

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE DIREITO
ESPECIALIZAÇÃO EM DIREITO AMBIENTAL NACIONAL E INTERNACIONAL

Polyana Goelzer Bopp

NANOTECNOLOGIAS E SUA POSSÍVEL REGULAMENTAÇÃO FACE AO
PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO, PROTEÇÃO DA SAÚDE HUMANA E MEIO
AMBIENTE NATURAL

Porto Alegre
2017

POLYANA GOELZER BOPP

**NANOTECNOLOGIAS E SUA POSSÍVEL REGULAMENTAÇÃO FACE AO
PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO, PROTEÇÃO DA SAÚDE HUMANA E MEIO
AMBIENTE NATURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como pré-requisito para
obtenção do título de Especialista em
Direito Ambiental Nacional e Internacional
da Faculdade de Direito da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Me. Henderson Fiirst de
Oliveira

Porto Alegre
2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para minha evolução ao longo deste precioso e árduo caminho que é a vida e que me auxiliaram a cumprir mais esta etapa, pois nada aqui se faz sozinho, tudo é em comunhão.

Agradecimentos especiais para:

Minha mãe, um ser precioso. E, apesar da distância que existe entre nós, sem sua existência eu não cumpriria minha missão;

À Dra. Tatiana Elizabeth Michel Scalabrin Di Lorenzo, mais que uma chefe, uma pessoa abençoada que me ajudou a crescer muito neste último ano e que me deu todo o apoio possível para eu realizar a presente especialização;

Ao orientador e amigo Henderson Fiirst de Oliveira que aceitou de pronto o convite de orientação, me amparando em todos os momentos duvidosos da pesquisa e, através de suas ternas palavras, me deu forças para almejar a consecução deste trabalho;

Ao colega e amigo Jorge Feijó Vergilino que sempre me estendeu a sua mão, sendo paciente e compreensivo durante minhas ausências para assistir as aulas da especialização e redigir o presente trabalho. Salve Jorge, gratidão;

Ao Dr. Amadeo Henrique Ramella Buttelli que me encoraja a crescer intelectualmente e que é uma pessoa de exímio caráter, do qual tenho muita honra de conhecer;

Ao amigo Diego Pretto que me auxiliou, através de seus conselhos e motivação, a ultrapassar os obstáculos que surgiram na elaboração deste trabalho;

À querida Kácris Idianês Matos da Silva que, através de diálogos, auxiliou-me, de pronto, a desmistificar muitos entendimentos sobre o objeto de pesquisa e contribuiu de singular forma para a sua conclusão;

Às minhas Lolas, Lígia Saraiva Soares e Geórgia Dorigon, seres iluminados que fazem parte do meu dia-a-dia. Tenho que não é possível viver sem elas, eis que são fonte para a superação dos meus desafios, contribuindo para que eu seja o melhor que eu possa ser. Amo vocês;

Ao Pedro Konzen Capra e Victória Cesa Venturella, meus lindos *roommates* e amigos, que aturaram minhas crises intelectuais, ou não, durante a elaboração deste trabalho e que cotidianamente tornam-me leve e alegre. Adoro vocês;

Ao amigo Thyago Martins Zagonel que sempre me ajudou nos apuros informáticos;

À toda equipe do voluntariado do Instituto do Câncer Infantil, do segundo sábado da recreação do Hospital Conceição, que compreenderam com muito amor e solidariedade a minha ausência nestes últimos dois meses. Obrigada pela empatia, vocês são muito importantes para mim;

Aos respectivos colegas da especialização que no decorrer do tempo tornaram-se amigos, dividindo momentos singulares neste último ano: Eliana Medeiros Ferreira da Silva Gallo, Miriam Magali Gomez Salinas, Gabriela Ribeiro de Souza, Filipe Masiero, Matheus Vaz, Sabrina de Oliveira Fernandes, Karla Garcia Backes e, a todos os outros colegas de aula que, através dos incessantes diálogos, contribuíram para o aprimoramento da minha formação.

RESUMO

O presente trabalho monográfico teve por objetivo examinar multidisciplinarmente a viabilidade de regulamentação das nanotecnologias, amparada sob o cenário do princípio da precaução, proteção da saúde humana e meio ambiente natural. A metodologia empregada foi análise bibliográfica nacional e internacional sobre as temáticas postas à análise, cruzando referências literárias das ciências humanas, exatas e biológicas. São tecidas, em um primeiro momento, breves considerações sobre o princípio da precaução na história mundial, definindo sua importância no controle dos riscos que novas tecnologias possam vir a causar no meio ambiente natural. Ainda, realiza um apanhado sobre o impacto ambiental no uso de novas tecnologias e incertezas científicas, perquirindo a importância da proteção do meio ambiente e da saúde humana no viés do tema debatido. Secundariamente, a pesquisa analisa historicamente o surgimento e desenvolvimento das nanotecnologias, trazendo os conceitos de nanotoxicologia, nanopoluição e nanotecnologias verdes, a fim de demonstrar a importância e complexidade do tema. A pesquisa infere que o avanço técnico-científico das nanotecnologias, pode ser um verdadeiro aliado ao desenvolvimento sustentável do meio ambiente, bem como da proteção da saúde humana, quando utiliza-se a síntese verde no processamento dos nanomateriais. De outro norte, a manipulação de cada tipo específico de nanopartícula exige do profissional adequado, atenção no seu manejo e testes específicos, como o toxicológico, a fim de demonstrar sua estabilidade e segurança, para somente após todas as etapas, a nanotecnologia ser disponibilizada ao consumidor final. Por derradeiro, cuida da compatibilização das nanotecnologias no meio ambiente sob o prisma da possibilidade de uma regulamentação. Nesse norte, relaciona o modo como ocorre, hodiernamente, a regulamentação ou autorregulação das nanotecnologias na União Européia, Estados Unidos da América, Canadá e Brasil. Conclui, em apertada síntese, que é crescente o número de grupos de pesquisa e laboratórios especializados em estudar nanotecnologias, que acabam por seguir regras de controle próprias ou de órgãos específicos, criados pelo Estado ou não. Depreende que em determinados casos, como no descarte das nanopartículas e segurança do pesquisador, a regulamentação estatal é obrigatória, a fim de zelar pelos princípios fundamentais da Magna Carta e Direito Ambiental. Contudo, no que tange aos quesitos de segurança de cada nanopartícula empregada na confecção das mais diversas nanotecnologias existentes, deveria existir um órgão especializado no controle das empresas que lidam com esta ciência, como se dá na União Européia. Através deste controle, a literatura demonstrou que este seria o meio eficaz na efetiva avaliação dos perigos expostos ao meio ambiente e saúde humana, com a redução e gerenciamento dos riscos, e acabaria por não tolher o desenvolvimento científico, mas compatibilizando-o com a sustentabilidade do meio ambiente para as atuais e futuras gerações.

Palavras-chave: Princípio da Precaução. Meio Ambiente. Saúde. Nanotecnologias. Regulamentação.

ABSTRACT

The present monographic work had as objective to examine multidisciplinary the feasibility of regulating nanotechnologies, based on the precautionary principle, the protection of human health and the natural environment. The methodology used was national and international bibliographical analysis on the topics put to the analysis, crossing literary references of the human sciences, exact and biological. At first, brief considerations on the precautionary principle in world history are defined, defining its importance in controlling the risks that new technologies may cause in the natural environment. Also, it carries out a survey on the environmental impact in the use of new technologies and scientific uncertainties, investigating the importance of the protection of the environment and human health in the bias of the subject discussed. Secondly, the research historically analyzes the emergence and development of nanotechnologies, bringing the concepts of nanotoxicology, nanoproduction and green nanotechnologies, in order to demonstrate the importance and complexity of the topic. The research infers that the technical-scientific advancement of nanotechnologies can be a true ally to the sustainable development of the environment, as well as the protection of human health, when using the green synthesis in the processing of nanomaterials. From another north, the manipulation of each specific type of nanoparticle requires the appropriate professional, attention in your handling and specific tests, such as toxicological, in order to demonstrate your stability and safety, so that after all the steps, nanotechnology will be made available to the final customer. Lastly, it takes care of the compatibility of the nanotechnologies in the environment under the prism of the possibility of a regulation. In the north, it relates how the regulation or self-regulation of nanotechnologies in the European Union, the United States of America, Canada and Brazil occurs nowadays. It concludes, in a very brief summary, that the number of research groups and laboratories specializing in nanotechnologies is increasing, and they end up following their own control rules or specific organs, created by the State or not. It appears that in certain cases, such as the disposal of nanoparticles and the safety of the researcher, state regulation is mandatory in order to ensure the fundamental principles of Magna Letter and Environmental Law. However, with regard to the safety requirements of each nanoparticle used in the preparation of the most diverse nanotechnologies, there should be a specialized organ to control the companies that deal with this science, as it happens in the European Union. Through this control, the literature demonstrated that this would be the effective means in the effective evaluation of the dangers exposed to the environment and human health, with the reduction and management of the risks, and would end up not to hinder the scientific development, but compatible it with the sustainability of the environment for the present and future generations.

Key-Words: Precautionary Principle. Environment. Health. Nanotechnologies. Regulation.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	07
2	PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO, INOVAÇÕES CIENTÍFICAS, PROTEÇÃO DO MEIO AMBIENTE E DA SAÚDE HUMANA	09
2.1	ALGUNS REFERENCIAIS HISTÓRICOS DO PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO.....	09
2.2	SOBRE NOVAS TECNOLOGIAS E INCERTEZA CIENTÍFICA.....	16
2.3	DA PROTEÇÃO DA SAÚDE HUMANA E DO MEIO AMBIENTE SOB O VIÉS DA CONSTITUIÇÃO FEDERATIVA DO BRASIL.....	20
3	AS TECNOLOGIAS NANO NA CONTEMPORANEIDADE	26
3.1	SOBRE O DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DAS TECNOLOGIAS NANO.....	26
3.2	DOS IMPACTOS DA NANOTOXICOLOGIA E NANOPOLUIÇÃO.....	32
3.3	NANOTECNOLOGIAS VERDES.....	42
4.	DA COMPATIBILIZAÇÃO DAS NANOTECNOLOGIAS NO MEIO AMBIENTE	51
4.1	DA REGULAMENTAÇÃO DAS NANOTECNOLOGIAS.....	51
4.1.1	União Européia	51
4.1.2	Estado Unidos da América	54
4.1.3	Canadá	57
4.1.4	Brasil	59
4.1.5	É necessária a regulamentação das nanotecnologias?	61
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
	REFERÊNCIAS	70

1 INTRODUÇÃO

Com o decorrer dos anos, houve um brusco avanço no desenvolvimento das nanotecnologias. A possibilidade de gerar produtos, nas demasiadas áreas de consumo, a partir da manipulação de nanopartículas, fez surgir dilemas socioambientais e jurídicos difíceis de serem solucionados. A transformação de uma partícula em escala nanométrica, apresenta propriedades físico-químicas totalmente distintas do elemento inicial na escala macro. Esse processo, gera incertezas quando da sua interação com o meio ambiente e no corpo humano.

É crescente mundialmente as pesquisas em nanotecnologia. Por um lado, tem-se fatores positivos dessa inovação para a sustentabilidade do meio ambiente, bem como qualidade de vida. Entretanto, por outro viés emergem discussões acerca dos seus riscos, desde aspectos que envolvem a segurança do cientista que irá manusear a nanopartícula, seu descarte no meio ambiente e dos possíveis efeitos toxicológicos do produtos nanotecnológicos dispostos ao consumidor final.

A partir dessa inovação tecnológica, e com respaldo no princípio da precaução, da proteção ambiental e saúde humana, diversas indagações na área jurídica emergiram. Hodiernamente, é escasso os meios literários, bem como de informação, a fim de compreender como se dá a autorregulação ou regulação estabelecida pelas empresas que pesquisam nanotecnologia. Nesse ínterim, questiona-se: seria possível uma regulamentação estatal das nanotecnologias, a fim de permitir uma garantia do usuário e sustentabilidade do meio ambiente, sem frear seu desenvolvimento velozmente mutável? O direito é capaz de regulamentar uma ciência complexa e em crescente desdobramentos?

No presente cenário, deparam-se assuntos multidisciplinares, que envolvem tal tema para a busca do diálogo entre ciência e norma. O direito não pode frear o desenvolvimento tecnológico, contudo as inovações devem ter limites, a fim de garantir a sustentabilidade do meio ambiente das atuais e futuras gerações, bem como primar pela saúde e segurança de todos os envolvidos. Isto

é, a combinação de diferentes áreas do conhecimento, em convergência para uma inovação tecnológica em prol de um meio ambiente equilibrado é a fonte de restauração de todo um sistema até então conhecido.

Surge, então, a relevância da temática posta à análise: uma questão interdisciplinar que busca a ponderação de princípios, aliado ao desenvolvimento técnico-científico e compreensão do mesmo, para uma efetiva possibilidade, ou não, do direito emergir em uma ciência contemporânea e ainda em fase de especulações e em progressiva transmutação. Busca-se desenvolver um estudo voltado à sistematização de um posicionamento socioambiental e jurídico sobre tal problemática.

2 PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO, INOVAÇÕES CIENTÍFICAS, PROTEÇÃO DO MEIO AMBIENTE E DA SAÚDE HUMANA

2.1 ALGUNS REFERENCIAIS HISTÓRICOS DO PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO

Observa-se na doutrina que muitos autores discorrem que o princípio da prevenção seria sinônimo do princípio da precaução ou enfatizando que este último seria uma forma de expressão do princípio da prevenção. Entretanto, "a aplicação do princípio da precaução refere-se 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 produzida e lançada no meio ambiente".¹

Por outro viés, o princípio da prevenção, significaria o agir antecipadamente, eis que o risco aqui seria conhecido, bem como haveria certeza científica sobre a conduta a ser tomada frente a uma política, programa ou atuação, envolvendo questões de ordem ambiental.² Ele implicaria na tomada de decisões antes da ocorrência de qualquer tipo de dano concreto, cujas causas já seriam conhecidas e, teria como objetivo evitar a ocorrência de novos danos ou diminuir seus efeitos perante o meio ambiente.³

Nos dizeres de Milaré e Setzer, que colacionam as lições de Hammerschmidt, o princípio da precaução apresenta dois pressupostos:

a possibilidade de que condutas humanas causem danos coletivos vinculados a situações catastróficas que podem afetar o conjunto de seres vivos - por uma parte - e a falta de evidência científica (incerteza) a respeito da existência do dano temido - por outra. Incerteza não

¹ FILHO, Airton Guilherme Berger. Nanotecnologia e direito: entre a inovação e a prudência. **Biblioteca Digital Fórum de Direito Público**, Belo Horizonte, Editora Fórum, ano 12, nov-dez. 2010. Disponível em:

<http://bidforum.com.br/web/viewer.html?file=http%3a%2f%2fbidforum.com.br%2fbidBiblioteca_periodico_pdf.aspx%3fi%3d70918%26p%3d16>. Acesso em: 01 jun. 2017.

² OLIVEIRA, Fabiano Melo Gonçalves de. **Manual de Direito Ambiental**. Rio de Janeiro: Forense; São Paulo: MÉTODO, 2014, p. 104-107.

³ CANOTILHO, José Joaquim Gomes. Direito constitucional ambiental português e da União Européia. In: CANOTILHO, José Joaquim Gomes; LEITE, José Rubens Morato. **Direito constitucional ambiental brasileiro**. São Paulo: Saraiva, 2007.

somente na relação de causalidade entre o ato e suas consequências, mas quanto à realidade do dano, a medida do risco ou do dano.⁴

Ou seja, a literatura traz duas formas de aplicação do princípio da precaução:

Identifica a abordagem fraca com a possibilidade de, em face da possibilidade de efeitos danosos, exigir ações para o controle de emissões de certas substâncias mesmo antes do estabelecimento de um nexos de causalidade, que apresente absoluta certeza científica. Por outro lado, ainda de acordo com o autor a concepção forte do princípio da precaução exige que nenhuma substância seja liberada sem que antes seja provado que não será perigosa para o meio ambiente.⁵

Historicamente, uma das primeiras referências internacionais do princípio da precaução, encontra-se na Carta Mundial da Natureza (1982), documento da Assembleia Geral das Nações Unidas que, no seu Princípio 11, b, previu o controle de atividades cujos efeitos adversos não fossem completamente conhecidos:

11. Atividades que podem ter um impacto sobre a natureza deve ser controlada, e as melhores tecnologias disponíveis que minimizam riscos significativos para a natureza ou outros efeitos adversos devem ser utilizados, em particular:

(...)

(B) as atividades que possam representar um risco significativo para a natureza devem ser precedidas de uma análise exaustiva, seus proponentes devem demonstrar que os benefícios esperados superam possíveis danos à natureza, e onde os potenciais efeitos adversos não são completamente compreendidos, as atividades não deve prosseguir;⁶ (negritou-se)

A Conferência Internacional sobre Proteção do Mar do Norte (1984), refletiu sobre a conscientização de que não se deve esperar provas de efeitos prejudiciais à natureza para então o Estado agir. Em 1987, a mesma Conferência, trouxe "a adoção de medidas de controle de emissões de

⁴ HAMMERSCHMIDT, Denise. Risco na sociedade contemporânea e o princípio da precaução no direito ambiental. *Revista de Direito Ambiental*, n. 31, jul-set. 2003. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2003, p. 145 *apud* MILARÉ, Édis; SETZER, Joana. Aplicação do princípio da precaução em áreas de incerteza científica. *Revista de Direito Ambiental*, v. 41/2006, jan-mar. 2006, p. 7-25.

⁵ ROCHA, João Carlos de Carvalho. **Direito Ambiental e transgênicos**: princípios fundamentais da biossegurança. Belo Horizonte: Del Rey, 2008, p. 192.

⁶ CARTA MUNDIAL PARA A NATUREZA. **Governo do Paraná**. Disponível em: <http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/agenda21/Carta_Mundial_para_Natureza.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2017.

substâncias perigosas antes de estar formalmente estabelecido umnexo causal de natureza científica".⁷ Já, em 1990, "estabeleceu que os governos signatários deveriam aplicar o princípio da precaução, ou seja, tomar medidas para evitar impactos potencialmente prejudiciais ao meio ambiente marítimo, mesmo diante da inexistência de prova científica do nexode causalidade entre as emissões e os efeitos".⁸

Ulteriormente, durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e Desenvolvimento (1992), conhecida, igualmente, por ECO-92 ou Declaração do Rio⁹, a definição do presente princípio foi firmada e aplicada de forma mais abrangente, nos mais diversos países.¹⁰

O Princípio 15 da Declaração do Rio¹¹ previu o princípio da precaução, ao referir que "quando houver ameaça de danos graves ou irreversíveis, a ausência de certeza científica absoluta não será utilizada como razão para o adiamento de medidas economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental".¹² Ou seja, é um princípio que encontra-se ligado às incertezas científicas.

Nesse norte, Melo ainda assinala o seguinte:

No princípio da precaução o que se configura é a ausência de informação ou pesquisas científicas conclusivas sobre a potencialidade e os efeitos de determinada intervenção no meio ambiente e na saúde humana. Atua como um mecanismo de gerenciamento de riscos ambientais, notadamente para as atividades e empreendimentos

⁷ MILARÉ, Édís; SETZER, Joana. Aplicação do princípio da precaução em áreas de incerteza científica. **Revista de Direito Ambiental**, v. 41/2006, jan-mar. 2006, p. 7-25.

⁸ MILARÉ, Édís; SETZER, Joana. Aplicação do princípio da precaução em áreas de incerteza científica. **Revista de Direito Ambiental**, v. 41/2006, jan-mar. 2006, p. 7-25.

⁹ O Brasil ratificou sua adesão ao Princípio da Precaução, ao assinar a Declaração do Rio, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (RIO 92) e a Carta da Terra, no Fórum Rio +5.

¹⁰ MILARÉ, Édís; SETZER, Joana. Aplicação do princípio da precaução em áreas de incerteza científica. **Revista de Direito Ambiental**, v. 41/2006, jan-mar. 2006, p. 7-25.

¹¹ "Com o fim de proteger o meio ambiente, o princípio da precaução deverá ser amplamente observado pelos Estados, de acordo com suas capacidades. Quando houver ameaça de danos graves ou irreversíveis, a ausência de certeza científica absoluta não será utilizada como razão para o adiamento de medidas economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental." (DECLARAÇÃO do Rio sobre meio ambiente e desenvolvimento. **Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/rio92.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2017.)

¹² OLIVEIRA, Fabiano Melo Gonçalves de. **Manual de Direito Ambiental**. Rio de Janeiro: Forense; São Paulo: MÉTODO, 2014, p. 105.

marcados pela ausência de estudos e pesquisas objetivas sobre as consequências para o meio ambiente e a saúde humana.¹³

Não trata-se de bloquear o desenvolvimento científico e tecnológico, por meio do presente princípio, mas atentar "aos efeitos dos riscos hipotéticos, adotando uma nova forma de gestão da incerteza",¹⁴ fazendo com que o foco desse desenvolvimento seja em prol da humanidade e do meio ambiente e não contra os mesmos.

