incontroláveis, o sistema econômico paulatinamente destrói as colunas que sustentam a biosfera, provocando desequilíbrios globais. Diante disso, Edson Ferreira de Carvalho (2010, p. 130) lança os seguintes questionamentos:

Será que a tecnologia tem capacidade para resolver todos os problemas ambientais que o homem está criando? Como deterá a exploração econômica irracional dos bens naturais, capaz de promover modificações relevantes na cobertura vegetal do planeta, nos rios e oceanos? Como despoluirá todos os rios contaminados com metais pesados e dejetos de toda espécie? Como ressuscitará as espécies que estão sendo extintas em larga escala e à velocidade nunca antes vivenciada pela humanidade? Como protegerá a espécie humana das mudanças climáticas, causadas pelas excessivas emissões de gases como dióxido de carbono, que promovem o efeito estufa? Como recomporá a cadeia alimentar e a teia da vida numa possível extinção massiva de espécies causadas pelo aquecimento global? Como poderá recompor o buraco da camada de ozônio, que vem aumentando a cada ano? Como poderá resolver o problema do lixo? [...] Como dará conta de recuperar solos erodidos, desertificados e salinizados em todo o planeta? Será que os avanços tecnológicos são capazes de resolver todos esses problemas? Qual será o custo? Onde obter os recursos para isso? Não precisa de muito esforço para constatar que na área da recuperação e da prevenção dos impactos ambientais, os resultados negativos prevalecem em muito sobre os positivos.

A sociedade que degrada seu meio ambiente e explora à exaustão seus recursos naturais, em troca de riqueza transitória, causa muito mais danos que benefícios para a sua população. Entretanto, a esperança para refrear tantos danos reside na mesma sociedade, que caminha no sentido de não mais admitir modelos insustentáveis, que implementam feitos imediatos em detrimento da qualidade de vida das gerações presentes e futuras.

4 DO ESTABELECIMENTO DE PADRÃO MÍNIMO PARA A REGULAMENTAÇÃO DA NANOTECNOLOGIA NO BRASIL COMO SINÔNIMO DO MEIO AMBIENTE EQUILIBRADO

A evolução científica e tecnológica ao longo do tempo cuidou de atender às necessidades e comodidades do homem. Por consequência, criou do mesmo modo a cultura do descarte, conhecida como obsolescência programada. Nesse sentido, Carlos Augusto Alcântara Machado (2017, p. 166) esclarece que “a industrialização e os avanços científicos e tecnológicos ocorridos após a Segunda Guerra Mundial transformaram a sociedade ocidental moderna em uma sociedade de consumo”.

O mundo atravessa uma contenda em que de um lado estão a sociedade civil, lideranças e movimentos sociais, organizados em benefício de uma justiça ambiental, diante da dicotomia do modelo de desenvolvimento moderno; e do outro lado estão o poder capitalista do sistema de mercado globalizado e as grandes corporações, que apoiam financeiramente os setores públicos, levando-os a optar por um padrão de desenvolvimento nada sustentável. (VIEIRA, 2015).

As nanotecnologias estão em desenvolvimento há algumas décadas. Entretanto, em que pese a regulamentação e a padronização serem pontos centrais para o desenvolvimento, as perspectivas globais de regulamentação convergem em instituições não governamentais e internacionais. E nesse aspecto, ainda que as agências governamentais dos Estados Unidos e União Europeia – Estados paradigmáticos em relação a nanotecnologia – possuam substancial representatividade, as redes especializadas na temática são moderadas por comunidades associadas ao setor privado, que influenciam diretamente nas normalizações internacionais.

Por tudo o quanto já exposto, tem-se que o “futuro” das nanotecnologias já se mostra presente e precisa estar em consonância com o ideal de proteção ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. A nanociência já está sendo empregada em processos e procedimentos constantes nas mais diversas searas de produção, é uma realidade crescente e diante da inevitabilidade do uso e do desenvolvimento à revelia do desconhecimento em relação a maioria dos riscos que a aplicação nanotecnológica traz. Porquanto, é preferível o engajamento público à contraposição.

Para criar uma sociedade sustentável diante dos avanços tecnológicos, a questão ambiental deve ser posta em categoria superior às atividades econômicas. Em tempo, a Avaliação Ecológica do Milênio realizada pela Organização das Nações Unidas entre 2001 e 2005 (ONU, 2005) demonstrou que aproximadamente 60% dos ecossistemas examinados

encontram-se em processo de degradação ou manejo insustentável, expondo a imprescindibilidade de mudança do comportamento social e das civilizações em proveito de uma sociedade mundial sustentável.

Com o advento dos objetivos para o desenvolvimento sustentável, previstos na Agenda 2030 da ONU, faz-se necessário que esforços convirjam para o manejo ambientalmente saudável dos produtos químicos e todos os resíduos, incluindo os nanotecnológicos, durante todo o ciclo de vida destes, em consonância com os marcos internacionais acordados, a fim de reduzir significativamente a liberação dos resíduos no meio ambiente e minorar os impactos poluentes e prejudiciais para a saúde humana.

A sustentabilidade ambiental precisa ser considerada ao longo da produção e ciclo de vida desses nanomateriais, e na busca contínua pela sustentabilidade da nanociência e nanotecnologia, inicialmente é imprescindível a segurança das nanos, resultante de pesquisas que se fundam na identificação de riscos, englobando instrumentos de previsão e dispositivos de enfrentamento ao perigo, coadunados aos exames e regulações específicas.

As características intrínsecas da nanotecnologia precisam ser observadas durante toda a cadeia de produção, manipulação, chegada ao consumidor final e descarte. O ciclo de avaliação dos nanomateriais (LCA) é a ferramenta que confere segurança a todo o processo e seus parâmetros devem ser delineados muito antes da comercialização do nanoproduto. (LEAL; ENGELMANN, 2018).

Compartilha do mesmo entendimento o *Internacional Center for Technology Assessment* (2019) ao apontar os princípios que necessariamente devem ser apreciados para o monitoramento da nanotecnologia e nanomateriais, a seguir apresentados:

a) Princípio da precaução: o elemento do risco presente nas nanotecnologias requer ações prévias, conferindo responsabilidades àqueles que exercem atividades possivelmente danosas. Preconiza a observância de alternativas para os processos e atividades, além da promoção da participação pública nos processos de decisão de suas aplicações;

b) Princípio sobre a Regulamentação Mandatória Nanoespecífica: recomenda regime regulatório específico, adaptado ou *sui generis* como parte integral no desenvolvimento nanotecnológico. Considerando que nanomateriais já são comercializados, impele a criação de mecanismos de ponderação e regulamentação governamental;

c) Princípio da proteção da saúde e segurança para o público e trabalhadores: aduz ser essencial para a população e trabalhadores da área que a regulamentação pertinente pugna confira a devida relevância da prevenção a exposição conhecida ou potencial de nanomateriais perigosos ou daqueles que não são comprovadamente seguros, considerando a possibilidade de

nanopartículas penetrar no corpo humano, reagir com células e causar danos aos órgãos e tecidos;

d) Princípio da sustentabilidade ambiental: recomenda que a liberação de nanopartículas no meio ambiente deve ser invariavelmente evitada. O número diminuto de estudos científicos sobre o tema causa inseguranças, porém, restou comprovado por exemplo que a partículas de alumínio em nanoescala adere-se a cinco tipos de grãos e que a fabricação de nanotubos de carbono impactam diretamente no desenvolvimento de crustáceos de pequeno porte.

e) Princípio da transparência: a transparência deve ser assegurada essencialmente para a avaliação e regulação, o que inclui desde a rotulagem e reconhecimento de nanomateriais no ambiente de trabalho, entendimento de leis e medidas de proteção e acesso público e facilitado a informações sobre impactos na saúde;

f) Princípio da participação do público: participação popular significativa é deveras importante no processo de desenvolvimento de uma tecnologia que possui potencial tão transformador quanto a nanotecnologia. A participação da sociedade deve ser ampla, de modo a facilitar a contribuição de todos os interessados e envolvidos;

g) Princípio da inclusão de amplos impactos: preconiza que amplo espectro de impactos relacionados precisa ser considerado, a exemplo das repercussões éticas e sociais, além dos riscos potenciais para a saúde, segurança, meio ambiente e questões socioeconômicas;

h) Princípio da responsabilidade do produtor: o potencial tecnológico das nanotecnologias deu origem a uma série de promessas "milagrosas". A exemplo da indústria do tabaco, a nanoindústria aparenta indiferença em comercializar seus produtos sem um acentuado discernimento da população quanto aos possíveis riscos. Assim, deve ser responsabilizado qualquer um que comercialize, desenvolva ou fabrique nanoprodutos pelos danos que venha a causar.