Ainda, sobre a Declaração do Rio, o Supremo Tribunal Federal salientou, na Repercussão Geral no Recurso Extraordinário com Agravo 737.977 (São Paulo), que o princípio da precaução é considerado princípio fundamental de direito internacional ambiental, referindo que "os povos devem estabelecer mecanismos de combate preventivos às ações que ameaçam a utilização sustentável dos ecossistemas, biodiversidade e florestas", eis que direitos de quarta geração asseguram a todos um meio ambiente saudável e equilibrado.¹⁵

Em 1998, a Declaração de Wingspread, a partir de uma reunião interdisciplinar, igualmente trouxe a necessidade da aplicação do princípio da precaução internacionalmente:

Al darnos cuenta de que las actividades humana pueden involucrar riesgos, todos debemos proceder en una forma más cuidadosa que la que ha sido habitual en el asado reciente. Las empresas, los organismos gubernamentales, las organizaciones privadas, las comunidades locales, los científicos y otras personas deben adoptar un enfoque precautorio frente a todas las iniciativas humanas. Por lo tanto, es necesario aplicar el principio de precaución: cuando una actividad amenace con daños para la salud humana o el medio ambiente, deben tomarse medidas precautorias aun cuando no haya sido científicamente determinada en su totalidad la posible relación de causa y efecto. En este contexto, a quien propone una actividad le corresponde la carga de la prueba, y no a la gente. **El proceso de**

¹³ OLIVEIRA, Fabiano Melo Gonçalves de. **Manual de Direito Ambiental**. Rio de Janeiro: Forense; São Paulo: MÉTODO, 2014, p. 105.

¹⁴ ENGELMANN, Wilson; MACHADO, Viviane Saraiva. Do princípio da precaução à precaução como princípio - construindo as bases para as nanotecnologias compatíveis com o meio ambiente. **Revista de Direito Ambiental**, v. 69/2013, jan-mar. 2013, p. 13-50.

¹⁵ BRASIL. Supremo Tribunal Federal. **Repercussão Geral no Recurso Extraordinário com Agravo 737.977 São Paulo**. Recorrente: Ministério Público Federal. Recorrido: G C G. Relator: Min. Luiz Fux. Brasília, 10 de maio de 2013. Disponível em: <<http://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=TP&docID=3780065>>. Acesso em: 20 mai. 2017.

aplicación del principio de precaución debe ser transparente, democrático y con obligación de informar, y debe incluir a todas las partes potencialmente afectadas. También debe involucrar un examen de la gama completa de alternativas, incluyendo la no acción.¹⁶ (negritou-se)

Nessa toada, o princípio da precaução foi implementado em diversos países, eis que “sustenta que quando os riscos potenciais de uma tecnologia emergente são desconhecidos a tecnologia deve ser restrita até que o proponente da tecnologia demonstre que a mesma é segura.”¹⁷ Ou, se há certeza científica dos seus benefícios e malefícios, pelos profissionais especializados, aplica-se o princípio da precaução, a fim de informar à sociedade os potenciais riscos da nova tecnologia disponível.

A nível normativo, no Brasil, observa-se que implicitamente a nossa Carta Magna, no bojo do artigo 225, § 1º, IV e V, trouxe a primeira alusão ao princípio da precaução:

Art. 225. **Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado**, bem de uso comum do povo e essencial à **sadia qualidade de vida**, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1º **Para assegurar a efetividade desse direito**, incumbe ao Poder Público:

(...)

IV - **exigir, na forma da lei**, para instalação de obra ou **atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente**, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará **publicidade**;

V - **controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente**; (...).¹⁸ (negritou-se)

A Lei nº. 9.605/1998, que “dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e

¹⁶ RIECHMANN, Jorge; TICKNER, Joel. **El principio de precaución en medio ambiente y salud pública**: de las definiciones a la práctica. Barcelona: Icaria, 2002, p. 41.

¹⁷ EUROPEAN COMMISSION. Agenda for NanoMedicine, 2005: ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nanomedicine_visionpaper.pdf, acessada em janeiro 2015 *apud* SANTOS, Nivaldo dos; NOLASCO, Loreci Gottschalk. A ênfase sobre conduta ética e os fatores incerteza e a condição humana inerentes às nanotecnologias. **Revista Faculdade de Direito UFMG**, Belo Horizonte, n. 69, jul-dez/2016, p. 441-475.

¹⁸ BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 01 jun. 2017.

dá outras providências”,¹⁹ prevê em seu artigo 54, § 3º, o princípio da precaução, apesar de não haver menção expressa:

Seção III

Da Poluição e outros Crimes Ambientais

Art. 54. Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que **resultem ou possam resultar** em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora:

(...)

§ 3º Incorre nas mesmas penas previstas no parágrafo anterior quem deixar de adotar, quando assim o exigir a autoridade competente, **medidas de precaução em caso de risco de dano ambiental** grave ou irreversível.²⁰ (negritou-se)

Por outro norte, a Lei de Biossegurança (2005),²¹ em seu artigo 1º, carrega, em seu âmago, explicitamente o princípio da precaução:

Art. 1º Esta Lei estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização sobre a construção, o cultivo, a produção, a manipulação, o transporte, a transferência, a importação, a exportação, o armazenamento, a pesquisa, a comercialização, o consumo, a liberação no meio ambiente e o descarte de organismos geneticamente modificados – OGM e seus derivados, **tendo como diretrizes o estímulo ao avanço científico na área de biossegurança e biotecnologia, a proteção à vida e à saúde humana, animal e vegetal, e a observância do princípio da precaução para a proteção do meio ambiente.**²² (negritou-se)

E, também, na Lei nº 11.428/2006, que protege o Bioma da Mata Atlântica:

Art. 6º A proteção e a utilização do Bioma Mata Atlântica têm por objetivo geral o **desenvolvimento sustentável** e, por objetivos específicos, **a salvaguarda da biodiversidade, da saúde humana,**

¹⁹ BRASIL. **Lei nº. 9.605**, de 12 de Fevereiro de 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm>. Acesso em: 01 jun. 2017.

²⁰ BRASIL. **Lei nº. 9.605**, de 12 de Fevereiro de 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm>. Acesso em: 01 jun. 2017.

²¹ “Regulamenta os incisos II, IV e V do § 1º do art. 225 da Constituição Federal, estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam organismos geneticamente modificados – OGM e seus derivados, cria o Conselho Nacional de Biossegurança – CNBS, reestrutura a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio, dispõe sobre a Política Nacional de Biossegurança – PNB, revoga a Lei no 8.974, de 5 de janeiro de 1995, e a Medida Provisória no 2.191-9, de 23 de agosto de 2001, e os arts. 5º, 6º, 7º, 8º, 9º, 10 e 16 da Lei no 10.814, de 15 de dezembro de 2003, e dá outras providências.” (BRASIL. **Lei nº. 11.105**, de 24 de Março de 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/111105.htm>. Acesso em: 01 jun. 2017.)

²² BRASIL. **Lei nº. 11.105**, de 24 de Março de 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/111105.htm>. Acesso em: 01 jun. 2017.

dos valores paisagísticos, estéticos e turísticos, do regime hídrico e da estabilidade social.

Parágrafo único. Na proteção e na utilização do Bioma Mata Atlântica, serão observados os princípios da função socioambiental da propriedade, da equidade intergeracional, da prevenção, **da precaução**, do usuário-pagador, da transparência das informações e atos, da gestão democrática, da celeridade procedimental, da gratuidade dos serviços administrativos prestados ao pequeno produtor rural e às populações tradicionais e do respeito ao direito de propriedade.²³ (negritou-se)

Marchesan, Steigleder e Cappelli salientam que na doutrina brasileira, o princípio da precaução seria aplicado de modo genérico, contudo seria obrigatória a sua observância em decisões judiciais, veja-se:

(...) há certa divergência sobre o alcance da aplicação judicial do princípio, que vai desde o reconhecimento do princípio como mero controlador de decisões políticas ou discricionárias, até a possibilidade de modificação das decisões administrativas, utilizando-se, o Judiciário, das tutelas de urgência, como a antecipação de tutela, a tutela inibitória e as ações cautelares, além da flexibilização do nexo de causalidade, a inversão do ônus da prova e a carga dinâmica da prova.

Para a interpretação do princípio deve-se utilizar a razoabilidade como critério valorativo, ou seja, o princípio não teria feições nem puramente científicas, nem puramente políticas, nem admitiria absoluta discricionariedade administrativa ou judicial e a proporcionalidade, fazendo-se a análise do peso ou valor dos princípios que venham a colidir, o que implicaria a adoção da posição intermediária, referida acima, requerendo que os magistrados extraíam o princípio da precaução da aplicação do art. 225, da CF, com base na existência de risco cientificamente plausível, admitindo por parte significativa da comunidade científica (nem risco zero, nem danos graves e irreversíveis).²⁴

O princípio da precaução, pode ser definido como o instrumento pelo qual será possível alcançar o desenvolvimento sustentável do meio ambiente, protegendo, então, as presentes e futuras gerações contra riscos abstratos. “Ele visa lidar com os riscos desconhecimentos para promover a sustentabilidade da vida global, através da proteção da comunidade intra e intergeracional, bem como do ecossistema saudável.”²⁵

²³ BRASIL. **Lei nº. 11.428**, de 22 de Dezembro de 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm>. Acesso em 01 jun. 2017.

²⁴ MARCHESAN, Ana Maria Moreira; STEIGLEDER, Annelise Monteiro; CAPPELLI, Sílvia. **Direito Ambiental**. Porto Alegre: Verbo Jurídico, 2013, 7. ed., p. 60.

²⁵ ENGELMANN, Wilson; MACHADO, Viviane Saraiva. Do princípio da precaução à precaução como princípio - construindo as bases para as nanotecnologias compatíveis com o meio ambiente. **Revista de Direito Ambiental**, v. 69/2013, jan-mar. 2013, p. 13-50.

Através deste apanhado, tem-se que, embora o princípio da precaução não esteja expressamente definido em uma única lei perante o ordenamento jurídico brasileiro e internacional, ele foi amplamente exaltado nos mais variados documentos, a nível de princípio basilar do direito ambiental, a fim de efetivar um controle dos possíveis riscos decorrentes de certas atividades que tenham interferência direta ou indireta em nosso meio ambiente e a sadia qualidade de vida do ser-humano.²⁶

2.2 SOBRE NOVAS TECNOLOGIAS E INCERTEZA CIENTÍFICA

Hodiernamente, o brusco avanço da ciência e tecnologia que, por um viés, proporciona incontáveis benefícios para a sociedade, por outro ângulo, gera incertezas e preocupações no sentido da sustentabilidade desse bem-estar. "O desenvolvimento em série de novas tecnologias produz um alerta para os riscos invisíveis que acompanham os bens de consumo. Assim, surge a necessidade do Direito tutelar a vulnerabilidade do consumidor diante dessa atual realidade."²⁷

Em idêntico norte, Tybusch e Araújo salientam que com o advento do avanço da ciência e da tecnologia, "surgem novos riscos para a humanidade, riscos esses provocados pela própria razão tecnológica, isto é, o seu desenvolvimento envolve aspectos não conhecidos pela população em geral".²⁸

O termo tecnologia é compreendido como sendo atividades preordenadas, cujos resultados da transformação ou manipulação dos recursos naturais e do meio ambiente tem por finalidade satisfazer as necessidades

²⁶ MILARÉ, Édis; SETZER, Joana. Aplicação do princípio da precaução em áreas de incerteza científica. **Revista de Direito Ambiental**, v. 41/2006, jan-mar. 2006, p. 7-25.

²⁷ SILVEIRA, Vladimir Oliveira da Silveira; SANTOS, Queila Rocha Carmona dos. Informação e responsabilidade à luz do Código de Defesa do Consumidor. Os potenciais riscos das nanotecnologias. **Revista de Direito do Consumidor**, v. 97, jan-fev. 2015.

²⁸ TYBUSCH, Francielle Benini Agne; ROSSATO, Ricardo. Informação Ambiental e Novas Tecnologias: Da necessidade de politização para a sustentabilidade. **Revista Eletrônica do Curso de Direito - UFSM**. Disponível em: <file:///C:/Users/consulta2I.PORTOALEGRE.005/Downloads/8399-36853-1-SM.pdf>. Acesso em 12 jun 2017, p. 712-722, p. 717.

humanas.²⁹ A tecnologia, em sentido amplo, é considerada "qualquer processo com capacidade de transformação da realidade",³⁰ "que as pessoas usam para modificar ou adaptar o seu ambiente".³¹

Santos disserta que tecnologia seria "um dos elementos do processo orgânico, comumente chamado modernidade"³², referindo que:

Ciência é a caixa aberta à interrogação que tenta avançar além da fronteira da realidade conhecida. Tecnologia é a caixa-preta fechada. É aquilo que dou por conhecido quando faço minhas interrogações científicas. Algo que é, hoje, a caixa fechada pode ser amanhã a caixa aberta, por já não estarmos satisfeitos com uma certa teoria vigente. Isto leva também a considerar duas faces na tecnologia: a de *hardware* e a de *software*. O *hardware* tecnológico é o conjunto de aparelhos e instrumentos utilizados, seja numa rotina de trabalho, seja numa pesquisa científica. *Software* é o conjunto dos conhecimentos, aceitos no campo específico, e "depositados" em revistas e livros, bem como na cabeça dos profissionais que atuam no mesmo campo. Distinguem-se, assim, três campos de atuação do indivíduo humano: (1) *die Lebenswelt*, ou o mundo do dia a dia; (2) a tecnologia propriamente dita, que é campo de exercício profissional; por fim, há (3) a ciência no sentido estrito. Neste último campo, fazem-se as investigações, testando os velhos paradigmas e introduzindo novos.³³

Nesse contexto, Baptista e Keller referem que a criação constante de novas tecnologias é inerente à nanotecnologia, à biologia sintética, à engenharia genética, "à biomédica, às indústrias farmacêuticas, de alimentos, eletrônica etc",³⁴ discorrendo que "o governo dos Estados Unidos, por meio do Comitê de Coordenação Interagências de Políticas para tecnologias emergentes (EPIC, na sigla e, inglês), editou, em maio de 2011, um memorando fixando princípios para

²⁹ BAPTISTA, Patrícia; KELLER, Clara Iglesias. Por que, quando e como regular as novas tecnologias? Os desafios trazidos pelas inovações disruptivas. **Revista de Direito Administrativo**, Belo Horizonte, n. 273, set-dez. 2016.

³⁰ BAPTISTA, Patrícia; KELLER, Clara Iglesias. Por que, quando e como regular as novas tecnologias? Os desafios trazidos pelas inovações disruptivas. **Revista de Direito Administrativo**, Belo Horizonte, n. 273, set-dez. 2016.

³¹ BENNETT MOSES, Lyria. How to think about law, regulation and technology: problems with 'technology' as a regulatory target law. *Innovation and Technology*, 2013, p. 1-20; **UNSW Law Research Paper** n. 2014-30. Disponível em: <<http://ssrn.com/abstract=2464750>>. Acesso em: 01 maio 2017.

³² SANTOS, Francisco de Araujo. O Impacto das Novas tecnologias na Sociedade. In: CLOTET, Joaquim (Org.). **Bioética: meio ambiente, saúde pública, novas tecnologias, deontologia médica, direito, psicologia, material genético humano**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2012, p. 47-65, p. 55.

³³ SANTOS, Francisco de Araujo. O Impacto das Novas tecnologias na Sociedade. In: CLOTET, Joaquim (Org.). **Bioética: meio ambiente, saúde pública, novas tecnologias, deontologia médica, direito, psicologia, material genético humano**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2012, p. 47-65, p. 55.

³⁴ BAPTISTA, Patrícia; KELLER, Clara Iglesias. Por que, quando e como regular as novas tecnologias? Os desafios trazidos pelas inovações disruptivas. **Revista de Direito Administrativo**, Belo Horizonte, n. 273, set-dez. 2016.

regulação e supervisão dessas tecnologias".³⁵ Nessa linha, observa-se que toda e qualquer nova tecnologia, "além das possibilidades de avanço e crescimento, traz consigo um cenário ainda prematuro e incerto, com grandes chances de ser falho",³⁶ sendo "necessárias certas limitações diante dos prováveis riscos".³⁷

Como preceituou Drexler, em 1986, cujo entendimento tem-se como atual, existe necessidade de barreiras, a fim de frear um avanço tecnológico desmedido:

As leis da natureza e as condições do mundo irão limitar o que nós fazemos. Sem limites, o futuro será totalmente desconhecido, algo disforme fazendo uma zombaria de nossos esforços em pensar e planejar. Com limites, o futuro ainda é uma turbulenta incerteza, mas ele é forçado a voar dentro de certos limites.³⁸

E, nesse ínterim "como qualquer área da tecnologia que faz uso intensivo de novos materiais e substâncias químicas, traz consigo alguns riscos ao meio ambiente e à saúde humana"³⁹ e, por isso, o princípio da precaução surge como meio de frear o desenvolvimento tecnológico desmedido:

A ausência de estudos e certezas científicas conclusivas não é um permissivo para que se façam intervenções no meio ambiente. Em termos objetivos, não se admite o plantio de uma espécie de OGM ou o desenvolvimento de pesquisas genéticas sob a alegação de que não há provas ou estudos objetivos de que causará danos ao meio ambiente ou à saúde humana. É justamente a ausência ou a incompletude de provas e elementos sobre a potencialidade dos impactos que justifica a adoção do princípio da precaução, que visa à espera da informação até que estudos e pesquisas sejam realizados para autorizar eventual intervenção ou procedimento. Afinal, *in dubio pro ambiente*. Na dúvida, não faça intervenções.

³⁵ BAPTISTA, Patrícia; KELLER, Clara Iglesias. Por que, quando e como regular as novas tecnologias? Os desafios trazidos pelas inovações disruptivas. **Revista de Direito Administrativo**, Belo Horizonte, n. 273, set-dez. 2016.

³⁶ FLORES, André Stringhi. Direito Ambiental, Mínimo Essencial Ecológico e as Nanotecnologias – O cuidado com uma (nova) perspectiva hermenêutica à tecnologia em escala nanométrica. **Revista de Direito Ambiental**, v. 72, out-dez. 2013.

³⁷ FLORES, André Stringhi. Direito Ambiental, Mínimo Essencial Ecológico e as Nanotecnologias – O cuidado com uma (nova) perspectiva hermenêutica à tecnologia em escala nanométrica. **Revista de Direito Ambiental**, v. 72, out-dez. 2013.

³⁸ DREXLER, Kim Eric. Engines of Creation - The coming era of nanotechnology. Nova Iorque: Anchor Books, 1986, p. 147 *apud* STRINGHI, André. Direito Ambiental, Mínimo Essencial Ecológico e as Nanotecnologias – O cuidado com uma (nova) perspectiva hermenêutica à tecnologia em escala nanométrica. **Revista de Direito Ambiental**, v. 72, out-dez. 2013.

³⁹ FLORES, André Stringhi; JUNIOR, Juliano Dossena; ENGELMANN, Wilson. Nanotecnologias e Código de Defesa do Consumidor: um olhar a partir do princípio da precaução. **Revista de Direito do Consumidor**, v. 19, n. 76, p. 152-176, out.-dez. 2010.

Nesse sentido, cabe ao julgador o exercício da prognose negativa. Significa que, se não há pesquisas, dados e informações objetivas sobre a potencialidade de uma intervenção sobre o meio ambiente e a saúde humana, assim como ausentes os elementos para prognósticos seguros a longo prazo, são necessários cautela, prudência e, como tal, efetuar um juízo de prognose negativa.⁴⁰

Realizado um breve apanhado sobre o uso de novas tecnologias, cumpre dizer que o termo incerteza científica, em sentido estrito:

se aplica a uma condição em que há confiança na integridade e plenitude de um conjunto definido de efeitos, porém não há base teórica ou empírica válida para atribuir probabilidades com confiança para tais resultados. Assim, em comum, risco e incerteza apresentam uma capacidade descritiva dos efeitos bem definida, porém a incerteza (ao contrário do risco) não apresenta um diagnóstico digno de credibilidade e confiança para atribuição de probabilidades causais. (...) a incerteza não se confunde com a completa ignorância. Diversas substâncias cancerígenas, inundações no âmbito de mudanças climáticas e valores de ações empresariais são exemplos de incerteza nesta perspectiva.⁴¹

A fim de justificar medidas intervencionistas de precaução, em casos de riscos ambientais, Délton salienta que é relevante a graduação de menores ou maiores incertezas científicas, mencionando que é esta distinção que "marca a possibilidade do magistrado, do fiscal administrativo ou mesmo do gestor público, em lançar mão dos princípios da prevenção ou da precaução, segundo os elementos constituintes da prova existente no caso em concreto".⁴²

Além das observâncias dos referidos princípios, o uso de novas tecnologias e incertezas científicas no meio ambiente, acarreta em uma conjuntura de requisitos necessários a serem observados, a fim de garantir um meio ambiente equilibrado e responsável, a fim de resguardar a integridade e saúde das presentes e futuras gerações:

Verificou-se que o desenvolvimento e a intensificação das tecnologias têm produzido novas maneiras de pensar, agir e perceber a natureza.

⁴⁰ OLIVEIRA, Fabiano Melo Gonçalves de. **Manual de Direito Ambiental**. Rio de Janeiro: Forense; São Paulo: MÉTODO, 2014, p. 105.

⁴¹ CARVALHO, Délton Winter de. Modelos de gestão de riscos ambientais extremos: entre as dimensões da incerteza e as intensidades da precaução na decisão jurídica. **Revista de Direito Ambiental**, v. 76, out–dez. 2014.

⁴² CARVALHO, Délton Winter de. Modelos de gestão de riscos ambientais extremos: entre as dimensões da incerteza e as intensidades da precaução na decisão jurídica. **Revista de Direito Ambiental**, v. 76, out–dez. 2014.

A sociedade, em uma era de incertezas, na qual o Direito passa a ter como função não apenas a decisão frente a problemática ambiental, mas também o papel de garantir direitos e o processo de gerenciamento dos riscos oriundos das novas tecnologias, passa a necessitar de espaços de comunicação com outras ciências (ecologia, política, economia) para decisões capazes de alcançar toda a complexidade das demandas ambientais atuais. **A informação, em tempos de incerteza, torna-se peça fundamental para preservação e prevenção do meio ambiente.** A informação ambiental surge como uma maneira de resgatar o homem de sua condição de alienação e passividade, concedendo-lhe um instrumento (informação) de cidadania e de participação decisória. E uma das maneiras mais rápidas e eficientes para a disseminação desta informação é justamente com a utilização das Novas Tecnologias, como por exemplo, através das ferramentas disponíveis na internet. Além disso, as tecnologias podem ser utilizadas em processos de mobilização, divulgação e disseminação de informações que podem ser consideradas instrumentos eficazes na busca pela sustentabilidade.⁴³ (negritou-se)

Por último, defende-se que quando se trata de novas tecnologias com incertezas científicas ou sem a devida informação para o consumidor final, a responsabilidade social por parte das Empresas e dos pesquisadores envolvidos é fonte primária, a fim de zelar pelo meio ambiente, saúde do ser humano, desenvolvimento econômico etc, eis que são eles que detêm o conhecimento necessário para dosar os impactos que elas poderão ocasionar.⁴⁴ Conforme já discorrido, não trata-se de limitar o desenvolvimento científico, mas de impulsionar os profissionais a utilizarem das novas tecnologias em prol do desenvolvimento sustentável e adequado do meio ambiente natural, impulsionando-os a perquirirem o conhecimento necessário neste sentido.

2.3 DA PROTEÇÃO DA SAÚDE HUMANA E DO MEIO AMBIENTE SOB O VIÉS DA CONSTITUIÇÃO FEDERATIVA DO BRASIL

É de suma importância, salientar, preambularmente, que um dos fundamentos de todo o ordenamento jurídico da República Federativa do Brasil, é a dignidade da pessoa humana, consoante preceitua o artigo 1º, III, da Magna

⁴³ TYBUSCH, Francielle Benini Agne; ROSSATO, Ricardo. Informação Ambiental e Novas Tecnologias: Da necessidade de politização para a sustentabilidade. **Revista Eletrônica do Curso de Direito - UFSM.** Disponível em: <file:///C:/Users/consulta21.PORTOALEGRE.005/Downloads/8399-36853-1-SM.pdf>. Acesso em 12 jun 2017, p. 712-722, p. 720.

⁴⁴ SANTOS, Nivaldo dos; NOLASCO, Loreci Gottschalk. A ênfase sobre conduta ética e os fatores incerteza e a condição humana inerentes às nanotecnologias. **Revista Faculdade de Direito UFMG**, Belo Horizonte, n. 69, jul-dez/2016, p. 441-475, p. 462.

Carta.⁴⁵ Em virtude disso, tal preceito, tutela os interesses essenciais do homem, obrigando o Estado a respeitar e proteger a dignidade humana.⁴⁶

Entretanto, na doutrina especializada, a dignidade humana encontra alguns obstáculos conceituais, porquanto permite diversas considerações e enfoques distintos.⁴⁷ Um dos grandes problemas disso é que, historicamente, a mencionada garantia era estreitamente relacionada ao cristianismo; contudo, atualmente, é impossível ser este o único embasamento teórico de sua interpretação.⁴⁸

Moraes assevera que a dignidade da pessoa humana se manifesta, singularmente, na “autodeterminação consciente e responsável da própria vida e que traz consigo a pretensão ao respeito por parte das demais pessoas”.⁴⁹ Em idêntica vertente, Prudente afirma que dignidade “designa o fundamento da moralidade humana. Todo ser humano possui, em si mesmo, um valor absoluto e intrínseco, que é a sua dignidade”.⁵⁰

Nesse sentir, extrai-se, então, que a dignidade da pessoa humana é a fonte da qual irradiam diversos valores que norteiam a formação dos princípios relativos a todas as espécies de direitos fundamentais. Ou seja, a “pessoa humana e sua dignidade constituem fundamento e fim da sociedade e do Estado,

⁴⁵ “Art. 1º A República Federativa do Brasil, formada pela união indissolúvel dos Estados e Municípios e do Distrito Federal, constitui-se em Estado Democrático de Direito e tem como fundamentos: (...)III - a dignidade da pessoa humana; (...) (BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 01 jun. 2017.)

⁴⁶ SILVEIRA, Vladimir Oliveira da Silveira; SANTOS, Queila Rocha Carmona dos. Informação e responsabilidade à luz do Código de Defesa do Consumidor. Os potenciais riscos das nanotecnologias. **Revista de Direito do Consumidor**, v. 97, jan-fev. 2015.

⁴⁷ TAVARES, André Ramos. **Curso de direito constitucional**. 4. ed. rev. atual. São Paulo: Saraiva, 2006, p. 500.

⁴⁸ SOUZA, Paulo Vinicius Sporleder de. **Bem jurídico-penal e engenharia genética humana: contributo para compreensão dos bens jurídicos supra-individuais**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2004, p. 243.

⁴⁹ MORAES, Alexandre de. **Direitos humanos fundamentais: teoria geral, comentários aos arts 1 a 5 da Constituição da República Federativa do Brasil, doutrina e jurisprudência**, 6. ed. São Paulo: Atlas, 2005, p. 48.

⁵⁰ PRUDENTE, Mauro Godoy. **Bioética conceitos fundamentais**. Porto Alegre: Ed. do Autor, 2000, p. 68.

sendo o valor que prevalecerá sobre qualquer tipo de avanço científico e tecnológico”.⁵¹

Compreende-se, ainda, que partindo do pressuposto da dignidade como limite, implicaria diretamente na contenção de certas atividades com novas tecnologias, que embora permitidas, poderiam oferecer riscos à saúde da sociedade e ao meio ambiente, em virtude de não se ter o conhecimento necessário de todos os seus impactos negativos ou de não ter sido realizado testes científicos suficientes, que descartariam danos à coletividade.⁵²

Nessa toada, a Constituição Federativa do Brasil, traz no *caput* do seu artigo 225 que "todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida".^{53 54} Milaré afirma que tal postulado é considerado princípio que, aliado à dignidade da pessoa humana, transcende o ordenamento jurídico ambiental, possuindo *status* de cláusula pétrea.⁵⁵

E, essa percepção é claramente difundida pelo Supremo Tribunal Federal, no julgamento da Medida Cautelar em Ação Direta de Inconstitucionalidade nº. 3.540:

MEIO AMBIENTE - DIREITO À PRESERVAÇÃO DE SUA INTEGRIDADE (CF, ART. 225) - PRERROGATIVA QUALIFICADA POR SEU CARÁTER DE METAINDIVIDUALIDADE - DIREITO DE TERCEIRA GERAÇÃO (OU DE NOVÍSSIMA DIMENSÃO) QUE CONSAGRA O POSTULADO DA SOLIDARIEDADE - NECESSIDADE DE IMPEDIR QUE A TRANSGRESSÃO A ESSE DIREITO FAÇA IRROMPER, NO SEIO DA COLETIVIDADE, CONFLITOS INTERGENERACIONAIS (...) COLISÃO DE DIREITOS FUNDAMENTAIS - CRITÉRIOS DE SUPERAÇÃO DESSE ESTADO DE TENSÃO ENTRE VALORES CONSTITUCIONAIS RELEVANTES - OS DIREITOS BÁSICOS DA PESSOA HUMANA E AS SUCESSIVAS GERAÇÕES (FASES OU DIMENSÕES) DE DIREITOS (RTJ 164/158,

⁵¹ DINIZ, Maria Helena. **O estado atual do biodireito**. São Paulo: Saraiva, 2001, p. 17.

⁵² SILVEIRA, Vladimir Oliveira da Silveira; SANTOS, Queila Rocha Carmona dos. Informação e responsabilidade à luz do Código de Defesa do Consumidor. Os potenciais riscos das nanotecnologias. **Revista de Direito do Consumidor**, v. 97, jan-fev. 2015.

⁵³ BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 01 jun. 2017.

⁵⁴ Trata-se do princípio do meio ambiente ecologicamente equilibrado como direito fundamental.

⁵⁵ MILARÉ, Édis. **Direito do Ambiente**. 7 ed. São Paulo: RT, 2011, p. 1066.

160-161) (...) A PRESERVAÇÃO DA INTEGRIDADE DO MEIO AMBIENTE: EXPRESSÃO CONSTITUCIONAL DE UM DIREITO FUNDAMENTAL QUE ASSISTE À GENERALIDADE DAS PESSOAS. - Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. Trata-se de um típico direito de terceira geração (ou de novíssima dimensão), que assiste a todo o gênero humano (RTJ 158/205-206). Incumbe, ao Estado e à própria coletividade, a especial obrigação de defender e preservar, em benefício das presentes e futuras gerações, esse direito de titularidade coletiva e de caráter transindividual (RTJ 164/158-161). O adimplemento desse encargo, que é irrenunciável, representa a garantia de que não se instaurarão, no seio da coletividade, os graves conflitos intergeracionais marcados pelo desrespeito ao dever de solidariedade, que a todos se impõe, na proteção desse bem essencial de uso comum das pessoas em geral. (...)⁵⁶

Ou melhor, “é necessário que se proteja o meio ambiente a fim de garantir um aproveitamento adequado dos recursos ambientais combinado à qualidade de vida da população”.⁵⁷ Tal assertiva, remonta ao pensamento que para o ser humano ter saúde plena e uma vida íntegra é indissociável viver em um meio ambiente equilibrado.⁵⁸

A partir destas proposições, grande parte dos doutrinadores, discorrem acerca do *princípio do ambiente ecologicamente equilibrado como direito fundamental da pessoa humana*, ressaltando que a preservação ambiental seria um megaprincípio da Carta Magna brasileira. Nesse ínterim, o ambiente sadio e ecologicamente equilibrado, tem *status* de valor fundamental, devendo ser assegurado pelo Estado a todos os cidadãos.⁵⁹

⁵⁶ BRASIL. Supremo Tribunal Federal. **Medida Cautelar na Ação Direta de Inconstitucionalidade 3.540-1 Distrito Federal**. Requerente: Procurador-Geral da República. Requerido: Presidente da República. Relator: Min. Celso de Mello. Brasília, 01 de setembro de 2005. Disponível em: <<http://www.stf.jus.br/portal/jurisprudencia/listarJurisprudencia.asp?s1=%28ADI%24%2ESCLA%2E+E+3540%2ENUME%2E%29+OU+%28ADI%2EACMS%2E+ADJ2+3540%2EACMS%2E%29&base=baseAcordaos&url=http://tinyurl.com/cx8uowy>>. Acesso em: 07 jun. 2017.

⁵⁷ RAMINELLI, Francieli Puntel; THOMAS, Sara Daniela. O Meio Ambiente como Direito Humano Fundamental na Contemporaneidade. **Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM**, v. 7, n. 1, 2012, p. 47-59, p. 50. Disponível em: <<file:///C:/Users/consulta2I.PORTOALEGRE.005/Downloads/7173-31524-1-SM.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

⁵⁸ RAMINELLI, Francieli Puntel; THOMAS, Sara Daniela. O Meio Ambiente como Direito Humano Fundamental na Contemporaneidade. **Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM**, v. 7, n. 1, 2012, p. 47-59, p. 59. Disponível em: <<file:///C:/Users/consulta2I.PORTOALEGRE.005/Downloads/7173-31524-1-SM.pdf>> Acesso em: 01 jun. 2017.

⁵⁹ FILHO, Ney de Barros Bello; FONTOURA, Luiz Fernando Pedrosa; CAMARÃO, Felipe Costa. A Constituição Ambiental brasileira como sistema aberto de princípios e regras. **Revista de Direito Ambiental**, v. 76, out-dez. 2014.

Com relação a atuação estatal e da sociedade nesse aspecto, vale frisar:

(...) a responsabilidade pela preservação do meio ambiente não cabe somente ao poder público, cabe frisar. **É papel de toda sociedade resguardar os recursos naturais através dos meios dispostos na Constituição Federal.** Incumbe ao poder público, obviamente, atuar por meio de seus órgãos, sob a égide legislativa. Entretanto, a coletividade somente é assim representada pelas pessoas e organizações que a compõem. Ademais, a Administração Pública nem mesmo é suficiente para atender a todas as demandas ambientais na sociedade. Aliás, não pode sequer monopolizar esse atendimento, pois sua função é agir em conjunto com a sociedade e em nome desta.⁶⁰ (negritou-se)

Considerando que a Constituição do Brasil é aberta e principiológica, o princípio da preservação do meio ambiente vem acompanhado do princípio do desenvolvimento sustentável⁶¹, que juntos devem compatibilizar a expansão tecnológica frente ao respeito do meio ambiente. Isto é, impõe-se a obrigação de respeito de todos os princípios que regem o meio ambiente equilibrado, sem abrir mão do desenvolvimento da sociedade, a fim de zelar, também, pelo bem-estar e saúde de todos os cidadãos.⁶²

Nessa conjuntura, importante frisar que:

O direito ambiental deve atuar com seus objetivos preservacionistas, não apenas quando o resultado danoso é certo e conhecido. Há hipóteses em que a ciência não conhece, de forma segura, o nexos de causalidade entre o ato e o resultado. Não se sabe ao certo se determinada atitude causará dano ou não ao ambiente. Nestes casos, **ausente a certeza e a convicção do dano, os atos potencialmente danosos devem ser coibidos porque o bem jurídico maior a ser preservado é a sanidade do ambiente, e conseqüentemente da vida humana**, e não os valores patrimoniais ou comerciais. É este,

⁶⁰ RAMINELLI, Francieli Puntel; THOMAS, Sara Daniela. O Meio Ambiente como Direito Humano Fundamental na Contemporaneidade. **Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM**, v. 7, n. 1, 2012, p. 47-59, p. 52. Disponível em: <file:///C:/Users/consulta2I.PORTOALEGRE.005/Downloads/7173-31524-1-SM.pdf> Acesso em: 01 jun. 2017.

⁶¹ E, a “sustentabilidade só é possível se olharmos para a Terra (e seus recursos) não só como uma oportunidade de investimento, mas como uma relação de confiança, passada a nós por nossos antepassados, para ser a preciosa e herdada pelos nossos descendentes para a sua utilização”. (ENGELMANN, Wilson; MACHADO, Viviane Saraiva. Do princípio da precaução à precaução como princípio - construindo as bases para as nanotecnologias compatíveis com o meio ambiente. **Revista de Direito Ambiental**, v. 69/2013, jan-mar. 2013, p. 13-50.)

⁶² FILHO, Ney de Barros Bello; FONTOURA, Luiz Fernando Pedrosa; CAMARÃO, Felipe Costa. A Constituição Ambiental brasileira como sistema aberto de princípios e regras. **Revista de Direito Ambiental**, v. 76, out-dez. 2014.

inclusive, o sólido entendimento da Declaração exarada na Conferência da ONU do Rio de Janeiro de 1992, conhecida como ECO-92.⁶³ (negritou-se)

Afere-se que o equilíbrio do meio ambiente está ligado à própria saúde e vida humana e a sua proteção tem guarida constitucional. Estima-se que a conscientização e controle acerca das agressões ao meio ambiente natural, através do uso de novas tecnologias, sem ciência dos seus possíveis riscos, deve dar-se não só pelo Estado, mas a todos os integrantes da sociedade e que fazem parte do processo fiscalizatório.

⁶³ FILHO, Ney de Barros Bello; FONTOURA, Luiz Fernando Pedrosa; CAMARÃO, Felipe Costa. A Constituição Ambiental brasileira como sistema aberto de princípios e regras. **Revista de Direito Ambiental**, v. 76, out-dez. 2014.

3 AS TECNOLOGIAS NANO NA CONTEMPORANEIDADE

3.1 SOBRE O DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DAS TECNOLOGIAS NANO

O desenvolvimento das tecnologias nano, deu-se, inicialmente, em 1959, na palestra *There's Plenty of Room at the Bottom*, momento em que Richard Feynman, físico americano e o precursor do conceito de “nanotecnologia”,⁶⁴ propôs “uma infinita gama de possibilidades obteníveis com a exploração do universo nano”.⁶⁵ Na ocasião, “apresentou uma técnica⁶⁶ concreta pela qual se imprimiriam todos os volumes da Enciclopédia Britânica (com 24 volumes na época) na cabeça de um alfinete – com letras cerca de 25.000 (vinte e cinco mil) vezes menores do que o seu tamanho comum”,⁶⁷ trazendo consigo a ideia de manipulação de átomos.

Posteriormente, o termo “nanotecnologia” foi cunhado pelo professor e pesquisador japonês Norio Taniguchi, em 1974,⁶⁸ “quando descreveu o processo inovador de separar, consolidar e deformar materiais átomo por átomo ou molécula por molécula”.⁶⁹ Contudo, o termo foi popularizado, na década de 80,

⁶⁴ Emprega-se a palavra “nanotecnologia” quando refere-se a várias tecnologias existentes. As tecnologias que manipulam as nanopartículas são diferentes dependendo do campo de sua aplicação: medicina, informática, vestuário etc. “O que todas tem em comum é que envolvem o estudo e a manipulação da matéria em uma escala muito pequena, geralmente da ordem de 1 a 100 nanômetros (1 metro = a 1 bilhão de nanômetros). (ENGELMANN, Wilson; HOHENDORFF, Raquel Von; WÜNSCH, Guilherme. As nanotecnologias no cenário do diálogo entre as fontes do direito: o caso da convenção coletiva de trabalho. In: FINCATO, Denise Pires (Org.). **Novas Tecnologias, Processo e Relações de Trabalho**. Porto Alegre: Sapiens, 2015. p. 91-111. p. 94.)

⁶⁵ FORNASIER, Mateus de Oliveira. O Óbice da falta de conhecimento contra a efetividade do princípio constitucional da participação democrática na regulação do risco nanotecnológico. **Revista de Direito Constitucional e Internacional**, v. 91, abr-jun 2015.

⁶⁶ “A técnica usaria, de modo reverso, lentes de microscópio eletrônico.” (FORNASIER, Mateus de Oliveira. O Óbice da falta de conhecimento contra a efetividade do princípio constitucional da participação democrática na regulação do risco nanotecnológico. **Revista de Direito Constitucional e Internacional**, v. 91, abr-jun 2015.)

⁶⁷ FORNASIER, Mateus de Oliveira. O Óbice da falta de conhecimento contra a efetividade do princípio constitucional da participação democrática na regulação do risco nanotecnológico. **Revista de Direito Constitucional e Internacional**, v. 91, abr-jun 2015.

⁶⁸ Conforme pesquisa realizada, o termo cunhado deu-se na apresentação de artigo científico durante Conferência, cuja referência é: “Taniguchi, Norio. On the Basic Concept of Nanotechnology. Proceedings of the International Conference on Production Engineering, Tokyo, 1974, 18-23”, contudo não encontrado por esta autora por via on-line ou impressa.