O cenário global de governança de riscos da nanotecnologia tem-se alicerçado em normas que não contam com o aspecto sancionatório, subdivididas em classes de *soft law*:

I) as "normas públicas" voluntárias, que servem como orientação para melhores práticas científicas e empresariais, programas e guias governamentais voluntários como o Programa e Manejo de Materiais e Nanoescala da EPA (2008); o Esquema de Notificação Voluntária de Nanomateriais Manufaturados dos Departamento de Assuntos Rurais, Ambientais e Alimentos do Reino Unido (UK-DEFRA, 2006); o Código de Conduta da União Europeia para investigação responsável do domínio da nanociência e da nanotecnologia, e, II) as "normas privadas" de autorregulação, guias de melhores práticas elaborados e aplicados pela e na própria empresa para o manuseio seguro de nanomateriais (Código de Conduta em Nanotecnologia da BASF) ou em parceria com as organizações não governamentais (*DuPont & Environment Defense, Nano Risk Framework, 2007*), códigos de conduta estabelecidos em conjunto por diversas partes interessadas, *Multi-Stakeholder Codes of Conduct*

(*Responsible NanoCode*, 2008), padrões e normas técnicas baseadas na expertise científica, tais como ISO, ASTM, CEN, OECD, BSI. (NOLASCO, 2016, p. 253).

Ainda num contexto global, é de grande importância destacar as elaborações de programas voluntários, oriundas da aplicação de medidas de precaução, voltadas às nanotecnologias, que podem servir de esteio para as argumentações que precedem a regulação legislativa, bem como para fundamentar decisões jurídicas e administrativas e deslindar acerca da gestão e regulamentação de riscos, conforme o rol exemplificativo a seguir (NOLASCO, 2016, p. 254-255):

a) Conselho Internacional de Governança, IRGC e o Conselho Internacional em Nanotecnologia, ICON, foram elaborados por organizações não governamentais, voltados a concepção de gestão de riscos;

b) OECD reuniu documentos relacionados a segurança e catalogou as propriedades físico-químicas, descarte ambiental e toxicologia de 14 nanomateriais;

c) UNESCO e Comissão Mundial de Ética do Conhecimento Científico e Tecnológico, COMEST, promoveram debates acerca da aplicabilidade do princípio da precaução, com o fito de edificar um alicerce ético e assegurar a gestão de riscos propícia e transparência de informações públicas quanto ao impacto de novas tecnologias;

d) Comitê Técnico ISO 229, engendrado para elaborar padrões internacionais acerca de terminologia e toxicidade, avaliando, dentre outros, os seguintes aspectos: terminologia e nomenclatura, metrologia e instrumentação, metodologias de testes, modelagem e simulação, segurança, e práticas ambientais;

e) *Global Core Principles of Responsible Care*, do *International Council of Chemical Associations*, ICCA, compilação de condutas criadas por indústrias internacionais;

f) *Guide de bonnes pratiques Nanomatériaux et HSE*, elaborado pela união da *Fédération Française des Sciences de la Chimie* e a *l'Union des Industries Chimiques*;

g) *Code of Conduct for Responsible Nanosciences and Nanotechnologies Research*, indicado pela Comissão das Comunidades Europeias como código voluntário convencionado pela União Europeia. Destina-se ao Estados-Membros, instituições de pesquisa, pesquisadores e a toda comunidade civil que se relacionem com a nanociência.

h) *NanoSafe Framework*, cooperação para pesquisa entre governo e universidades estadunidenses;

i) *British Standards Institution*² e *American Society for Testing and Materials*³.

A União Europeia, especificamente, adota um código de conduta voluntário para o regulamento de registro, avaliação, autorização e registro de produtos químicos, o - *Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals* (REACH), que compõem a *European Agency for Safety and Health at Work*. Baseado no tripé segurança, integração e responsabilidade, perpassa necessariamente pela padronização, procedimento reconhecidamente importante para colaborar com a introdução da nanotecnologia no mercado e dar início a implementação da regulação *hard*. (ALVES, 2014).