⁶⁹ JACOBI, Marly Maldaner. O Admirável Mundo Nano: Nanociência e Nanotecnologia. **Revista SLT Caucho**. Disponível em: <<http://www.sltcaucho.org/nanociencia-e-nanotecnologia-marly-jacobi/>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

pelo cientista e engenheiro americano Kim Eric Drexler, “para designar novos procedimentos técnicos baseados na escala nanométrica (bilionésimo de metro) no artigo *Proceedings of the National Academy of Sciences* (1981)”,⁷⁰ posteriormente em sua obra *Engines of Creation* (1986), e com a obra *Nanosystems* (1992).⁷¹

Discípulo de Richard Feynman, Drexler, retomou e enriqueceu a pesquisa e desenvolvimento da miniaturização e a criação de “nanorobôs controlados por Inteligência Artificial capazes de manipular a matéria átomo por átomo, tornando possível a recriação de toda e qualquer estrutura material, inclusive a si próprios, em um processo de auto-replicação em proporções geométricas”.⁷²

Simultaneamente, em 1981, Gerd Binnig e Heinrich Rohrer, físicos alemão e suíço, respectivamente, inventaram o Microscópio de Tunelamento (Scanning Tunneling Microscopy) que “foi o primeiro instrumento capaz de gerar imagens reais de superfícies com resolução atômica”,⁷³ ⁷⁴ visualizando imagens reais dos

⁷⁰ SILVA, Edivaldo Vieira da. **O Corpo da Transversal do Tempo**: da Sociedade Disciplinar à Sociedade de Controle ou da Analítica de “Um Corpo que Cai”. 2006. 358f. Tese (Doutorado em Ciências Sociais – Política) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo. 2006, p. 26. Disponível em: <http://www.pucsp.br/ecopolitica/downloads/tes_2006_corpo_transversal_%20tempo.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2017.

⁷¹ SILVA, Edivaldo Vieira da. **O Corpo da Transversal do Tempo**: da Sociedade Disciplinar à Sociedade de Controle ou da Analítica de “Um Corpo que Cai”. 2006. 358f. Tese (Doutorado em Ciências Sociais – Política) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo. 2006, p. 26. Disponível em: <http://www.pucsp.br/ecopolitica/downloads/tes_2006_corpo_transversal_%20tempo.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2017.

⁷² SILVA, Edivaldo Vieira da. **O Corpo da Transversal do Tempo**: da Sociedade Disciplinar à Sociedade de Controle ou da Analítica de “Um Corpo que Cai”. 2006. 358f. Tese (Doutorado em Ciências Sociais – Política) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo. 2006, p. 05-06. Disponível em: <http://www.pucsp.br/ecopolitica/downloads/tes_2006_corpo_transversal_%20tempo.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2017.

⁷³ DUARTE, Fabiano Carvalho; DAMIANI, Fúrio; Tatsch, Peter Jürgen. **Microscópio de Tunelamento com Varredura (STM) e Microscópio de Força Atômica (AFM)**. p. 01-20. p 03. Disponível em: <http://www.dsif.fee.unicamp.br/~furio/IE607A/STM_AFM.pdf>. Acesso em 08 jun. 2017.

⁷⁴ “Seu princípio de funcionamento se baseia no princípio da Mecânica Quântica do comportamento dual do elétron, ou seja, ele pode se comportar ora como partícula e ora como onda. Isso significa que, como onda, ele pode penetrar em locais que, antes, segundo a Mecânica Clássica, seria impossível e, além disso, pode tunelar através de uma barreira de potencial que separa duas regiões classicamente permitidas. Assim, só com a formulação da Mecânica Quântica é que esses avanços foram possíveis. De tal modo, essa probabilidade não nula que a onda apresenta de atravessar uma barreira é um fenômeno conhecido por efeito túnel ou tunelamento. Aplica-se uma tensão elétrica entre uma agulha de tungstênio, com a ponta

átomos e moléculas na superfície de um sólido. Por este invento, acabaram recebendo o Prêmio Nobel de Física em 1986.⁷⁵

Robert Curl, Harold Kroto e Richard Smalley, químicos, em 1985, descobriram os fulerenos, uma forma alotrópica de carbono, “sendo a primeira molecular: o buckminsterfulereno”.⁷⁶ Subsequentemente, em 1991, o cristalógrafo japonês Sumio Iijima, especialista em ciência do carbono, descobriu fulerenos com outra estrutura: os nanotubos.⁷⁷

Donald Eigler e Erhard Schweizer, em 1989, moveram trinta e cinco átomos de xenônios, em uma superfície de níquel, escrevendo o logo da

extremamente fina e a amostra a ser analisada. Essa tensão serve para aumentar a probabilidade de transferência de elétrons. Pois o que ocorrerá é que, ao se aproximar a agulha da amostra, os elétrons da agulha serão tunelados para a amostra. Essa agulha se move sobre a superfície do material fazendo uma varredura sobre ele e os elétrons tunelados geram uma pequena corrente elétrica, que é captada pelo circuito da máquina, enviando essas informações para o computador, que levanta a topografia dos átomos na superfície da amostra, ou seja, registra o seu relevo (potencial). A intensidade da corrente depende da distância; e a constância dela depende da variação da distância entre a ponta da agulha e a amostra. Utilizando essa técnica, várias imagens atômicas de superfícies de semicondutores já foram registradas, assim como de moléculas adsorvidas quimicamente. As amostras analisadas devem ser condutoras e, para um melhor resultado, devem ser feitas no vácuo. Elas também podem ser feitas na atmosfera, porém o ar pode tornar a amostra impura e comprometer a imagem obtida. Graças à invenção do STM, passou a ser possível não só visualizar os átomos e as moléculas, mas também medi-los e manipulá-los. E isso desencadeou o desenvolvimento de uma grande variedade de microscópicos de varredura por sonda (SPM).” (FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Microscópio de tunelamento com varredura (STM)**. Brasil Escola. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/quimica/microscopio-tunelamento-com-varredura-stm.htm>>. Acesso em: 09 de jun. 2017.)

⁷⁵ DUARTE, Fabiano Carvalho; DAMIANI, Fúrio; Tatsch, Peter Jürgen. **Microscópio de Tunelamento com Varredura (STM) e Microscópio de Força Atômica (AFM)**. p. 01-20. p 03. Disponível em: <http://www.dsif.fee.unicamp.br/~furio/IE607A/STM_AFM.pdf>. Acesso em 08 jun. 2017.

⁷⁶ FILHO, Romeu C. Rocha. **Os Fulerenos e sua espantosa geometria molecular**. Atualidades em Química, n. 4, nov. 1996. Disponível em: <<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc04/actual.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2017.

⁷⁷ “Os nanotubos são especiais por três razões básicas. Primeiro, por poderem ser preenchidos com diferentes materiais. Em segundo, por suas propriedades mecânicas especiais; recentemente, Ebbesen e colaboradores mostraram que os nanotubos são flexíveis e muito mais resistentes que fibras de carbono. Finalmente, eles têm propriedades elétricas únicas, influenciadas por pequenas variações em suas estruturas; sonha-se com minúsculos circuitos elétricos feitos de nanofios. Por isso tudo, especula-se que os nanotubos poderão deixar para trás as bolas moleculares na corrida rumo ao mercado tecnológico. Alguns químicos sonham em realizar reações químicas dentro de nanotubos, numa escala em que as regras do jogo poderão ser outras.” (FILHO, Romeu C. Rocha. **Os Fulerenos e sua espantosa geometria molecular**. Atualidades em Química, n. 4, nov. 1996. Disponível em: <<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc04/actual.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2017.)

empresa IBM. Com este experimento, “outros pesquisadores demonstraram como é possível a manipulação da matéria a partir da escala nanométrica”.⁷⁸

No ano 2000, a Administração Clinton lança no *California Institute of Technology*, a *National Nanotechnology Initiative*. Em seguida (2001), o biofísico holandês, Cees Dekker, demonstrou que os nanotubos poderiam ser usados como transistores ou outros dispositivos eletrônicos. Ainda, em 2001 a Equipe da IBM (EUA) construiu a primeira rede de transistores usando nanotubos, mostrando mais tarde o primeiro circuito lógico à base de nanotubos. Em 2002, o químico Chad Mirkin, desenvolveu uma plataforma baseada em nanopartículas, para detecção de doenças contagiosas.⁷⁹

Através deste brusco apanhado histórico, tem-se que a “nanociência” é “a área do conhecimento que estuda os princípios fundamentais de moléculas e estruturas, nas quais pelo menos uma das dimensões está compreendida entre cerca de 1 e 100 nanômetros”,^{80 81} que perfazem as nanoestruturas. A nanotecnologia, por sua vez, “seria a aplicação destas nanoestruturas em dispositivos nanoescalares utilizáveis”.⁸²

⁷⁸ RÓZ, Alessandra Luzia Da; LEITE, Fábio de Lima; FERREIRA Marystela; JR., Osvaldo Novais de Oliveira. **Nanoestruturas**. Princípios e aplicações. Rio de Janeiro: Elsevier, v. 1, 2015. Disponível em:

<https://books.google.com.br/books?id=4tasCQAAQBAJ&pg=PT54&lpg=PT54&dq=Donald+Eigler+e+Erhard+Schweitzer&source=bl&ots=gydLjhxpia&sig=0wMgRU4zShTBNbqL38Z-5Q6nppi&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwjAw_iMq7HUAhWGCpAKHXHGCElQ6AEISjAJ#v=onepage&q=Donald%20Eigler%20e%20Erhard%20Schweitzer&f=false>. Acesso em 07 jun. 2017.

⁷⁹ JACOBI, Marly Maldaner. O Admirável Mundo Nano: Nanociência e Nanotecnologia. **Revista SLT Caucho**. Disponível em: <<http://www.sltcaucho.org/nanociencia-e-nanotecnologia-marly-jacobi/>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

⁸⁰ “Em grego, o prefixo nano significa “anão”. O nanômetro (nm) corresponde a um bilionésimo do metro.” (MOREIRA, Patrícia. **O que é nanotecnologia?** Disponível em: <<http://www.ebc.com.br/infantil/voce-sabia/2016/07/o-que-e-nanotecnologia>>. Acesso em: 16 mai. 2017.)

⁸¹ ALVES, Oswaldo Luiz. **Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais**: quando a distância entre presente e futuro não é apenas questão de tempo. p. 1-18. p. 27. Disponível em: <http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/138/132>. Acesso em: 08 jun. 2017.

⁸² ALVES, Oswaldo Luiz. **Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais**: quando a distância entre presente e futuro não é apenas questão de tempo. p. 1-18. p. 27. Disponível em: <http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/138/132>. Acesso em: 08 jun. 2017.

Comumente chamadas “nanotecnologias”, as tecnologias nano, atualmente, são utilizadas nas mais diversas áreas em que se trabalha a escala nanométrica⁸³. A nano escala encontra-se presente, atualmente, “nos protetores solares, calçados esportivos, telefones celulares, tecidos, cosméticos, automóveis, medicamentos”, nos setores de “energia, agropecuária, tratamento e remediação de água, cerâmica e revestimentos, materiais compostos, plásticos e polímeros, cosméticos, aeroespacial, naval e automotivo, siderurgia, odontológico, têxtil, cimento e concreto, microeletrônica, diagnóstico e prevenção de doenças e sistemas para direcionamento de medicamentos”.⁸⁴

Tem-se na doutrina analisada que pesquisas realizadas com nanopartículas de carbono, “podem contribuir para uma nova geração de materiais eletrônicos, ímãs de alta potência, rolamentos de dimensões microscópicas e materiais de construção de alta resistência”.⁸⁵ Na área médica, a exemplificação, desenvolveu-se uma estrutura nanométrica⁸⁶ que leva o medicamento especificamente até a célula doente, não realizando nenhum tipo de interferências nas sadias.⁸⁷

Flores, discorre sucintamente o que corresponde uma partícula “nano”:

O prefixo “nano” vem do grego nánnos e significa “ano, muito pequeno”. Dessa forma, um nanômetro equivale a um bilionésimo do metro (1 x 10⁻⁹), ou ainda, pode-se dizer, para melhor vislumbrar, que um grão de areia de um milímetro em uma praia com mil quilômetros de extensão estaria para esta praia com um nanômetro está para o metro um nanômetro é 100 mil vezes menor que o diâmetro

⁸³ Importante salientar que a nanoescala não trata-se apenas do “pequeno”, mas sim de um “pequeno especial”, onde “existem propriedades fundamentais, químicas e físicas, dos materiais, que dependem do tamanho, ou, numa linguagem mais livre, que mantêm uma “cumplicidade” com ele, cumplicidade essa que se constitui na chave de toda a nanociência.” (ALVES, Oswaldo Luiz. **Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais**: quando a distância entre presente e futuro não é apenas questão de tempo. p. 1-18. p. 27. Disponível em: <http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/138/132>. Acesso em: 08 jun. 2017.)

⁸⁴ ENGELMANN, Wilson; MACHADO, Viviane Saraiva. Do princípio da precaução à precaução como princípio - construindo as bases para as nanotecnologias compatíveis com o meio ambiente. **Revista de Direito Ambiental**, v. 69/2013, jan - mar/2013, p. 13-50.

⁸⁵ ENGELMANN, Wilson. **Nanotechnology, law and innovation**. Saarbrücken, Alemanha: LAP Lambert Academic Publishing, 2011.

⁸⁶ Na doutrina analisada, vide nota nº. 85, não foi descrita qual estrutura nanométrica teria sido utilizada na exemplificação referida.

⁸⁷ ENGELMANN, Wilson. **Nanotechnology, law and innovation**. Saarbrücken, Alemanha: LAP Lambert Academic Publishing, 2011.

de um fio de cabelo humano. **A nanoescala compreende dimensões entre, aproximadamente, 1 e 100 nanômetros. A partir da nanotecnologia, seja por meio de processos para o melhoramento da vida humana; sendo os campos de aplicabilidade muito vastos.** Entretanto, é na medicina que essa nova tecnologia propõe maiores avanços. Desde as doenças mais comuns até as mais raras, de difícil tratamento ou, até mesmo, fadadas pela própria medicina à impossibilidade de cura, o novo contexto nanotecnológico promete solucionar.⁸⁸ (grifou-se)

As tecnologias nano apresentam-se, por sua multidisciplinariedade, eis que o domínio de suas partículas com dimensões singularmente pequenas, constituem “propriedades mecânicas, óticas, magnéticas e químicas, constantemente inovadoras”, possuindo diversos segmentos de aplicação na sociedade.⁸⁹ Isto é, para cada tipo de segmento, existem profissionais das mais diversas áreas que manipulam os nanomateriais e realizam as devidas pesquisas antes de dispor a nanotecnologia ao consumidor final.

A literatura jurídica consultada, aduziu que a manipulação de nanopartículas é uma das transformações mais emblemáticas dos perigos ecológicos contemporâneos e política de meio ambiente, eis que a partir dos vastos produtos nanotecnológicos disponíveis, seus riscos seriam desconhecidos. A partir disso, pode vir a pairar a incerteza quanto a sua segurança, podendo acarretar consequências desastrosas ao meio ambiente e à saúde humana, para as atuais e futuras gerações.⁹⁰

Na literatura predominante, tem-se que as nanotecnologias, caracterizam-se, do ponto de vista jurídico-ambiental, pela contingência entre os seus benefícios e malefícios: "há possibilidades extremamente benéficas para o ser humano e para o ambiente com o seu desenvolvimento; ao lado disto, contudo,

⁸⁸ FLORES, André Stringhi. Direito Ambiental, Mínimo Essencial Ecológico e as Nanotecnologias – O cuidado com uma (nova) perspectiva hermenêutica à tecnologia em escala nanométrica. **Revista de Direito Ambiental**, v. 72, out-dez. 2013.

⁸⁹ KÖLLING, Gabrielle Jacobi; MARTINI, Sandra Regina. O Uso de Nanotecnologias na Produção de Medicamentos: o Estado da Arte da Regulação no Brasil. **Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM**, v. 10, n. 2, 2015, p. 592-618, p. 594-595. Disponível em: <file:///C:/Users/consulta21.PORTOALEGRE.005/Downloads/19689-97493-1-PB.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2017.

⁹⁰ ENGELMANN, Wilson; BORGES, Gustavo Silveira. Responsabilidade civil médica pela utilização da nanotecnologia para modificação genética. **Revista de Direito do Consumidor**, Novos Desafios da Responsabilidade Civil, RDC, v. 93, mai-jun. 2014.

apresentam-se possibilidades catastróficas concernentes ao seu uso desmedido e desregrado".⁹¹

3.2 DOS IMPACTOS DA NANOTOXICOLOGIA E NANOPOLUIÇÃO

Conforme já discorrido, as nanopartículas são extremamente pequenas, medindo menos de um centésimo de bilionésimo de metro, sendo regidas “por leis físicas muito diferentes daquelas com as quais a ciência está acostumada”.⁹² Em virtude disso, estudos demonstram que existe certa probabilidade de que elas possam vir a apresentar um grau de toxicidade maior em relação as partículas de tamanhos considerados normais, o que pode vir a ocasionar “riscos à saúde e segurança de pesquisadores, trabalhadores e consumidores”,⁹³ além do próprio meio ambiente.

Tem-se que toxicologia é “a ciência que estuda os efeitos adversos de agentes de natureza física, química ou biológica sobre os biosistemas, tendo como meta o tratamento, o diagnóstico e, principalmente, a prevenção da intoxicação”.⁹⁴ Atualmente ela desempenha um papel fundamental para a sustentabilidade do meio ambiente. Sendo assim, a “nanotoxicologia emerge como uma nova divisão dentro das ciências toxicológicas, tendo como objeto de estudo os nanomateriais”⁹⁵ e a preocupação como eles seriam manipulados,

⁹¹ FORNASIER, Mateus de Oliveira. O óbice da falta de conhecimento contra a efetividade do princípio constitucional da participação democrática na regulação do risco nanotecnológico. **Revista de Direito Constitucional e Internacional**, v. 91, abr–jun. 2015.

⁹² ENGELMANN, Wilson; HOHENDORFF, Raquel Von; WÜNSCH, Guilherme. As nanotecnologias no cenário do diálogo entre as fontes do direito: o caso da convenção coletiva de trabalho. In: FINCATO, Denise Pires (Org.). **Novas Tecnologias, Processo e Relações de Trabalho**. Porto Alegre: Sapiens, 2015. p. 91-111. p. 95.

⁹³ ENGELMANN, Wilson; HOHENDORFF, Raquel Von; WÜNSCH, Guilherme. As nanotecnologias no cenário do diálogo entre as fontes do direito: o caso da convenção coletiva de trabalho. In: FINCATO, Denise Pires (Org.). **Novas Tecnologias, Processo e Relações de Trabalho**. Porto Alegre: Sapiens, 2015. p. 91-111. p. 95.

⁹⁴ MARTINEZ, Diego Stéfani Teodoro; ALVES, Luiz Oswaldo. Interação de nanomateriais com biosistemas e a nanotoxicologia: na direção de uma regulamentação. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 65, n. 3, 2013. Disponível em: < http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252013000300012&script=sci_arttext>. Acesso em: 14 jun. 2017.

⁹⁵ MARTINEZ, Diego Stéfani Teodoro; ALVES, Luiz Oswaldo. Interação de nanomateriais com biosistemas e a nanotoxicologia: na direção de uma regulamentação. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 65, n. 3, 2013. Disponível em: < http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252013000300012&script=sci_arttext>. Acesso em: 14 jun. 2017.

sintetizados pelo organismo humano, descartados nos mais diferentes ambientes, sem o devido controle e regulamentação legais.⁹⁶

E, sobre a alteração comportamental das nanopartículas, é ponderoso sublinhar:

E quanto à alteração do comportamento das substâncias em escalas menores, pode-se dizer que as substâncias que são estáveis em dimensões maiores tornam-se reativas; isolantes podem se tornar condutoras; opacas podem se tornar transparentes. Como exemplos podem ser citados o carbono que na forma de grafite é maleável, mas em escala nano, na forma de nanotubo, é mais resistente que o aço e até seis vezes mais leve e o alumínio que em escala nano entra em combustão espontaneamente.⁹⁷ (negritou-se)

Nessa acepção, Engelmann explica o seguinte:

(...) À medida em que o tamanho de uma partícula diminui e se aproxima da nano escala, muitas propriedades começam a mudar em comparação com o mesmo material no seu tamanho macro (...). Cita-se, como exemplo, a cor e a temperatura de fusão do ouro, as quais são muito diferentes em nano escala que em ouro convencional. **Os efeitos tóxicos de materiais que se mostram como inertes na escala macro, também são muito diferentes na escala nano.** Como a área de superfície de partículas aumenta, uma maior proporção dos seus átomos ou moléculas começa a ser exibida na superfície, em vez de o interior do material. Existe uma relação inversa entre o tamanho das partículas e o número de moléculas presente na superfície da partícula. O aumento na área de superfície determina o número potencial de grupos reativos sobre a partícula. **A alteração das propriedades físico-químicas e estruturais das nanopartículas com uma diminuição do tamanho poderá ser responsável por uma série de interações materiais que podem levar a efeitos toxicológicos. Aí o cenário para a nanotoxicologia.** Esses fenômenos deverão ser comunicados aos consumidores. Como fazê-lo? Como transformar a linguagem técnica em comunicação compreensível? São questões que não estão sendo devidamente

⁹⁶ MARTINEZ, Diego Stéfani Teodoro; ALVES, Luiz Oswaldo. Interação de nanomateriais com biosistemas e a nanotoxicologia: na direção de uma regulamentação. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 65, n. 3, 2013. Disponível em: < http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252013000300012&script=sci_arttext>. Acesso em: 14 jun. 2017.