O REACH fundamenta-se em três princípios: 1) Princípio da precaução, pelo qual, na ausência da comprovação de segurança, a incerteza deve ser reputada elemento essencial para a decisão; 2) Inversão do ônus da prova, impõe que a segurança de determinada substância química seja comprovada, substituindo o indício de perigo; 3) Princípio da alternativa menos tóxica, determina que substâncias tóxicas sejam imperativamente repostas por opções menos tóxicas existentes ou a serem desenvolvidas. (LEDESMA, 2010).

Paralelamente à regulação em nível europeu, que adota o REACH - *Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals*, certos países da Europa, a exemplo de Bélgica, França e Dinamarca, possuem regulações sobre nanomateriais específicos, no intento de preservar consumidores e meio ambiente das indeterminações relacionadas ao risco e segurança dos nanomateriais. (ALVES, 2014).

Os Estados Unidos também não perfilharam regulamentação específica para a nanotecnologia e utilizam o TSCA - *Toxic Substances Control Act*⁴, comitê que regulamenta substâncias químicas e possuem diretrizes que não tem força de lei. Sobre as diretrizes da União Europeia e Estados Unidos, tem-se que:

Embora os Estados Unidos e a Europa possuam apenas algumas diretrizes, não têm força de lei. No que se refere à Europa, há um Código de Conduta, facultativo aos Estados-Membros, para uma investigação responsável do domínio das nanociências e das nanotecnologias. Quanto ao Brasil, o país não possui nenhuma legislação que discipline a matéria. A própria Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) constata essa lacuna ao afirmar: "A legislação para a nanotecnologia está

² British Standards Institution – BSI, trata-se de organização sem fins lucrativos que presta serviços globais relativos à padronização, avaliação de sistemas e certificações de produtos. Em português, Comitê de Padrões de Engenharia, é reconhecido pelo Reino Unido como organismo nacional de padrões. In ISO. **Internacional Organization for Standardization**. Disponível em: <https://www.iso.org/member/2064.html>. Acesso em: 15 nov. 2019.

³ American Society for Testing and Materials – ASTM, em português: Sociedade Americana de Ensaios e Materiais. Organização sem fins lucrativos que desenvolve padrões técnicos, procedimentos para testes e classificações de materiais. Disponível em: <https://www.astm.org/>. Acesso em: 15 nov. 2019.

⁴ TSCA é a sigla correspondente a *Toxic Substances Control Act*. Lei de Controle de Substâncias Tóxicas relativa a produtos químicas, regulação análoga ao REACH da União Europeia.

passando por uma inflexão, na medida em que deixa de ser voluntária para ser mandatória (legalmente obrigatória). Estados Unidos e Comunidade Europeia estão trabalhando juntos na construção de legislação harmonizadas". (BORGES, 2014, p. 14).

Os organismos e programas delineados, alinhados com o modelo americano e europeu, demonstram uma estrutura regulatória descentralizada. Ademais, as mudanças regulatórias relacionadas à governança da nanotecnologia têm surgido com mais intensidade em jurisdições diversas, em programas alternativos que não sucedem necessariamente os marcos regulatórios formais (BOWMAN, 2008). No entanto, a regulação ocorre paulatinamente mais descentralizada do Estado em razão do avanço autorregulação e dos regimes privados, geradores de regras transnacionais relevantes. Tal modelo de regulação internacional flexível é o mais pertinente para dar início e sistematizar a regulamentação nacional na atual conjuntura brasileira. (NOLASCO, 2016, p. 257).

No Brasil, muito recentemente, foi criado o Comitê Consultivo de Nanotecnologia e Novos Materiais na esfera do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, através do Decreto n. 10.095 de 06 de novembro de 2019. (BRASIL, 2019). Engendrado com fundamento no artigo 84⁵ da Constituição Federal Brasileira, o Decreto estabelece que o Comitê Consultivo é órgão de assessoramento indicado a apresentar propostas relacionadas às nanotecnologias e novos materiais, referente a macro objetivos, áreas prioritárias, alocação de recursos e acompanhamento e avaliação de iniciativas, práticas, programas e projetos.

Compõem o Comitê um representante do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, da Financiadora de Estudos e Projetos- FINEP, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior – CAPES, do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais – CNPEM, do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social- BNDES, e da empresa Petróleo Brasileiro S.A. – Petrobras, quatro especialistas e um suplente de seara da nanotecnologia e novos materiais, e por fim, três representantes de organizações da sociedade civil, entidade de classes ou afins.

Estruturado para ter duração de quatro anos, com realização de reuniões ordinárias anuais ou sempre que convocado pela Secretaria executiva, a constituição do Comitê altera o cenário do país referente à temática. Se por um lado, não preenche a carência legislativa no sistema jurídico brasileiro, por outro representa um grande avanço em direção a elaboração de

⁵ Art. 84. Compete privativamente ao Presidente da República: IV - sancionar, promulgar e fazer publicar as leis, bem como expedir decretos e regulamentos para sua fiel execução. a) organização e funcionamento da administração federal, quando não implicar aumento de despesa nem criação ou extinção de órgãos públicos; [...]

um marco regulatório, tão necessário e aguardado para o desenvolvimento das nanotecnologias, na expectativa de que corresponda aos ideais de sustentabilidade, segurança e manutenção de meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Além da padronização, item de patente importância para a regulamentação das nanotecnologias, no Brasil, Europa, ou em nível global, ferramentas precisam ser desenvolvidas através de pesquisas científicas suficientes para que sejam ultrapassadas as questões referentes aos riscos nanotecnológicos, mormente no que tange ao meio ambiente, para somente assim, ser dada continuidade aos esforços empreendidos na introdução mais ampla no comércio e prosseguimento ao desenvolvimento da nanotecnologia.

Hoje, existem equipamentos portáteis capazes de realizar a medição em pequena escala e monitoramento da presença de nanopartículas em ambientes restritos, tais como laboratório, instalações industriais, construção etc. Nesse sentido, a questão funda-se na falta de evidência da quantidade ou volume de nanopartículas são aceitáveis ou são danosas, quanto da bioacumulação pode ser suportada pelo ser humano e meio ambiente. Outra questão levantada é: uma vez aferida no meio ambiente a presença de nanopartículas, qual o procedimento a ser adotado para a "limpeza" ou restauração do meio ambiente ecologicamente equilibrado? Em que ponto o meio ambiente é considerado afetado pela dispersão de nanopartículas invisíveis? São questões a que se esperam respostas científicas, de forma clara e amplamente difundida a todos que podem ser afetados pelos riscos das nanotecnologias.

Caminhar no mesmo sentido do desenvolvimento é a opção mais adequada, ao passo em que é preciso “acompanhar democraticamente a avaliação dos impactos sociais, ambientais e jurídicos” (LEAL; ENGELMANN, 2018, p. 44), em diligência pela aplicação do princípio da precaução, aspirando atenuar os efeitos negativos que se seguem fatalmente a qualquer revolução tecnológica.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A nanotecnologia é uma ciência transdisciplinar e complexa, permitindo a criação de produtos e materiais com propriedades e funcionalidades inéditas, com potencial de aplicação em uma ampla gama de setores, incluindo indústria, medicina, eletrônica e energia, entre outros. Possibilita ainda a manipulação de átomos e emitir em escalas nanométricas, que são apenas observáveis por meio dos microscópios mais avançados disponíveis.

Nanopartículas possuem dimensões inferiores a um centésimo de bilionésimo de metro, o que as sujeita a leis físicas distintas das aplicadas em escalas mais convencionais pela ciência.

Em razão de especificidades há a expectativa de que as nanopartículas possuam potencial de toxicidade mais elevado em comparação a uma partícula de dimensões consideradas normais, inquietando desde pesquisadores a consumidores, especialmente no que se refere ao meio ambiente.

A nanotecnologia evolui mais rapidamente do que leis que pudessem regulá-la. Ainda assim, considerando os potenciais ameaças impactantes no meio ambiente, a cautela propende a superar o risco. Para que a precaução não carregue consigo o pressuposto de dificultar o progresso das novas tecnologias, tal qual a nanotecnologia, propõem-se a criação de arcabouço normativo capaz de regular o desenvolvimento e emprego nanotecnológico, ao passo em que tenha destreza necessária para evitar danos ambientais, suplantar riscos e fornecer respostas adequadas às demandas nanotecnológicas.

Não restam dúvidas quanto as aplicações nanotecnológicas que beneficiam a sociedade e meio ambiente. Em contrapartida, paralelamente às benesses, é indubitável que estudos e pareceres devem ser incessantes na busca por soluções e possibilidades de mitigar os potenciais os riscos ao meio ambiente e à saúde.

Destaca-se que a avaliação do ciclo de vida do nanomaterial, compreendido desde a fabricação, transporte, comércio, uso, descarte pelo consumidor e disposição do *nanowaste* é de grande importância, uma vez que quando eliminados na natureza, representam uma contaminação ainda sem precedentes.