⁹⁷ ANDRADE, Luis Renato. Avaliação e Prevenção da Exposição a Nanomateriais no Ar: uma visão da higiene ocupacional. 14º Congresso da AMAT. maio 210. Disponível em: <http://www.anamt.org.br/?id_materia=58>. Acesso em: 05 ago. 2015 *apud* ENGELMANN, Wilson; HOHENDORFF, Raquel Von; WÜNSCH, Guilherme. As nanotecnologias no cenário do diálogo entre as fontes do direito: o caso da convenção coletiva de trabalho. In: FINCATO, Denise Pires (Org.). **Novas Tecnologias, Processo e Relações de Trabalho**. Porto Alegre: Sapiens, 2015. p. 91-111. p. 95.

tratadas pelas empresas que produzem a partir da nano escala e vendem os seus produtos no mercado do consumidor.⁹⁸ (negritou-se)

Engelmann, Hohendorff e Wünsch destacam que “a ausência de estudos sobre a interação da aplicação das nanotecnologias com o meio ambiente (ar, água e solo) expõe a possibilidade de ocorrência de riscos ambientais e também riscos em relação aos seres humanos”.⁹⁹ Nesse cariz, emergiriam indubitáveis indagações acerca dos “riscos atrelados na manipulação e desenvolvimento de novas nanotecnologias”.^{100 101}

Por outro ângulo, percebe-se que Engelmann, Hohendorff e Wünsch não trazem em seu estudo qual o tipo de nanotecnologia que poderia oferecer mencionados riscos, tampouco como se daria o contato da nanopartícula com o meio ambiente ou ser humano.

Nessa ótica, tem-se que quando são realizados estudos jurídicos sobre nanotecnologia, necessário se faz mencionar qual é o processo do nanomaterial a ser analisado, bem como se dá sua etapa procedimental, ou seja, da manipulação da nanopartícula, do descarte das residuais, até a chegada da

⁹⁸ ENGELMANN, Wilson. A utilização de nanopáticas de zinco na indústria do plástico: o consumidor estará seguro? **Revista de Direito do Consumidor**, v. 102, nov-dez. 2015.

⁹⁹ ENGELMANN, Wilson; HOHENDORFF, Raquel Von; WÜNSCH, Guilherme. As nanotecnologias no cenário do diálogo entre as fontes do direito: o caso da convenção coletiva de trabalho. In: FINCATO, Denise Pires (Org.). **Novas Tecnologias, Processo e Relações de Trabalho**. Porto Alegre: Sapiens, 2015. p. 91-111. p. 95.

¹⁰⁰ ENGELMANN, Wilson; HOHENDORFF, Raquel Von; WÜNSCH, Guilherme. As nanotecnologias no cenário do diálogo entre as fontes do direito: o caso da convenção coletiva de trabalho. In: FINCATO, Denise Pires (Org.). **Novas Tecnologias, Processo e Relações de Trabalho**. Porto Alegre: Sapiens, 2015. p. 91-111. p. 95.

¹⁰¹ “(...) Qual é a toxicidade destes materiais, que podem ser muito diferentes das do mesmo material em escala maior? Qual é a dose-resposta destes materiais? Quais são os métodos apropriados para testes de toxicidade? Os mecanismos de controle recomendados pela Higiene ocupacional são suficientes? Quais os impactos para a saúde daqueles que eventualmente manipularão uma nano partícula? Já existem estudos a este respeito? Quem é o responsável pela aplicação dos estudos? E as responsabilidades em caso de consequências adversas? Como mensurar a toxicidade? Quais os processos de fabricação envolvidos? Que possíveis produtos tóxicos são usados na fabricação de produtos nano? Quais são os dejetos? Qual o efeito dos produtos e seus dejetos em contato com o meio ambiente? Como avaliar a possível exposição? Qual a extensão da translocação destas partículas no organismo? Qual a interação das nanopartículas com os contaminantes presentes nos locais de trabalho? Como fazer, de modo seguro, o manuseio, transporte, armazenamento e descarte dos nanomateriais?” (ENGELMANN, Wilson; HOHENDORFF, Raquel Von; WÜNSCH, Guilherme. As nanotecnologias no cenário do diálogo entre as fontes do direito: o caso da convenção coletiva de trabalho. In: FINCATO, Denise Pires (Org.). **Novas Tecnologias, Processo e Relações de Trabalho**. Porto Alegre: Sapiens, 2015. p. 91-111. p. 95-96.)

nanotecnologia ao consumidor final. Somente com a análise minuciosa destas informações pode-se afirmar sobre aspectos nanotoxicológicos ou nanopoluidores, sem isso são meras reflexões, sem argumentação técnica científica, necessária para a credibilidade do estudo.

Por esse viés, o Grupo de Nanomedicina e Nanotoxicologia (GNano),¹⁰² de pesquisas efetuadas no Instituto de Física de São Carlos, na Universidade de São Paulo (USP), vem pesquisando o impacto de nanomateriais na saúde humana, agricultura e no meio ambiente. Pioneiros neste tipo de pesquisa no Brasil, referem que mostra-se necessário ter ciência o quão tóxicas são as nanopartículas e em quais concentrações o são¹⁰³, veja-se:

A preocupação com o meio ambiente surge, para além da preocupação com a saúde humana, quando se tem, por exemplo, desodorantes compostos por nanopartículas, e mesmo objetos que podem ser constituídos por nanotubos de carbono, como algumas raquetes de tênis. “Esses materiais foram produzidos em algum lugar, logo, algum trabalhador teve contato com as nanopartículas”, ressalta o docente. Além disso, em algum tempo, depois da sua vida útil, esses materiais serão descartados e irão para o ambiente”, revela o pesquisador. Assim, no campo da econanotoxicologia, o Gnano trabalha com peixes e algas do ecossistema brasileiro, avaliando o impacto toxicológico de nanomateriais em ambientes aquáticos. Inaugura-se ainda uma nova vertente de pesquisa, alinhada a uma preocupação global, em que o grupo inicia estudos sobre biodecomposição de nanomateriais.¹⁰⁴

Subsistem outras pesquisas que demonstram “os riscos da exposição do trabalhador às externalidades da produção envolvendo nanotecnologia”,¹⁰⁵ elencando “possibilidades de contaminação nas etapas de produção, transporte,

¹⁰² GNano é um grupo multidisciplinar, formado por alunos que vão da iniciação científica e graduação ao pós-doutorado. Entre os pesquisadores encontram-se físicos, químicos, farmacêuticos, biólogos, engenheiros, médicos e biotecnólogos.

¹⁰³ PRADO, Juliana Pinheiro. Grupo GNano diversifica pesquisa em nanomedicina e em nanotoxicologia. **Universidade de São Paulo**, Brasil, 19 dez. 2014. Disponível em: <<http://www5.usp.br/76732/grupo-gnano-diversifica-pesquisa-em-nanomedicina-e-em-nanotoxicologia/>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

¹⁰⁴ PRADO, Juliana Pinheiro. Grupo GNano diversifica pesquisa em nanomedicina e em nanotoxicologia. **Universidade de São Paulo**, Brasil, 19 dez. 2014. Disponível em: <<http://www5.usp.br/76732/grupo-gnano-diversifica-pesquisa-em-nanomedicina-e-em-nanotoxicologia/>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

¹⁰⁵ FORNASIER, Mateus de Oliveira. O Óbice da falta de conhecimento contra a efetividade do princípio constitucional da participação democrática na regulação do risco nanotecnológico. **Revista de Direito Constitucional e Internacional**, v. 91, abr-jun 2015.

armazenamento e tratamento de resíduos”.¹⁰⁶ Fornasier ressalta que as nanopartículas residuais ao entrarem em contato com o meio ambiente natural, “poderiam contaminar as águas, ser transportadas pelas correntes de ar, instalar-se nos alimentos, afetando o trabalhador não apenas no ambiente de trabalho, mas também em sua dimensão de consumidor”.¹⁰⁷

Contudo, Fornasier ao trazer o assunto sobre nanopartículas residuais, não elenca qual o tipo de nanopartícula trata-se e, não analisa tecnicamente o que seria uma nanopartícula residual, bem como se ela teria o mesmo efeito toxicológico da nanopartícula manuseada em laboratório.

Nesse contexto, observa-se que um grupo de cientistas das Universidades Rice e Geórgia, nos Estado Unidos da América, reuniram-se a fim de investigar possíveis impactos ambientais nos rejeitos e destinação final das inúmeras nanotecnologias existentes.¹⁰⁸ Uma de suas indagações é a possibilidade de “prever o destino e a forma como se dá o transporte de rejeitos de nanomateriais em ecossistemas, e se os nanomateriais se comportam da mesma forma que os poluentes ambientais mais comuns.”¹⁰⁹

Reyes, Nájera e Domínguez discorrem acerca da possibilidade toxicológica de determinadas nanopartículas:

Una de las mayores preocupaciones acerca de la toxicología de las nanopartículas proviene del hecho que muchas de ellas poseen propiedades redox o son fotoactivas. Por ejemplo, **las nanopartículas de dióxido de titanio presentes en una gran cantidad de bloqueadores solares son fotocatalíticas, por lo que la exposición al sol genera radicales libres que podrían degradar a los componentes del producto o bien atacar a las biomoléculas del usuario, sin embargo, aunque los estudios no muestran que en realidad exista algún riesgo tampoco los descarta**

¹⁰⁶ FORNASIER, Mateus de Oliveira. O Óbice da falta de conhecimento contra a efetividade do princípio constitucional da participação democrática na regulação do risco nanotecnológico. **Revista de Direito Constitucional e Internacional**, v. 91, abr-jun 2015.

¹⁰⁷ FORNASIER, Mateus de Oliveira. O Óbice da falta de conhecimento contra a efetividade do princípio constitucional da participação democrática na regulação do risco nanotecnológico. **Revista de Direito Constitucional e Internacional**, v. 91, abr-jun 2015.

¹⁰⁸ Não foi encontrada na literatura onde se opera o destino final de nanopartículas.

¹⁰⁹ QUAIS os riscos da nanotecnologia para o Meio Ambiente. **Inovação Tecnológica**, 22 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010165050322#.WUVqzYwrLcs>>. Acesso em: 17 jun. 2017.

completamente.² Algunas nanopartículas pueden atravesar fácilmente la membrana celular y unirse de manera muy selectiva a las mitocondrias, pudiendo desde el punto de vista médico servir como liberadores muy eficientes de medicamentos,³ sin embargo, si se esparcieran al ambiente en su forma activa podrían atacar indiscriminadamente a células de personas sanas. **Uno de los pocos estudios relevantes del efecto de nanopartículas de carbono en ratones demostró que éstas inducen granulomas dependientes de la concentración y, en algunos casos, inflamación intersticial en los animales.**⁴ En una investigación realizada recientemente se demostró que los **Fulerenos C60, uno de los nanomateriales con mayor potencial, inducen estrés oxidativo en peces.**⁵ Se ha encontrado que las nanopartículas poseen cualidades muy parecidas a las de los asbestos, los cuales se dejaron de usar por ser altamente cancerígenos.¹¹⁰

Especificamente sobre os efeitos nocivos de alguns tipos de nanopartículas, à base de carbono ou óxido de metálicos, na placenta e sobre as nanopartículas contidas no organismo da gestante para o embrião ou feto, durante o desenvolvimento pré-natal, Delgado e Paumgartten demonstraram que:

(...) os estudos experimentais realizados até agora indicaram que vários tipos de NPs podem ter efeitos adversos ao desenvolvimento embrionário de invertebrados como ouriços do mar, ostras e caramujos de água doce, de vertebrados não mamíferos (peixes e sapos) e de mamíferos (ratos e camundongos). Além disso, alguns estudos em roedores encontraram evidências de que algumas NPs tóxicas atravessaram a placenta e atingiram o compartimento do embrião/feto. No entanto, as diferenças no desenvolvimento e na função placentária no início da gravidez entre diferentes espécies (por exemplo, saco vitelino invertido em ratos em relação às vilosidades coriônicas em humanos) torna inviável a extrapolação dos resultados de roedores para humanos. Com exceção dos estudos ex vivo utilizando placentas perfusadas, pouco sabemos a respeito da capacidade da placenta humana de incorporar e transferir NPs ao embrião/feto. Até onde sabemos não há estudos de toxicidade para o desenvolvimento de NPs em primatas não-humanos e em outros mamíferos além de roedores.
(...)

Nesta revisão o foco dos autores foi principalmente a avaliação dos riscos potenciais ao desenvolvimento apresentados por NPs, o que constitui o primeiro passo da avaliação de risco (identificação de riscos). No entanto, é importante ressaltar que faltam análises quantitativas confiáveis de exposição humana (incluindo mulheres em idade fértil) às NPs existentes, e sem essas informações é impossível avaliar adequadamente e gerenciar os riscos à saúde. A identificação e avaliação de potenciais riscos à saúde humana oriundos de produtos nanotecnológicos é um dos desafios atualmente enfrentados pelos toxicologistas, especialmente aqueles que lidam com toxicologia

¹¹⁰ REYES, Horacio; NÁJERA, Hugo; DOMÍNGUEZ, Arturo Rojo. La nanotecnología y sus riesgos: el nacimiento de la nanotoxicología. Razón y Palabra, **Revista Electrónica en Latinoamérica Especializada en Comunicación**, n. 68, 2009. Departamento de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Cuajimalpa, México. Disponível em: <<http://www.razonypalabra.org.mx/N/n68/10hreyes.html>>. Acesso em: 13 jun 2017.

reprodutiva e do desenvolvimento. De fato, qualquer utilização segura desta fascinante tecnologia na medicina e em produtos de consumo exige uma abordagem de testes toxicológicos igualmente inovadora.¹¹¹

Além destas análises, ressaltaram que a “identificação e avaliação de potenciais riscos à saúde humana oriundos de produtos nanotecnológicos é um dos desafios atualmente enfrentados pelos toxicologistas, especialmente aqueles que lidam com toxicologia reprodutiva e do desenvolvimento.”¹¹² Salientando, por último, em seu estudo, que estas novas tecnologias exigem testes toxicológicos igualmente inovadores.¹¹³

Nesse âmbito, observa-se que outros estudos analisam que as partículas nano são de fácil propagação pelo ar, bem como absorção pelo corpo humano. No momento em que são inaladas, as nanopartículas inferiores a 100nm, acabam por penetrar na célula e as menores que 40nm ingressam com facilidade no núcleo celular. Outras, “menores de 30nm atravessam a barreira hematoencefálica (barreira esta que impede que substâncias externas alcancem o cérebro), levando, assim, a indagação sobre a possibilidade das nanopartículas cruzarem a placenta e atingirem o desenvolvimento do feto”.¹¹⁴ Sem embargo, paira incerteza de quando se daria a possibilidade de inalação das nanopartículas, e, novamente, quais partículas nano estão sendo avaliadas para afirmar tal assertiva.

¹¹¹ DELGADO, Isabella Fernandes; PAUMGARTTEN, Francisco J.R. Desafios atuais da pesquisa em toxicologia: avaliação da toxicidade de nanomateriais manufaturados para o desenvolvimento. **Revista Visa em Debate**: sociedade, ciência e tecnologia, v. 1, n. 4, 2013, p. 11-24, p. 20. Disponível em: <<https://visaemdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/view/114/109>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

¹¹² DELGADO, Isabella Fernandes; PAUMGARTTEN, Francisco J.R. Desafios atuais da pesquisa em toxicologia: avaliação da toxicidade de nanomateriais manufaturados para o desenvolvimento. **Revista Visa em Debate**: sociedade, ciência e tecnologia, v. 1, n. 4, 2013, p. 11-24, p. 20. Disponível em: <<https://visaemdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/view/114/109>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

¹¹³ DELGADO, Isabella Fernandes; PAUMGARTTEN, Francisco J.R. Desafios atuais da pesquisa em toxicologia: avaliação da toxicidade de nanomateriais manufaturados para o desenvolvimento. **Revista Visa em Debate**: sociedade, ciência e tecnologia, v. 1, n. 4, 2013, p. 11-24, p. 20. Disponível em: <<https://visaemdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/view/114/109>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

¹¹⁴ O'MATHÚNA, Dónald P. Nanoethis – Big ethical issues whit small technology. Nova Iorque: Continuum, 2009 *apud* FLORES, André Stringhi. Direito Ambiental, Mínimo Essencial Ecológico e as Nanotecnologias – O cuidado com uma (nova) perspectiva hermenêutica à tecnologia em escala nanométrica. **Revista de Direito Ambiental**, v. 72, out-dez. 2013.

Ainda, sobre os efeitos toxicológicos de nanopartículas, testes realizados com determinados animais acarretaram em danos:¹¹⁵

- cerebrais: “exposição de peixes a uma quantidade muito baixa de (nano)fluoreto em 48 horas desencadeou a penetração da substância no organismo dos animais, desenvolvendo danos ao cérebro.”¹¹⁶

- suscetibilidade à coagulação do sangue: “coelhos tiveram um aumento na suscetibilidade à coagulação do sangue após a ingestão de fulerenos (terceira forma mais estável do carbono, após o diamante e o grafite).”¹¹⁷

- danos pulmonares: “estudos sobre a inalação de nanopartículas de dióxido de titânio com ratos, no período de um a três semanas, constataram que os ratos apresentaram um quadro inflamatório moderado, porém significativo, especialmente nos pulmões.”¹¹⁸

- consequências graves na formação de embriões: “submissão de peixes ao contato com nanotubos de carbono acarretou problemas na formação dos embriões, diminuindo a procriação dos animais, comprovando a toxicidade das pequenas partículas.”¹¹⁹

Ademais, foi veiculada uma notícia no ano de 2009 que “sete jovens chinesas sofreram danos permanentes aos pulmões e duas delas morreram depois de trabalhar durante meses, sem proteção, numa fábrica que tintas que

¹¹⁵ Importante sublinhar, entretanto, que os autores que trouxeram o resultado dos testes, não informaram a fonte do estudo e nem os motivos pelos quais tais nanopartículas foram testadas nos diferentes animais, bem como se no meio ambiente natural eles poderiam ter contato com tais partículas espontaneamente. Foi utilizada a fonte em virtude de angariar literatura aos efeitos toxicológicos, contudo a autora do presente trabalho entende que outras indagações e pesquisas deveriam ter sido elencadas juntamente com o estudo colacionado.

¹¹⁶ FLORES, André Stringhi; JUNIOR, Juliano Dossena; ENGELMANN, Wilson. Nanotecnologias e Código de Defesa do Consumidor: um olhar a partir do princípio da precaução. **Revista de Direito do Consumidor**, v. 19, n. 76, p. 152-176, out.-dez. 2010.

¹¹⁷ FLORES, André Stringhi; JUNIOR, Juliano Dossena; ENGELMANN, Wilson. Nanotecnologias e Código de Defesa do Consumidor: um olhar a partir do princípio da precaução. **Revista de Direito do Consumidor**, v. 19, n. 76, p. 152-176, out.-dez. 2010.

¹¹⁸ FLORES, André Stringhi; JUNIOR, Juliano Dossena; ENGELMANN, Wilson. Nanotecnologias e Código de Defesa do Consumidor: um olhar a partir do princípio da precaução. **Revista de Direito do Consumidor**, v. 19, n. 76, p. 152-176, out.-dez. 2010.