Com base na premissa de que ausente informações acerca de saúde e risco, incluindo-se o risco ambiental, não há mercado, apresenta-se a pertinente avaliação de nanomateriais e nanoprodutos, previamente estabelecida em um ciclo alinhado em nível nacional ou até mesmo global, e adotado muito anteriormente a comercialização do produto.

Fato é que hodiernamente a comunidade científica não é capaz de antever os riscos, o grau de danosidade ou toxicidade de nanomateriais, nem mesmo o procedimento ideal para reverter eventuais danos, especificamente em razão do tamanho das partículas, das propriedades físicas, químicas e biológicas, mobilidade e reatividade que atribuem à nanotecnologia seu potencial inovador e ao mesmo tempo destrutivo.

No que se refere ao dano ambiental decorrente da nanotecnologia, percebe-se que é imprescindível a observância de uma estratégia legal transdisciplinar, com a conjugação de diferentes campos do conhecimento científico (biologia, química, física, engenharias, ética, direito) que possa conjugar normas e princípios que se adequem às demandas consequentes, considerando que ainda que houvesse uma legislação específica sobre o tema, dificilmente ela abarcaria todos os possíveis danos.

Portanto, a legislação que compõe o sistema jurídico brasileiro responsável por resguardar a questão ambiental nas esferas civil, penal e administrativa, são instrumentos que devem ser aplicados na presente conjuntura de progresso tecnológico, servindo de fundamento na busca pela elaboração de leis que regulem especificamente a matéria. Nesse sentido, além dos Tratados e Convenções Internacionais, o arcabouço jurídico brasileiro conta, em ordem cronológica, com a Lei n. 6.938/81, Lei da Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA; Lei n. 7.347/85, Lei da Ação Civil Pública por danos ambientais; a Constituição Federal de 1988; e Lei 9.605/98, Lei de Crimes Ambientais.

REFERÊNCIAS

ALVES, Osvaldo Luiz. Nanosafe: uma ampla janela para discussão dos riscos das nanotecnologias. In 4th International Conference on Safe Production and Use of Nanomaterials. **Revista Fapesp**, 2014. Disponível em: http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news_cit/lqes_news_2014/lqes_news_novidades_1885.html. Acesso em: 10 out. 2019.

BERTOLDI, Marcia Rodrigues; OLIVEIRA, Liziane Paixão Silva. **O meio ambiente no direito internacional**. Fortaleza: CONPEDI, 2010. Disponível em: <http://www.publicadireito.com.br/conpedi/manaus/arquivos/anais/fortaleza/3115.pdf>. Acesso em: 21 set. 2019.

BORGES, Isabel Cristina; GOMES, Taís Ferraz; ENGELMANN, Wilson. **Responsabilidade Civil e Nanotecnologias**. São Paulo: Atlas, 2014.

BOWMAN, D. M. **Governing Nanotechnologies: Weaving New Regulatory Webs or Patching Up the Old?** Nanoethics, 2008.

BRASIL, **Lei n. 6.938 de 31 de agosto de 1981**. Lei da Política Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm. Acesso em: 29 maio 2019.

BRASIL, Presidência da República. **Decreto n. 10.095 de novembro de 2019**. Dispõe sobre o Comitê Consultivo de Nanotecnologia e Novos Materiais no âmbito do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Disponível em: https://www.plenum.com.br/boletins/detalhes/54254?utm_source=Nitronews+E-mail+Marketing&utm_campaign=Boletim+Informativo+da+Editora+Plenum&utm_medium=email. Acesso em: 10 nov. 2019.

CARVALHO, Edson Ferreira. **Meio Ambiente e Direitos Humanos**. Curitiba: Juruá, 2010.

ENGELMANN, Wilson; HOHENDORFF, Raquel Von. Seriam incertezas quanto aos riscos das nanotecnologias e o desenvolvimento sustentável compatíveis? In **Propriedade Intelectual e Gestão da Inovação**: Entre invenção e inovação. (Org.) Salete Oro Boff;

Vinicius Borges Fortes; Andre Frandoloso Menegozzo; Gabriel Zanatta Tochetto. Editora Deviant: Passo Fundo, 2018.