¹¹⁹ FLORES, André Stringhi; JUNIOR, Juliano Dossena; ENGELMANN, Wilson. Nanotecnologias e Código de Defesa do Consumidor: um olhar a partir do princípio da precaução. **Revista de Direito do Consumidor**, v. 19, n. 76, p. 152-176, out.-dez. 2010.

usava nanopartículas”.¹²⁰ Após este fato, cientistas da Universidade de Bristol, em Londres, “testaram o impacto de altas concentrações de nanopartículas metálicas no DNA em um experimento de laboratório”,¹²¹ referindo que elas podem vir a danificar o DNA de células, trazendo a questão da insegurança do uso de certas nanotecnologias.^{122 123}

Por outro ângulo, Aguiar entende que, embora existam estudos em andamento, é mínimo o conhecimento pelos pesquisadores sobre o comportamento de um nanomaterial ou dos seus riscos para o meio ambiente e saúde humana, quando ele entra em fluxo de resíduo final do seu ciclo de vida, bem como sobre o seu processo de transformação em estações de tratamento de resíduos.¹²⁴ Neste cenário, frisa:

Não existe um marco legal especial para um tratamento separado de resíduos contendo nanomateriais ou a monitorização dos processos. Um pré-requisito para esse quadro seria o conhecimento exato sobre os nanomateriais que estão sendo usados, sua forma (espécies) e composição, potenciais processos de transformação, assim como sobre suas quantidades e concentrações. No entanto, essas informações, não estão disponíveis, e praticamente não foram realizados estudos sobre a fase de EOL dos produtos que contêm nanomateriais. Muito pouco se sabe sobre como resíduos contendo nanomateriais se comportam do ponto de vista térmico, biológico ou

¹²⁰ REUTERS. Estudo chinês documenta mortes por nanotecnologia. **Estadão**, São Paulo, 19 ago. 2009. Disponível em: <<http://ciencia.estadao.com.br/noticias/geral,estudo-chines-documenta-mortes-por-nanotecnologia,421451>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

¹²¹ REUTERS. Nanopartículas podem danificar DNA à distância, diz estudo. **Jornal do Brasil**, 06 nov. 2009. Disponível em: <<http://m.jb.com.br/ciencia-e-tecnologia/noticias/2009/11/06/nanopartículas-podem-danificar-dna-a-distância-diz-estudo/>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

¹²² REUTERS. Nanopartículas podem danificar DNA à distância, diz estudo. **Jornal do Brasil**, 06 nov. 2009. Disponível em: <<http://m.jb.com.br/ciencia-e-tecnologia/noticias/2009/11/06/nanopartículas-podem-danificar-dna-a-distância-diz-estudo/>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

¹²³ Nesse ínterim, pensa-se que, embora não exista literatura neste sentido, as Empresas que lidam com nanotecnologias, devem obedecer a regras de segurança dos trabalhadores que lidam diretamente com nanopartículas, a fim de zelar pela segurança e saúde. Ficam as indagações: estas regras de segurança são fiscalizadas de modo satisfatório pelos respectivos órgãos? Quem deveria criar as regras de procedimentos e segurança do trabalhador/pesquisador? O direito, primando pela saúde do trabalhador, pela dignidade da pessoa humana e meio ambiente ecologicamente equilibrado, deveria interferir, de modo a legislar como devem se dar as condutas procedimentais nos demasiados ambientes onde pesquisadas as nanotecnologias?

¹²⁴ AGUIAR, André Luiz. A diferença entre nanolixo e nanopoluentes no meio ambiente. **Nanotecnologia e Direito**, 2015. Disponível em: <<http://nanolei.blogspot.com.br/2015/05/a-diferença-entre-nanolixo-e.html>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

mecânico-biológico nas estações de tratamento de resíduos, ou em aterros sanitários.¹²⁵

Silva, Guimarães, Pereira e França reforçam que a nanopoluição seria o tipo de poluição mais perigosa ao planeta, considerando que as nanopartículas quando submetidas ao meio natural, poderiam facilmente se dissipar no ar por grandes distâncias. Além deste fato, salientam que os nanopoluentes não existem no meio ambiente natural e, em virtude disso as células já então presentes no nosso meio não teriam as defesas necessárias para lidar com os mesmos, provocando danos ainda não conhecidos pela ciência.¹²⁶

Em contrapartida, Guterres e Pohlmann referem que “as propriedades e efeitos em nanoescala podem levantar preocupações quanto ao potencial de causar danos à saúde humana e ao meio ambiente”,¹²⁷ contudo ao seu entender “os nanomateriais não representam necessariamente um risco maior para a saúde humana, ou para o ambiente, do que as substâncias químicas em geral”:¹²⁸

Os riscos e os benefícios dependem dos efeitos biológicos específicos de cada nanomaterial, da forma como ele é usado ou consumido, do seu transporte, da sua transformação e/ou biopersistência e labilidade. Os impactos de alguns nanomateriais podem ser semelhantes àqueles apresentados por materiais de natureza química similar não-nanoestruturados. Além disso, os riscos dos nanomateriais podem ser atenuados através da otimização de formulação, do uso de embalagem adequada, assim como pela forma de uso no local de trabalho e no mercado, e pela forma pela qual são descartados.¹²⁹

¹²⁵ AGUIAR, André Luiz. A diferença entre nanolixo e nanopoluentes no meio ambiente. **Nanotecnologia e Direito**, 2015. Disponível em: <<http://nanolei.blogspot.com.br/2015/05/a-diferenca-entre-nanolixo-e.html>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

¹²⁶ SILVA, Mauro Afonso da; GUIMARÃES, Paulo Celso L.; PEREIRA Tatiany Dias; FRANÇA, Adenilda Cristina Honório. Biomateriais e sua biocompatibilidade numa abordagem multidisciplinar na área de saúde, alimentos funcionais e medicina regenerativa. **Interdisciplinar: Revista Eletrônica da Univar**, v. 1, n. 8, 2012, p. 87-90, p. 88. Disponível em: <<http://revista.univar.edu.br/index.php/interdisciplinar/article/view/77>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

¹²⁷ GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. Relatório de Acompanhamento Setorial. Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI**, 2013, f. 27. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

¹²⁸ GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. Relatório de Acompanhamento Setorial. Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI**, 2013, f. 27. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

¹²⁹ GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. Relatório de Acompanhamento Setorial. Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. **Agência Brasileira de**

De acordo com a literatura consultada, existe certa dificuldade, pelos juristas, em compreender como se dá a toxicidade de certos materiais em nanoescala,¹³⁰ em virtude de especificidades técnicas do assunto, bem como pela multidisciplinariedade que norteia o estudo dos nanomateriais.

Percebe-se que cada tipo de nanopartícula é pesquisada de forma distinta pelo cientista adequado. Somado a este fato, observa-se vasta bibliografia que menciona os potenciais riscos nanotoxicológicos e nanopoluentes do uso de materiais em nano escala para a saúde humana e para o meio ambiente, mostrando-se necessário, ao menos, a criação de guias de segurança na sua manipulação, transporte e descarte, como já existem nas principais agências de saúde da União Européia e Estados Unidos da América.¹³¹

3.3 NANOTECNOLOGIAS VERDES

Através de pesquisas realizadas, existem hodiernamente inúmeras nanotecnologias benéficas ao meio ambiente, denominadas “nanotecnologias verdes”. Elas caracterizam-se pela “preocupação crescente com questões relacionadas à sustentabilidade utilizando métodos e materiais que visam à geração de produtos com impacto ambiental reduzido associado a ganhos econômicos e sociais”.¹³² Veja-se:

Nanotecnologia verde tem dois objetivos: a produção de nanomateriais sem prejudicar o meio ambiente ou saúde humana e a fabricação de nanoproductos que oferecem soluções para os problemas ambientais.

Desenvolvimento Industrial – ABDI, 2013, f. 27. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

¹³⁰ MARTINEZ, Diego Stéfani Teodoro; ALVES, Luiz Oswaldo. Interação de nanomateriais com biosistemas e a nanotoxicologia: na direção de uma regulamentação. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 65, n. 3, 2013. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252013000300012&script=sci_arttext>. Acesso em: 14 jun. 2017.

¹³¹ FOLADORI, Guillermo. Políticas Pública em Nanotecnología em América Latina. **Problemas del Desarrollo**, v. 47, n. 186, jul-set. 2016, p. 59-81. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301703616300232>>. Acesso em 14 jun. 2017.

¹³² SILVA, Luciano Paulino; BONATTO, Cíntia Caetano; PEREIRA, Flávio Duque Estrada Soares [et al]. Nanotecnologia verde para síntese de nanopartículas metálicas. In: SOCCOL, Carlos Ricardo; FRANÇA, Luiz Renato de. **Biotecnologia Aplicada à Agro&Indústria**. Fundamentos e Aplicações. São Paulo: Blucher, 2017, p. 967-1012, p. 968.

Utiliza princípios existentes de química e engenharia verde para fazer nano-materiais e nano-produtos sem ingredientes tóxicos, com baixas temperaturas, usando menos energia e insumos renováveis sempre que possível, além do pensamento de ciclo da vida em todas as fases de concepção e engenharia.

Tem aplicação ambiental para viabilizar os processos de produção atuais à produção de materiais e produtos ecológicos. Por exemplo, em nano-escala, membranas podem ajudar a separar produtos por reações desejadas a partir de materiais de resíduos químicos.

Catalisadores de nano-escala podem fazer reações químicas eficientes e menos desperdício. Sensores formam parte de sistemas de controle de processo, trabalhando com informação nano-habilitada e usando métodos alternativos de energia que tornam possíveis processos de fabricação verde.

O segundo objetivo da nanotecnologia verde envolve o desenvolvimento de produtos que beneficiam o meio ambiente.

Nano-materiais podem limpar resíduos perigosos, dessalinizar água, monitorar poluentes ambientais, entre outras funções.

Nano-compósitos leves para automóveis e outros meios de transporte podem economizar combustível e reduzir os materiais utilizados para a produção. Nanotecnologia permitiu desenvolvimento dos diodos emissores de luz.

Reduza a poluição de geração de energia e ajude a conservar combustíveis fósseis. Autolimpeza em nano-escala traz revestimentos de superfície que poderiam reduzir ou eliminar a presença de produtos químicos de limpeza utilizados em rotinas de manutenção regulares.

A vida útil da bateria pode levar ao uso de menos materiais e resíduos. Nanotecnologia verde tem visão ampla de sistemas de nano-materiais e produtos, assegurando que as consequências imprevistas sejam minimizadas aos impactos esperados ao longo do ciclo de vida.¹³³ (negritou-se)

Rai, usa o vernáculo “nanobiotecnologia”, como sendo “uma ciência avançada e altamente interdisciplinar, sendo a combinação entre nanotecnologia e biotecnologia”.¹³⁴ Menciona que a “nanobiotecnologia verde”, usaria fontes da química verde para o desenvolvimento sustentável do meio ambiente, baseando-se “em princípios limpos de sínteses de nanopartículas, como, por exemplo, a partir de processos biotecnológicos”.¹³⁵

¹³³ PLANTIER, Renato Duarte. Aplicações Ambientais: Nanotecnologia e Química Verde. **Gestão Ambiental**, 2013. Disponível em: <<http://meioambiente.culturamix.com/gestao-ambiental/aplicacoes-ambientais-nanotecnologia-e-quimica-verde>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

¹³⁴ RAI, Mahendra. Nanobiotecnologia verde: biossínteses de nanopartículas metálicas e suas aplicações como nanoantimicrobianos. Traduzido por: Germana Barata e Diego Stéfani. **Ciência e Cultura**, v. 65, n. 3, São Paulo, 2013. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252013000300014>. Acesso em: 14 jun. 2017.

¹³⁵ RAI, Mahendra. Nanobiotecnologia verde: biossínteses de nanopartículas metálicas e suas aplicações como nanoantimicrobianos. Traduzido por: Germana Barata e Diego Stéfani. **Ciência e Cultura**, v. 65, n. 3, São Paulo, 2013. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252013000300014>. Acesso em: 14 jun. 2017.

Explica que termos como: síntese verde, síntese biológica e síntese biogênica¹³⁶, são usados para “a síntese ecologicamente correta de nanopartículas”,¹³⁷ mencionando que estas seriam “rentáveis, limpas, atóxicas e ecologicamente corretas”,¹³⁸ diferentemente daquelas que utilizam somente sínteses físicas e químicas.¹³⁹ Sustenta a necessidade da promoção da nanotecnologia verde, através da captação de pesquisadores na área, a fim de acarretar em soluções ecologicamente corretas e economicamente viáveis.¹⁴⁰

A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, em um Estudo Prospectivo de Nanotecnologia, apontou que o mapa tecnológico de nanoambiente demonstrou inúmeras oportunidades de utilizar esta nova

¹³⁶ “A via de síntese biológica tem sido efetuada, sobretudo, através do uso de bactérias, fungos, plantas, cianobactérias e actinomicetos. Existem muitos relatos de micossínteses (síntese via fungos) de nanopartículas metálicas usando diferentes espécies de *Fusarium*, nomeadas como *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Fusarium acuminatum*, *Fusarium culmorum*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus tamarisii*, *Phoma glomerata*, *Alternaria alternata*, e fungos endofíticos *Pestalotia sp.* Muitas plantas como o coentro (*Coriandrum sativum*), mamão-papaya (*Carica papaya*), o figo-da-Índia (*Opuntia ficus-indica*), datura ou maça com espinhos (*Datura metel*), árvore do caril (*Murraya koenigii*), e Skunkvine (*Paederia foetida*) têm sido usadas para a síntese de nanopartículas. O método de fitossíntese (síntese via plantas) é rápido, ecologicamente correto e rentável, com processamento *downstream* mais fácil que a micossíntese. Quando comparada à fitossíntese, a micossíntese é mais demorada e a biomassa é difícil de ser processada. Portanto, a fitossíntese chama muito a atenção de pesquisadores de todo o mundo. São três fatores chaves na síntese dessas nanopartículas metálicas: o agente redutor, o meio de reação e o agente estabilizador. Geralmente, nanopartículas biosintetizadas possuem forma esféricas.” (RAI, Mahendra. Nanobiotecnologia verde: biossínteses de nanopartículas metálicas e suas aplicações como nanoantimicrobianos. Traduzido por: Germana Barata e Diego Stéfani. **Ciência e Cultura**, v. 65, n. 3, São Paulo, 2013. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252013000300014>. Acesso em: 14 jun. 2017.)

¹³⁷ RAI, Mahendra. Nanobiotecnologia verde: biossínteses de nanopartículas metálicas e suas aplicações como nanoantimicrobianos. Traduzido por: Germana Barata e Diego Stéfani. **Ciência e Cultura**, v. 65, n. 3, São Paulo, 2013. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252013000300014>. Acesso em: 14 jun. 2017.

¹³⁸ RAI, Mahendra. Nanobiotecnologia verde: biossínteses de nanopartículas metálicas e suas aplicações como nanoantimicrobianos. Traduzido por: Germana Barata e Diego Stéfani. **Ciência e Cultura**, v. 65, n. 3, São Paulo, 2013. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252013000300014>. Acesso em: 14 jun. 2017.

¹³⁹ RAI, Mahendra. Nanobiotecnologia verde: biossínteses de nanopartículas metálicas e suas aplicações como nanoantimicrobianos. Traduzido por: Germana Barata e Diego Stéfani. **Ciência e Cultura**, v. 65, n. 3, São Paulo, 2013. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252013000300014>. Acesso em: 14 jun. 2017.

¹⁴⁰ RAI, Mahendra. Nanobiotecnologia verde: biossínteses de nanopartículas metálicas e suas aplicações como nanoantimicrobianos. Traduzido por: Germana Barata e Diego Stéfani. **Ciência e Cultura**, v. 65, n. 3, São Paulo, 2013. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252013000300014>. Acesso em: 14 jun. 2017.

tecnologia, a fim de minimizar “o uso de insumos poluentes, monitorar a quantidade destes na agricultura e no meio ambiente, amenizar a poluição possivelmente causada no meio ambiente e, finalmente, possibilitar o desenvolvimento de novos produtos de fonte renovável e biodegradáveis”.¹⁴¹

Entretanto, o presente estudo sinalizou certas necessidades, a fim de que sejam aproveitadas as melhores formas possíveis de todo o potencial de benefícios que a tecnologia nano oferece para o meio ambiente:

(...) é de extrema importância o desenvolvimento de técnicas de monitoramento e diagnóstico de nanomateriais, para investir na avaliação nanotoxicológica e análise do ciclo de vida de produtos nanotecnológicos e determinar as formas apropriadas e seguras de produção, manejo de produtos nanotecnológicos gerados pelos mais diferentes setores, assim como de possíveis resíduos de nanopartículas gerados durante o processo de produção, de descarte industrial, ou uso do produto final, que devem ser adequadamente gerenciados.¹⁴²

Em outro estudo, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, emitiu que as amplas potencialidades das nanotecnologias, “permitem propor novas soluções para diferentes e importantes problemas ligados à saúde, habitação, transportes, meio ambiente, saneamento básico, entre outras”.¹⁴³

Hoje em dia, tem-se que a nanotecnologia verde revolucionou a sustentabilidade em vários setores da agricultura. No Brasil, foi desenvolvido “um papel-filme protetor para frutas, que aumenta o tempo de comercialização do

¹⁴¹ Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Estudo prospectivo nanotecnologia**. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Brasília: ABDI, v. XX, 2010. p. 392, p. 73. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Estudo%20Prospectivo%20de%20Nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

¹⁴² Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Estudo prospectivo nanotecnologia**. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Brasília: ABDI, v. XX, 2010. p. 392, p. 73. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Estudo%20Prospectivo%20de%20Nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

¹⁴³ Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Cartilha sobre Nanotecnologia**. Agência de Desenvolvimento Industrial. Brasília: ABDI, 2010, p. 60, p. 36. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Cartilha%20nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

produto, além de ser comestível”.¹⁴⁴ ¹⁴⁵ No “setor pecuário, cientistas estão aprimorando um sistema de diagnóstico de doenças que será mais rápido do que o convencional”.¹⁴⁶ E, está sendo estudado “a criação de nanopartículas que aceleram as reações químicas na fase de decomposição dos resíduos de defensivos no meio ambiente”.¹⁴⁷

Além destes exemplos, tem-se que um grupo de cientistas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) - Recursos Genéticos e Biotecnologia, está se dedicando ao “estudo de nanossistemas para buscar rotas e caminhos sustentáveis em prol da agricultura brasileira”,¹⁴⁸ nas seguintes linhas de pesquisa:

Investigação de fibras, células, partículas e moléculas (proteínas, lipídeos, polissacarídeos, etc.) em alta resolução utilizando a microscopia de força atômica (MFA) como ferramenta de estudo;
Desenvolvimento de sensores para detecção de contaminantes e patógenos;
Desenvolvimento de sistemas de transferência de genes baseados em nanopartículas, nanocápsulas e nanotubos;
Desenvolvimento de superfícies funcionais, revestimentos comestíveis e embalagens ativas;
Desenvolvimento de sistemas nanoparticulados e lipossomais para a liberação sustentada de insumos agrícolas (fertilizantes, herbicidas, inseticidas, fungicidas) e veterinários (vacinas e fármacos);
Controle de qualidade de alimentos, bebidas, solo e água.¹⁴⁹

¹⁴⁴ NANOTECHNOLOGIA Verde. **Revista Campo e Negócios**, 16 out. 2014. Disponível em: <<http://www.revistacampoenegocios.com.br/nanotecnologia-verde-provoca-revolucao-sustentavel-na-agricultura/>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

¹⁴⁵ “No caso da maçã, o tempo de conservação aumenta de 25 dias a um mês na prateleira e pode durar até um ano em condições de refrigeração. Fernanda de Paiva Badiz Furlaneto, médica veterinária, mestre e pesquisadora do Polo Centro Oeste Paulista/APTA, ressalta que no Brasil ocorre perda de 30% da produção de frutas em geral durante a colheita e pós-colheita. Ela destaca, ainda, que a nanotecnologia pode reforçar a resistência de materiais plásticos biodegradáveis, feitos a partir de materiais como amido de milho e fibras de coco.” (NANOTECHNOLOGIA Verde. **Revista Campo e Negócios**, 16 out. 2014. Disponível em: <<http://www.revistacampoenegocios.com.br/nanotecnologia-verde-provoca-revolucao-sustentavel-na-agricultura/>>. Acesso em: 14 jun. 2017.)

¹⁴⁶ NANOTECHNOLOGIA Verde. **Revista Campo e Negócios**, 16 out. 2014. Disponível em: <<http://www.revistacampoenegocios.com.br/nanotecnologia-verde-provoca-revolucao-sustentavel-na-agricultura/>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

¹⁴⁷ NANOTECHNOLOGIA Verde. **Revista Campo e Negócios**, 16 out. 2014. Disponível em: <<http://www.revistacampoenegocios.com.br/nanotecnologia-verde-provoca-revolucao-sustentavel-na-agricultura/>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

¹⁴⁸ NANOTECHNOLOGIA verde provoca revolução sustentável na agricultura. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 18 ago. 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1975958/nanotecnologia-verde-provoca-revolucao-sustentavel-na-agricultura>>. Acesso em: 16 jun. 2017.

¹⁴⁹ NANOTECHNOLOGIA verde provoca revolução sustentável na agricultura. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 18 ago. 2014. Disponível em:

Mencionado grupo, está estudando as fibras de teias de aranhas de três biomas brasileiros (Cerrado, Mata Atlântica e Amazônia), a fim de compreender de forma distinta “os mecanismos moleculares que conferem às teias das aranhas rigidez, força e flexibilidade”,¹⁵⁰ com o intuito da utilização desse conhecimento em benefício de vários setores da indústria, a exemplificação: “têxtil, área biomédica (fios de sutura) e até mesmo o setor aeroespacial e as forças armadas, com a possibilidade de fabricação de aeronaves, paraquedas e coletes à prova de balas com materiais mais leves, resistentes e baratos”.^{151 152}

Além de vários outros nanomateriais, objetos de estudo, tem-se ponderável mencionar que o grupo da Embrapa atua em três linhas principais:

(...) avaliação das características de estruturas biológicas em nanoescala visando ao desenvolvimento de micro e nanossistemas; síntese verde de nanossistemas visando à entrega e liberação sustentada de ativos e imobilização de moléculas; e produção de superfícies funcionais visando ao desenvolvimento de embalagens ativas, nanobiorremediação, nanobiossensores; nanocatalisadores e nanofiltros.¹⁵³

Com inúmeras pesquisas em desenvolvimento, em prol da agricultura sustentável, o lema do grupo de pesquisa é a inovação através do ato de reciclar.

<<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1975958/nanotecnologia-verde-provoca-revolucao-sustentavel-na-agricultura>>. Acesso em: 16 jun. 2017.

¹⁵⁰ NANOTEKNOLOGIA verde provoca revolução sustentável na agricultura. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 18 ago. 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1975958/nanotecnologia-verde-provoca-revolucao-sustentavel-na-agricultura>>. Acesso em: 16 jun. 2017.

¹⁵¹ NANOTEKNOLOGIA verde provoca revolução sustentável na agricultura. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 18 ago. 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1975958/nanotecnologia-verde-provoca-revolucao-sustentavel-na-agricultura>>. Acesso em: 16 jun. 2017.

¹⁵² “Com relação ao estudo dos fios de aranhas naturais, trata-se de nanociência e não nanotecnologia, pois não houve qualquer alteração nas fibras das teias, apenas caracterização.” Contudo, como utilizou-se pesquisa da teia em escala manométrica e, utilizou-se de “recurso verde”, considera-se de suma importância a sua exemplificação, a fim de os cientistas promoverem cada vez mais no avanço tecnológico verde. (NANOTEKNOLOGIA verde provoca revolução sustentável na agricultura. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 18 ago. 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1975958/nanotecnologia-verde-provoca-revolucao-sustentavel-na-agricultura>>. Acesso em: 16 jun. 2017.)

¹⁵³ NANOTEKNOLOGIA verde provoca revolução sustentável na agricultura. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 18 ago. 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1975958/nanotecnologia-verde-provoca-revolucao-sustentavel-na-agricultura>>. Acesso em: 16 jun. 2017.

Nesse norte, a nanotecnologia verde, servirá como aliada na “conservação de recursos genéticos e da biotecnologia – seja com plantas, animais e microrganismos - em benefício de uma agricultura”¹⁵⁴ produtiva e ecologicamente correta, a fim de não degradar o meio ambiente natural.

Por outro viés, em outra área especializada da nanotecnologia, tem-se efetivas pesquisas que, a síntese de nanopartículas metálicas¹⁵⁵ poderia se dar através da “vasta gama de recursos biológicos disponíveis na natureza por meio da síntese verde”,¹⁵⁶ ao invés da utilização de solventes tóxicos, que acarreta na “geração de resíduos nocivos para a saúde e o meio ambiente, além de resultar em um consumo de energia alto em rotas geralmente complexas e com múltiplos passos”.¹⁵⁷

Nesse sentido, profissionais da área explanam que existem diversas rotas químicas para a síntese de nanopartículas metálicas, sendo necessário o empenho no desenvolvimento e estudo da aplicação da síntese verde, em prol

¹⁵⁴ NANOTECNOLOGIA verde provoca revolução sustentável na agricultura. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 18 ago. 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1975958/nanotecnologia-verde-provoca-revolucao-sustentavel-na-agricultura>>. Acesso em: 16 jun. 2017.

¹⁵⁵ “Nanopartículas metálicas (NPMs) são sistemas nanoestruturados que apresentam características físico-químico-biológicas dependentes da sua composição, tamanho e forma. Dentre as aplicações de NPMs, podem ser 968 Biotecnologia Aplicada à Agro&Indústria destacadas a entrega e liberação de drogas (fármacos, hormônios), insumos agropecuários (fertilizantes, vacinas, pesticidas) e cosméticos (essências e cremes); desenvolvimento de superfícies funcionais (embalagens ativas para proteção de alimentos); elaboração de sensores para diagnóstico de doenças, infecções e contaminações (detecção rápida e sensível); desenvolvimento de sistemas de transferência de genes (eficiência aumentada); produção de pontos quânticos (fontes alternativas para imagem por fluorescência); produção de nanopartículas superparamagnéticas (utilizadas, por exemplo, para a biosseparação seletiva e magnetodiálise); controle de pragas/patógenos (efeitos tóxicos); desenvolvimento de catalisadores (eficácia aumentada); desenvolvimento de sistemas de biorremediação (utilizados para remoção de metais pesados); e aplicações na indústria têxtil (na produção de tecidos com propriedades distintas, incluindo a ação antibacteriana).” (SILVA, Luciano Paulino; BONATTO, Cíntia Caetano; PEREIRA, Flávio Duque Estrada Soares [et al]. Nanotecnologia verde para síntese de nanopartículas metálicas. In: SOCCOL, Carlos Ricardo; FRANÇA, Luiz Renato de. **Biotecnologia Aplicada à Agro&Indústria**. Fundamentos e Aplicações. São Paulo: Blucher, 2017, p. 967-1012, p. 967-968).

¹⁵⁶ SILVA, Luciano Paulino; BONATTO, Cíntia Caetano; PEREIRA, Flávio Duque Estrada Soares [et al]. Nanotecnologia verde para síntese de nanopartículas metálicas. In: SOCCOL, Carlos Ricardo; FRANÇA, Luiz Renato de. **Biotecnologia Aplicada à Agro&Indústria**. Fundamentos e Aplicações. São Paulo: Blucher, 2017, p. 967-1012, p. 968).

¹⁵⁷ SILVA, Luciano Paulino; BONATTO, Cíntia Caetano; PEREIRA, Flávio Duque Estrada Soares [et al]. Nanotecnologia verde para síntese de nanopartículas metálicas. In: SOCCOL, Carlos Ricardo; FRANÇA, Luiz Renato de. **Biotecnologia Aplicada à Agro&Indústria**. Fundamentos e Aplicações. São Paulo: Blucher, 2017, p. 967-1012, p. 968.

da sustentabilidade do meio ambiente e, também, ao resguardo da saúde humana.¹⁵⁸ E, sobre este tipo de síntese de nanopartículas, cumpre frisar:

(...) que é a designação comum dada às rotas de síntese que utilizam produtos químicos relativamente atóxicos, biodegradáveis e de custo baixo para sintetizar nanomateriais, tendo como fonte primária ou iniciador da rota um organismo biológico ou partes dele (órgãos, tecidos, células, biomoléculas ou metabólitos). Dentre os recursos biológicos disponíveis, os produtos vegetais e animais, algas, fungos, bactérias e a ampla gama de subprodutos derivados de processos agropecuários envolvendo alguns desses organismos possuem potencial para utilização durante a síntese verde de NPMs, por meio de processos de oxirredução em meio aquoso.¹⁵⁹

Outrossim, a difusão de biotecnologias verdes estão sendo desenvolvidas em células solares, eis que quanto mais finas são, mais eficientes tornam-se. A nanotecnologia, neste exemplo, atua no fornecimento de revestimento e desempenho melhorado em painéis solares térmicos. Em outras fontes de pesquisa, encontram-se nanotecnologias verdes para tratamento da água, em sua superfície ou subterrâneas.¹⁶⁰

Pesquisadores da Universidade Autônoma Metropolitana Unidade Azcapotzalco (UAM-A), na Cidade do México, iniciaram estudos sobre a aplicação de nanoestruturas de ouro, com intuito de realizar a descontaminação dos esgotos e águas residuais. Referem que tal tecnologia seria 70% efetiva, “e o processo de descontaminação pode ser considerado como uma fase prévia à potabilização das águas residuais”.¹⁶¹

¹⁵⁸ SILVA, Luciano Paulino; BONATTO, Cíntia Caetano; PEREIRA, Flávio Duque Estrada Soares [et al]. Nanotecnologia verde para síntese de nanopartículas metálicas. In: SOCCOL, Carlos Ricardo; FRANÇA, Luiz Renato de. **Biotecnologia Aplicada à Agro&Indústria**. Fundamentos e Aplicações. São Paulo: Blucher, 2017, p. 967-1012, p. 968.

¹⁵⁹ SILVA, Luciano Paulino; BONATTO, Cíntia Caetano; PEREIRA, Flávio Duque Estrada Soares [et al]. Nanotecnologia verde para síntese de nanopartículas metálicas. In: SOCCOL, Carlos Ricardo; FRANÇA, Luiz Renato de. **Biotecnologia Aplicada à Agro&Indústria**. Fundamentos e Aplicações. São Paulo: Blucher, 2017, p. 967-1012, p. 968-969.

¹⁶⁰ PLANTIER, Renato Duarte. Aplicações Ambientais: Nanotecnologia e Química Verde. **Gestão Ambiental**, 2013. Disponível em: <<http://meioambiente.culturamix.com/gestao-ambiental/aplicacoes-ambientais-nanotecnologia-e-quimica-verde>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

¹⁶¹ UTILIZA-SE ouro para descontaminar esgotos e águas residuais. **Agência Iberoamericana para la difusión de la ciencia y la tecnología**, México, 13 jan. 2012. Disponível em: <<http://www.dicyt.com/noticia/utiliza-se-ouro-para-descontaminar-esgotos-e-aguas-residuais>>. Acesso em 16 jun. 2017.

Através deste breve apanhado das nanotecnologias verdes, eis que é impossível esgotar tal assunto em apenas um tópico, tem-se que a utilização da síntese verde nas nanopartículas, apresenta uma vasta gama de aplicações inovadoras nos nanomateriais. A biodegradabilidade e biocompatibilidade da nanotecnologia verde é só um exemplo de como o desenvolvimento desta tecnologia limpa pode ser aliada na efetivação de um meio ambiente sustentável e que preza pela saúde humana, através da minimização de potenciais riscos ambientais.¹⁶²

¹⁶² SILVA, Luciano Paulino. Nanotecnologia Verde. In: Reunião Anual da SBPC, 66, jul. 2014, Rio Branco/AC. **Anais...** Acre, Universidade Federal do Acre, 22 a 27 jul. 2014. Disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/66ra/PDFs/arq_3237_1380.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2017.

4. DA COMPATIBILIZAÇÃO DAS NANOTECNOLOGIAS NO MEIO AMBIENTE

4.1 DA REGULAMENTAÇÃO DAS NANOTECNOLOGIAS

4.1.1 União Européia

Na União Européia, desde 01 de junho de 2007, entrou em vigor o Regulamento Reach (*Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals* – Registro Avaliação e Restrição de Produtos Químicos), que:

O REACH é um regulamento da União Europeia aprovado com o objectivo de melhorar a protecção da saúde humana e do ambiente face aos riscos que podem resultar dos produtos químicos e, simultaneamente, de fomentar, a competitividade da indústria química da União Europeia. O Este regulamento promove igualmente métodos alternativos para a avaliação dos **perigos das substâncias** tendo em vista a redução do número de ensaios em animais.

Em princípio, o Regulamento REACH aplica-se a todas as substâncias químicas; não apenas as usadas em processos industriais, mas também as que fazem parte da nossa vida diária como, por exemplo, as contidas em produtos de limpeza e tintas, em artigos como o vestuário, o mobiliário e os aparelhos eléctricos. O regulamento tem, pois, impacto na maioria das empresas da União Europeia.

O Regulamento REACH coloca o ónus da prova nas empresas. A fim de cumprirem o regulamento, **as empresas são obrigadas a identificar e gerir os riscos associados às substâncias que produzem e comercializam na União Europeia. Devem demonstrar à ECHA o modo como uma substância pode ser utilizada com segurança comunicar aos utilizadores as medidas de gestão de riscos.**

Se os riscos não puderem ser geridos, as autoridades podem restringir a utilização de substâncias de diferentes formas. A longo prazo, as substâncias mais perigosas deverão ser substituídas por outras que o sejam menos.

O Regulamento REACH estabelece procedimentos para a recolha e avaliação de informações sobre as propriedades e perigos das substâncias.

As empresas têm de registar as suas substâncias e, para o fazer, precisam de trabalhar em conjunto com outras empresas que registem a mesma substância.

A ECHA recebe e avalia os registos individuais a fim de verificar a sua conformidade, e os Estados-Membros da União Europeia avaliam substâncias seleccionadas **a fim de esclarecer quaisquer preocupações iniciais com a saúde humana e o ambiente.** As autoridades e os comités científicos da ECHA determinam se os riscos das substâncias podem ser geridos.

As autoridades podem proibir substâncias perigosas se os riscos que lhes são inerentes não puderem ser geridos. Podem igualmente optar por restringir uma utilização ou submetê-la a autorização prévia.

O Regulamento REACH tem repercussões num amplo conjunto de empresas de inúmeros sectores, **incluindo nas que poderão julgar que não têm nada que ver com os produtos químicos.** (...) ¹⁶³
(grifou-se)

Especificamente sobre os nanomateriais, visto que sua crescente utilização e comercialização, levou a indagações sobre seus potenciais efeitos para a saúde e meio ambiente, em 2011, a Comissão Europeia, publicou uma recomendação sobre a definição de nanomaterial. A partir daí, os nanomateriais passaram a ser abrangidos pelo âmbito de aplicação do Regulamento Reach e ECHA¹⁶⁴, sendo de condão desta agência de regular o seguinte acerca da temática em questão:¹⁶⁵

Reforço da capacidade interna e externa

Partilha de experiência e concertação com os membros das Autoridades Competentes dos Estados-Membros, do Comité dos Estados-Membros e do Comité de Avaliação dos Riscos (RAC) no tocante às informações de segurança relativas aos nanomateriais a incluir nos dossiês de registo do REACH

Envio de **observações e recomendações** aos registantes que pretendam registar nanomateriais no próximo prazo de registo

Participação e contribuição para as **atividades de regulamentação internacionais** em curso (como o Grupo de Trabalho da OCDE sobre Nanomateriais Manufaturados)

Webinars sobre nanomateriais para informar e debater os desenvolvimentos mais recentes no que respeita aos processos REACH e CRE relacionados com os nanomateriais, bem como para ajudar os registantes na preparação e apresentação de dossiês que envolvam estas substâncias. Visite a página de *Webinars* para se inscrever em sessões futuras e consultar apresentações anteriores.

O **Grupo de peritos sobre nanomateriais** (ECHA-NMEG) foi criado em outubro de 2012, com o apoio das autoridades competentes para o REACH e o CRE (CARACAL) e os produtos biocidas. Este grupo consultivo informal presta apoio à aplicação do plano de trabalho da ECHA para os nanomateriais para o período 2016-2018 e presta informações e recomendações sobre questões científicas e técnicas relativas à aplicação da legislação REACH, CRE e RPB, no que respeita aos nanomateriais.¹⁶⁶

¹⁶³ COMPREENDER o Regulamento Reach. **ECHA**, European Chemicals Agency. Disponível em: <<https://echa.europa.eu/pt/regulations/reach/understanding-reach>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

¹⁶⁴ “O REACH também criou a Agência de Produtos Químicos Europeia (ECHA) que desempenha um papel central para a coordenação e implementação do processo em si. A ECHA está localizada em Helsínki, Finlândia, e gerenciará o processo de registo, avaliação, autorização e restrição de substâncias químicas para assegurar sua consistência no âmbito da União Europeia.” (PERGUNTAS mais frequentes efetuadas pela indústria sobre o REACH. **Agência Química Europeia**, abr. 2008, versão 2.1, publicada em 9 de abril, p. 05. Disponível em: <<http://canais.abiquim.org.br/reach/pf.pdf>>. Acesso em 20 jun. 2017.)

¹⁶⁵ NANOMATERIAIS. **ECHA**, European Chemicals Agency. Disponível em: <<https://echa.europa.eu/pt/regulations/nanomaterials>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

¹⁶⁶ NANOMATERIAIS. **ECHA**, European Chemicals Agency. Disponível em: <<https://echa.europa.eu/pt/regulations/nanomaterials>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

Embora existam limitações metodológicas sobre nanomateriais, a bibliografia consultada demonstrou que, é viável a estimativa de seus riscos, analisando-se caso a caso, pois os que apresentariam toxicidade, seria necessária a classificação de seus perigos.¹⁶⁷ Nesse sentido, incorporado ao Regulamento Reach, criou-se um regulamento relativo aos produtos biocidas, que prevê que:

(...) sempre que a nanoforma das substâncias ativas e não ativas for utilizada num produto biocida, é necessário **realizar uma avaliação de riscos específica**. O rótulo do produto biocida deve ostentar o nome de cada nanomaterial, juntamente com a palavra «nano» entre parênteses. Os produtos que contêm nanomateriais são excluídos do procedimento de autorização simplificado.

Os Estados-Membros devem apresentar, de cinco em cinco anos, um relatório sobre a aplicação do Regulamento Produtos Biocidas. O relatório deve incluir **informações sobre a utilização de nanomateriais** em produtos biocidas e os **riscos potenciais identificados**. Os relatórios devem ser enviados à Comissão até 30 de junho do ano em causa e abranger o período até 31 de dezembro do ano anterior ao seu envio.¹⁶⁸

O *Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks* (SCENIHR), em 2009, avaliou que “as nanopartículas livres e de baixa solubilidade devem ser a prioridade no contexto da avaliação de risco à saúde humana e ao meio ambiente”.¹⁶⁹ No mesmo ano, a *Regulation of the European Parliament and of the Council*, na área de cosméticos contendo nanomateriais

¹⁶⁷ GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI**, f. 58-60. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/GUTERRES%20E%20POHLMANN%20APRESENTACAO%20FINAL%20corrigida.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2017

¹⁶⁸ NANOMATERIAIS no âmbito do Regulamento relativo aos produtos biocidas. **ECHA, European Chemicals Agency**. Disponível em: <<https://echa.europa.eu/pt/regulations/nanomaterials-under-bpr>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

¹⁶⁸ GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI**, f. 63. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/GUTERRES%20E%20POHLMANN%20APRESENTACAO%20FINAL%20corrigida.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

¹⁶⁹ GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI**, f. 63. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/GUTERRES%20E%20POHLMANN%20APRESENTACAO%20FINAL%20corrigida.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

insolúveis, ordenou que o fabricante deve informar a comissão antes de disponibilizá-los ao consumidor:

(...) Identificação (nome químico da união internacional de química pura e aplicada, IUPAC, DCI, CAS, XAN),
 Tamanho das nanopartículas e suas propriedades químicas e físicas
 Estimativa da quantidade anual, a ser colocada no mercado, do nanomaterial
 Perfil toxicológico do nanomaterial
 Dados de segurança do nanomaterial relacionando-os à categoria de produto cosmético, (...) ¹⁷⁰

Em 2015, a European Food Safety Authority – EFSA (Autoridade Europeia para Segurança de Alimentos), “editou uma opinião científica relacionada à utilização de nanopartícula de zinco em materiais que tenham contato com alimentos, reduzindo o nível aceitável de migração para os alimentos, impondo uma série de obrigações para as indústrias”. ¹⁷¹

No mais, vale ressaltar que a European Medicines Agency (EMA), com relação a marcos regulatórios das nanotecnologias, considera o seguinte:

(...) que a inovação em nanotecnologia impõe desafios técnicos, como por exemplo, o desenvolvimento de novas técnicas e discussões constantes em relação a marcos regulatórios. Para tal, mantém uma agenda de workshops com especialistas com o objetivo de prover um alinhamento constante com as necessidades impostas pelas novas tecnologias. ¹⁷²

4.1.2 Estado Unidos da América

Nos Estados Unidos da América igualmente não há uma legislação específica “para o desenvolvimento de pesquisas na área da nanotecnologia e o

¹⁷⁰ GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial** – ABDI, f. 88. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/GUTERRES%20E%20POHLMANN%20APRESENTACAO%20FINAL%20corrigida.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

¹⁷¹ ENGELMANN, Wilson. A utilização de nanopartículas de zinco na indústria do plástico: o consumidor estará seguro? **Revista de Direito do Consumidor**, v. 102, nov-dez. 2015.

¹⁷² GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. Relatório de Acompanhamento Setorial. Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial** – ABDI, 2013, f. 36. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

fabrico de produtos e compostos contendo nanomateriais”.¹⁷³ Entretanto, existem diretrizes na casa Branca, que norteiam a regulamentação do Governo Federal em relação à nanotecnologia, além de três principais agências reguladoras: “a FDA (Food and Drug Administration), a Osha (Occupational Safety and Health Administration) e a EPA (Environmental Protection Agency)”,¹⁷⁴ com apoio de projetos liderados pela NNI¹⁷⁵ (National Nano Initiative).¹⁷⁶

Dos documentos analisados, tem-se que a FDA recomendou, em 2007, que produtos contendo nanomateriais, deverão ser rotulados com informações sobre seus efeitos, segurança e eficácia. Em 2012, divulgou dois documentos de orientação. O primeiro, que abordou aditivos alimentares, referiu, em síntese, que “as nanopartículas engenheiradas ‘provavelmente não seriam reguladas’ por serem catalogadas sob a categoria das normas dos produtos considerados como ‘geralmente reconhecidos como seguros’”.¹⁷⁷ A segunda orientação, que abrangeu a área dos cosméticos, sugeriu “que a indústria deve rever o seu teste de segurança utilizando uma abordagem de ‘testes diferenciados’ devido às propriedades únicas das nanopartículas engenheiradas”.¹⁷⁸

¹⁷³ PEREIRA, Reginaldo; BURTET, Giani. Ativismo Ambientalista: atuação das ONGS norte-americanas antes a inércia das agências executivas estadunidenses na regulação da nanotecnologia. **Revista de Direito Ambiental**, v. 77/2015, jan-mar. 2015, p. 461-497, p. 469.