INTERNATIONAL CENTER FOR TECHNOLOGY ASSESSMENT. **Princípios para a supervisão de nanotecnologias e nanomateriais.** Traduzido por Secretaria Regional Latino-Americana da União Internacional dos Trabalhadores na Alimentação, Agricultura, Hotelaria, Restaurantes, Tabaco e Afins (Rel-UITA).

INTERNATIONAL CENTER FOR TECHNOLOGY ASSESSMENT. **Princípios para a supervisão de nanotecnologias e nanomateriais.** Traduzido por Secretaria Regional Latino-Americana da União Internacional dos Trabalhadores na Alimentação, Agricultura, Hotelaria, Restaurantes, Tabaco e Afins (Rel-UITA). Washington: Nanoaction: International Center for Technology Assessment, jan. 2007. Disponível em: https://www.centerforfoodsafety.org/files/120132_icta_portugese_lo-rez_81903_82038.pdf. Acesso em: 19 maio 2019.

IRGC. Internacional Risk Governance Council. **Nanotechnology Risk Governance: Recommendations for a Global, Transdisciplinary Approach.** 2007. Disponível em: https://www.irgc.org/wp-content/uploads/2012/04/IRGC_Nanotechnology_Report_2012.pdf. Acesso em 02 fev. 2022.

ISO. **Internacional Organization for Standardization.** Disponível em: <https://www.iso.org/member/2064.html>. Acesso em: 15 nov. 2019.

LEAL, Daniele Weber S.; ENGELMANN, Wilson. **A autorregulação da destinação final dos resíduos nanotecnológicos (nanowaste):** o Pluralismo Jurídico entre a gestão dos riscos e os protocolos da OECD. Editora Karywa: São Leopoldo, 2018.

LEDESMA, Ana Rusmerg Giménez. **Metrologia, normalização e regulação de nanomaterial no Brasil:** proposição de um modelo analítico-prospectivo. Dissertação de Mestrado em em Metrologia. PUC-Rio: Rio de Janeiro, 2010.

MACHADO, Carlos Augusto Alcântara. Considerações sobre a tutela do meio ambiente na Constituição do Brasil de 1988 e no constitucionalismo latino-americano. In: Adriana Cosseddu; Maria Giovanna Rigatelli. (Org.). **Ambiente e Diritti tra responsabilità e partecipazione.** 1ed.Catena (RM) - Itália: Aracne Editrice, 2017.

MAYNARD, A.D. **Nanotechnology: A Research Strategy for Addressing Risk.** Project on Emerging Nanotechnologies. Woodrow Wilson International Center for Scholars. Washington, DC., 2006. Disponível em: http://www.nanotechproject.org/file_download/files/PEN3_Risk.pdf. Acesso em: 15 maio 2019.

NOLASCO, Loreci Gottschalk. **Regulamentação Jurídica da nanotecnologia.** Tese. UFG: 2016.

ONU, Organização das Nações Unidas. **Avaliação Ecológica do Milênio.** 2005. Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.446.aspx.pdf>. Acesso em: 23 maio 2019.

PISCOPO, M. R; KNISS, T. Cláudia; BIANCOLINO, César A.; TEIXEIRA, Cláudia E. O setor brasileiro de nanotecnologia: Oportunidades e desafios. In **Revista de Negócios**, v. 19, 2014, n. 4, 11 de nov. 2014.

QUINA, Frank H. Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e riscos. **Química Nova**. São Paulo, v.27, n.6, p.1028-29, 2004, p. 1028. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v27n6/22297.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2019.

UNESP. Unesp Ciência. **Riscos à saúde humana, segurança ocupacional e ambiental da nanotecnologia**. 2019. Disponível em: <http://unespciencia.com.br/2016/03/01/nanomateriais/>. Acesso em: 11 nov. 2019.

VIEIRA, Ricardo Stanziola. Justiça Ambiental e a Violação dos Direitos Humanos Socioambientais: desafios da sustentabilidade na era do desenvolvimento. In **Constitucionalismo Ambiental e Sustentabilidade**. Maria Cláudia da Silva Antunes de Souza e Ricardo Stanziola Vieira (Orgs). Itajaí: UNIVALI, 2015. p. 60-80. Disponível em: <https://www.univali.br/vida-no-campus/editora-univali/e-books/Documents/ecjs/E-book%202015%20CONSTITUCIONALISMO%20AMBIENTAL%20E%20SUSTENTABILIDADE.pdf>. Acesso em: 21 maio 2019.