¹⁷⁴ PEREIRA, Reginaldo; BURTET, Giani. Ativismo Ambientalista: atuação das ONGS norte-americanas antes a inércia das agências executivas estadunidenses na regulação da nanotecnologia. **Revista de Direito Ambiental**, v. 77/2015, jan-mar. 2015, p. 461-497, p. 469.

¹⁷⁵ “A NNI (2000): coordena atividades relacionadas à nanotecnologia de 25 agências americanas, das quais 15 têm orçamento próprio para P&D em nanotecnologia. A NNI mantém grupos de trabalho um dos quais é dedicado a aspectos de segurança e implicações de nanomateriais na saúde e no meio ambiente, Nanotechnology Environmental and Health Implications (NEHI).” (GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial** – ABDI, f. 41. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/GUTERRES%20E%20POHLMANN%20APRESENTACAO%20FINAL%20corrigida.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2017.)

¹⁷⁶ DRUMOND, Fernanda. Laboratório da Poli analisa risco no uso de nanomateriais. **Universidade de São Paulo**, Brasil, 19 dez. 2014. Disponível em <<http://www5.usp.br/76354/laboratorio-da-poli-analisa-risco-no-uso-de-nanomateriais/>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

¹⁷⁷ ENGELMANN, Wilson. A utilização de nanopartículas de zinco na indústria do plástico: o consumidor estará seguro? **Revista de Direito do Consumidor**, v. 102, nov-dez. 2015.

¹⁷⁸ ENGELMANN, Wilson. A utilização de nanopartículas de zinco na indústria do plástico: o consumidor estará seguro? **Revista de Direito do Consumidor**, v. 102, nov-dez. 2015.

E, acerca da atuação da FDA, várias ONGs reuniram-se, a fim de solicitar alterações em no seu regulamento, em relação “aos produtos compostos de nanopartículas em geral, protetores solares e medicamentos com nanopartículas engenheiradas”,¹⁷⁹ eis que:

(...) a FDA é responsável pela regulação de inúmeros produtos feitos com nanopartículas, contudo esta agência não adotou as medidas regulamentares para reconhecer as diferenças inerentes de nanomateriais e começar a resolver os seus novos riscos associados à saúde humana e ao meio ambiente, por esta razão foi criada a Petição Cidadão para regulamentação por parte da FDA de produtos compostos por nanopartículas engenheiradas.¹⁸⁰ (negritou-se)

Ainda, no ano de 2012, a FDA criou o documento *Guidance for Industry, Safety of Nanomaterials in Cosmetic Products*, a fim de incentivar “que o fabricante que deseje inserir nanomateriais em um novo produto cosmético, procure a Agência para discutir previamente os métodos de ensaio e os dados necessários para fundamentar a segurança do produto”.¹⁸¹ A avaliação de segurança pela FDA, inclui: identificação do perigo, avaliação da exposição e caracterização do risco, com descrição detalhada de cada material.^{182 183}

A EPA também criou o *White Paper* (2004), que trata-se do relatório americano de proteção ambiental. No documento mencionado, “está exposto o conhecimento científico existente, e suas lacunas, relacionando com os riscos

¹⁷⁹ PEREIRA, Reginaldo; BURTET, Giani. Ativismo Ambientalista: atuação das ONGS norte-americanas antes a inércia das agências executivas estadunidenses na regulação da nanotecnologia. **Revista de Direito Ambiental**, v. 77/2015, jan-mar. 2015, p. 461-497, p. 472.

¹⁸⁰ PEREIRA, Reginaldo; BURTET, Giani. Ativismo Ambientalista: atuação das ONGS norte-americanas antes a inércia das agências executivas estadunidenses na regulação da nanotecnologia. **Revista de Direito Ambiental**, v. 77/2015, jan-mar. 2015, p. 461-497, p. 473.

¹⁸¹ GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI**, f. 49. Disponível em:

<<http://www.abdi.com.br/Estudo/GUTERRES%20E%20POHLMANN%20APRESENTACAO%20FINAL%20corrigida.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

¹⁸² GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI**, f. 41. Disponível em:

<<http://www.abdi.com.br/Estudo/GUTERRES%20E%20POHLMANN%20APRESENTACAO%20FINAL%20corrigida.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

¹⁸³ A fim de compreender melhor a avaliação do risco do nanomaterial e demais especificações seguidas pelo documento criado, orienta-se a leitura de fls. 49 a 55 da bibliografia: GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI**. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/GUTERRES%20E%20POHLMANN%20APRESENTACAO%20FINAL%20corrigida.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

de exposição ao ambiente dos nanomateriais e os possíveis benefícios ambientais da nanotecnologia”.¹⁸⁴ Entretanto, observa-se que no Estado Unidos “ainda existe pouca adesão para a comunicação voluntária sobre a utilização de nanomateriais, sinalizando que existem muitas utilizações que não são informadas aos órgãos governamentais”.¹⁸⁵ Por via de consequência, as informações necessárias não chegam ao consumidor final, “abrindo-se margem para dúvidas sobre o efetivo desenvolvimento de testes de avaliação e gestão dos riscos.”¹⁸⁶

Contudo, observa-se que o *The National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH), que também realiza estudos nanotecnológicos, preocupa-se com as seguintes questões: “como os trabalhadores podem ser expostos a nanopartículas durante o uso ou a fabricação industrial dos nanomateriais? Como as nanopartículas interagem com os sistemas do corpo humano? Que efeitos podem ter as nanopartículas sobre os sistemas do corpo humano?”.¹⁸⁷ Nesse ínterim, mencionada agência “vem desenvolvendo pesquisas na atualidade, para orientar na resolução de lacunas e para fornecer recomendações sobre as aplicações e implicações dos nanomateriais nos ambientes de trabalho”.¹⁸⁸

4.1.3 Canadá

Por outro norte, no Canadá, “o organismo responsável por garantir a segurança de fármacos, medicamentos, dispositivos médicos, alimentos, entre

¹⁸⁴ PEREIRA, Reginaldo; BURTET, Giani. Ativismo Ambientalista: atuação das ONGS norte-americanas antes a inércia das agências executivas estadunidenses na regulação da nanotecnologia. **Revista de Direito Ambiental**, v. 77/2015, jan-mar. 2015, p. 461-497, p. 469. (Utilizou-se a presente bibliografia para a construção de todo o parágrafo exposto.)

¹⁸⁵ ENGELMANN, Wilson. A utilização de nanopartículas de zinco na indústria do plástico: o consumidor estará seguro? **Revista de Direito do Consumidor**, v. 102, nov-dez. 2015.

¹⁸⁶ ENGELMANN, Wilson. A utilização de nanopartículas de zinco na indústria do plástico: o consumidor estará seguro? **Revista de Direito do Consumidor**, v. 102, nov-dez. 2015.

¹⁸⁷ GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI**, f. 43. Disponível em:

<<http://www.abdi.com.br/Estudo/GUTERRES%20E%20POHLMANN%20APRESENTACAO%20FINAL%20corrigida.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

¹⁸⁸ GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI**, f. 44. Disponível em:

<<http://www.abdi.com.br/Estudo/GUTERRES%20E%20POHLMANN%20APRESENTACAO%20FINAL%20corrigida.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

outros produtos”¹⁸⁹ é a *Health Canada*. Com o advento brusco das nanotecnologias, criou-se o *Policy Statement on Health Canada’s Working Definition for Nanomaterial*, cujos “objetivos gerais são produzir informações que possam ser usadas como ferramentas para garantir a segurança de uso dos nanomateriais”:¹⁹⁰

(...) Estabelecer meios de identificar os nanomateriais
 Auxiliar a Health Canada a coletar informações e organizar relatórios sobre substâncias reguladas, produtos, componentes ou ingredientes, dispositivos ou estruturas que são nanomateriais
Dar suporte legislativo e regulatório para a elaboração de futuros guias, normas e programas relativos aos nanomateriais (...).¹⁹¹
 (grifou-se)

A *Health Canada* “incentiva que os fabricantes e outras partes interessadas se comuniquem com a Agência desde o início do processo de desenvolvimento de produtos que são, que contém, ou que fazem uso de nanomateriais”,¹⁹² além disso avaliam estudos de futuros documentos de orientação específicos”,¹⁹³ a fim de serem “desenvolvidos em consonância com a legislação e autoridades regulatórias”¹⁹⁴ daquele país.

¹⁸⁹ GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. Relatório de Acompanhamento Setorial. Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial** – ABDI, 2013, f. 26. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

¹⁹⁰ GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. Relatório de Acompanhamento Setorial. Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial** – ABDI, 2013, f. 26. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

¹⁹¹ GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial** – ABDI, f. 39. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/GUTERRES%20E%20POHLMANN%20APRESENTACAO%20FINAL%20corrigida.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

¹⁹² GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. Relatório de Acompanhamento Setorial. Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial** – ABDI, 2013, f. 27. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

¹⁹³ GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. Relatório de Acompanhamento Setorial. Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial** – ABDI, 2013, f. 27. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

¹⁹⁴ GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. Relatório de Acompanhamento Setorial. Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial** – ABDI, 2013, f. 27. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

4.1.4 Brasil

No Brasil, encontra-se em tramitação na Câmara dos Deputados dois projetos de lei referentes ao assunto em pauta. O Projeto de Lei nº. 5133/2013 que “regulamenta a rotulagem de produtos da nanotecnologia e de produtos que fazem uso da nanotecnologia”¹⁹⁵ e o Projeto de Lei nº. 6741/2013 que “dispõe sobre a Política Nacional de Nanotecnologia, a pesquisa, a produção, o destino de rejeitos e o uso da nanotecnologia no país, e dá outras providências”,¹⁹⁶ sendo que este último encontra-se apensado ao primeiro.¹⁹⁷ Desde 05 de abril de 2017 os projetos estão aguardando constituição de comissão temporária pela mesa.¹⁹⁸

O Deputado, formulador dos projetos, discorre que hodiernamente não é possível ter ciência de quantos nanoprodutos estão sendo comercializados no país e, em virtude da falta de legislação específica que regule as nanotecnologias, não existe controle, sendo desconhecidos os seus riscos para a população e meio ambiente. Argumenta, ainda, que:

Devemos esclarecer que a nossa proposta não visa coibir a pesquisa e muito menos a expansão do mercado. O mercado não será inibido e nem vai gastar mais se tiver que informar ao consumidor sobre o que ele está consumindo. É melhor informar, ser transparente, do que criar

¹⁹⁵ FILHO, Sarney. PL 5133/2013. **Câmara dos Deputados**. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=567257&ord=1>>. Acesso em: 27 jun. 2017.

¹⁹⁶ FILHO, Sarney. PL 6741/2013. **Câmara dos Deputados**. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=600333>>. Acesso em: 27 jun. 2017.

¹⁹⁷ ¹⁹⁷ “Defiro o Requerimento n. 3.478/2015. Apense-se o Projeto de Lei n. 6.741/2013 ao Projeto de Lei n. 5.133/2013, nos termos dos arts. 142, caput, e 143, II, b, do Regimento Interno da Câmara dos Deputados. Revejo o despacho proferido em 30 de junho de 2015 de criação da Comissão Especial destinada a proferir parecer ao Projeto de Lei n. 6.741/2013, para que esta se destine a apreciar o Projeto de Lei n. 5.133/2013. Publique-se. Oficie-se. [ATUALIZAÇÃO DO DESPACHO DO PL 5.133/2013: à CDEICS, à CDC, à CMADS, à CSSF, à CCTCI, à CFT (mérito e art. 54 do RICD) e à CCJC (mérito a art. 54 do RICD). Proposição sujeita à apreciação do Plenário. Regime de tramitação: ordinário.]” (FILHO, Sarney. PL 6741/2013. **Câmara dos Deputados**. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=600333>>. Acesso em: 27 jun. 2017.)

¹⁹⁸ FILHO, Sarney. PL 5133/2013. **Câmara dos Deputados**. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=567257&ord=1>>. Acesso em: 27 jun. 2017.

uma imagem de quem oculta informações (o que contraria a lei existente).¹⁹⁹

Os Projetos de Lei foram redigidos em virtude de que existe “forte resistência do setor industrial no tocante à regulação, onde se verifica certo descaso com as preocupações existentes em outros países, justamente na parte relativa à saúde e segurança do consumidor”.²⁰⁰

Vale ressaltar que, anteriormente, em 2009, ocorreu, no Brasil, um Fórum de Competitividade em Nanotecnologia, onde “o Grupo de Trabalho em Marco Regulatório produziu um relatório que” discutiu “definições e questionamentos relativos à nanotecnologia, sob a óptica brasileira”.²⁰¹ Em 2010, esse estudo, culminou com apenas com as definições de nanotecnologia e nanomaterial, adotadas no Brasil.

No ano de 2012, foi instituído o Comitê Interministerial de Nanotecnologias:

O Comitê Interministerial de Nanotecnologias (CIN) foi instituído pela Portaria Interministerial nº 510, de 9 de julho de 2012, com a finalidade de assessorar os Ministérios, representados no Comitê, na integração da gestão e na coordenação, bem como no aprimoramento das políticas, diretrizes e ações voltadas para o desenvolvimento das nanotecnologias no país, cabendo-lhe, em especial:

I. propor mecanismos de integração da gestão e da coordenação das atividades relacionadas às nanotecnologias;

II. propor a criação de mecanismos de planejamento, implementação, acompanhamento e avaliação das atividades relacionadas às nanotecnologias;

III. formular recomendações de planos, programas, metas, ações e projetos integrados para a consolidação e evolução das nanotecnologias no país, indicando potenciais fontes de financiamento; e

IV. indicar os recursos financeiros necessários, destinados a apoiar projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I), em nível nacional ou internacional, quando envolver cooperação bilateral ou

¹⁹⁹ FILHO, Sarney. Projeto de Lei nº. ____, de 2013. **Câmara dos Deputados**. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra.jsessionid=90F4FA8CFF61E52EBA22D795FB92F81A.proposicoesWebExterno1?codteor=1064788&filename=Tramitacao-PL+5133/2013>. Acesso em: 27 jun. 2017.

²⁰⁰ ENGELMANN, Wilson. A utilização de nanopátículas de zinco na indústria do plástico: o consumidor estará seguro? **Revista de Direito do Consumidor**, v. 102, nov-dez. 2015.

²⁰¹ GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. Relatório de Acompanhamento Setorial. Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial** – ABDI, 2013, f. 21. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

multilateral em nanotecnologias.

Em 21 de agosto de 2014, após as proposições dos Projetos de Lei, foi instituído o Comitê Interno de Nanotecnologia da Anvisa. Entre suas atribuições, “está a elaboração de normas ou guias específicos para a avaliação e controle de produtos que utilizam nanotecnologia”.²⁰² Além disso, “a portaria que instituiu o Comitê também prevê a criação de um banco de dados sobre nanopartículas ou nanomateriais relacionados à saúde e a elaboração de um plano de capacitação, entre outras atribuições”.²⁰³

Vale comentar, por último, que no presente ano (2017), a IBM, criou o NanoLab, onde irá reunir físicos, engenheiros e cientistas da computação, a fim de construir protótipos de nanotecnologia, internet das coisas e computação na nuvem. Será um “ambiente único de estudo e instrumentação experimental para a criação de dispositivos e manipulação de materiais de nanoescala, permitindo o desenvolvimento de métodos e aplicações para escala industrial de tecnologia de TI”.²⁰⁴

4.1.5 É necessária a regulamentação das nanotecnologias?

Inicialmente, é ponderável comentar que a regulamentação é uma das formas de controle estatal, “através de meios legais (decretos, resoluções etc) pelos quais é possível prevenir os danos de diversas tecnologias, no caso, a

²⁰² ASCOM. Instituído o Comitê Interno de Nanotecnologia da Anvisa. **Anvisa**, 25 jun. 2015. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/noticias/-/asset_publisher/FXrpx9qY7FbU/content/instituido-comite-interno-de-nanotecnologia-da-anvisa/219201/pop_up?_101_INSTANCE_FXrpx9qY7FbU_viewMode=print&_101_INSTANCE_FXrpx9qY7FbU_languageId=en_US>. Acesso em: 27 jun. 2017.

²⁰³ ASCOM. Instituído o Comitê Interno de Nanotecnologia da Anvisa. **Anvisa**, 25 jun. 2015. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/noticias/-/asset_publisher/FXrpx9qY7FbU/content/instituido-comite-interno-de-nanotecnologia-da-anvisa/219201/pop_up?_101_INSTANCE_FXrpx9qY7FbU_viewMode=print&_101_INSTANCE_FXrpx9qY7FbU_languageId=en_US>. Acesso em: 27 jun. 2017.

²⁰⁴ MERKER, Julia. IBM abre laboratório de nanotecnologia. **IBM**, 10 abr. 2017. Disponível em: <<https://www.ibm.com/blogs/robertoa/2017/04/ibm-abre-laboratorio-de-nanotecnologia/>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

nanotecnologia, e fiscalizar sua comercialização e produção. A regulação possibilita, ainda, a gestão dos riscos que envolvem essa tecnologia.”²⁰⁵

Nesse sentido, Engelmann e Hohendorff sinalizam sobre a necessidade de transformação do Direito, a fim de atuar conjuntamente com outras áreas do conhecimento, a fim de poder regular as nanotecnologias:

Frente à realidade exposta, o Direito precisará desenvolver respostas adequadas às demandas surgidas em função do uso e impactos das nanotecnologias, conjugando o respeito ao ser humano e ao meio ambiente com a inovação e ampliação do conhecimento nas áreas das ciências duras. É preciso um Direito crítico, capaz de fazer leituras da realidade e apto a provocar as mudanças necessárias nesta realidade, sob pena de restar isolado das outras áreas do conhecimento, que se utilizarão dos espaços vazios deixados pelo Direito, para atuarem, inclusive em questões regulatórias.²⁰⁶

Baptista e Keller, assinalam que “os casos em que regulação e tecnologia se relacionam por meio de incentivos são aqueles em que a administração impõe ou estimula o uso de determinada tecnologia”.²⁰⁷ Por outro viés, “a relação de normatização entre regulação e tecnologia é aquela em que a tecnologia figura como objeto da regulação, pelo exercício do poder regulador propriamente dito, especialmente por meio de suas competências normativas”.²⁰⁸

Aduzem sobre a dificuldade em definir o que vem a ser efetivamente a regulação da tecnologia, ressaltando que poderia ser “o instrumento por meio do qual o direito deve estender sua influência sobre o novo ambiente tecnológico”.²⁰⁹ Ou seja, “o estudo da regulação da tecnologia seria voltado para

²⁰⁵ PEREIRA, Reginaldo; BURTET, Giani. Ativismo Ambientalista: atuação das ONGS norte-americanas antes a inércia das agências executivas estadunidenses na regulação da nanotecnologia. **Revista de Direito Ambiental**, v. 77/2015, jan-mar. 2015, p. 461-497, p. 469.

²⁰⁶ ENGELMANN, Wilson; HOHENDORFF, Raquel Von; WÜNSCH, Guilherme. As nanotecnologias no cenário do diálogo entre as fontes do direito: o caso da convenção coletiva de trabalho. In: FINCATO, Denise Pires (Org.). **Novas Tecnologias, Processo e Relações de Trabalho**. Porto Alegre: Sapiens, 2015. p. 91-111. p. 96.

²⁰⁷ BAPTISTA, Patrícia; KELLER, Clara Iglesias. Por que, quando e como regular as novas tecnologias? Os desafios trazidos pelas inovações disruptivas. **Revista de Direito Administrativo**, Belo Horizonte, n. 273, set-dez. 2016.

²⁰⁸ BAPTISTA, Patrícia; KELLER, Clara Iglesias. Por que, quando e como regular as novas tecnologias? Os desafios trazidos pelas inovações disruptivas. **Revista de Direito Administrativo**, Belo Horizonte, n. 273, set-dez. 2016.

²⁰⁹ BAPTISTA, Patrícia; KELLER, Clara Iglesias. Por que, quando e como regular as novas tecnologias? Os desafios trazidos pelas inovações disruptivas. **Revista de Direito Administrativo**, Belo Horizonte, n. 273, set-dez. 2016.

como o direito e a regulação podem ou devem reagir diante dos contextos de mudança tecnológica, especialmente a partir da inovação”.²¹⁰ Trazem, ainda, como desafio regulatório das novas tecnologias, “a adoção de um desenho regulatório capaz de conjugar ferramentas de regulação forte e fraca que permitam a adaptação e o aprendizado diante de uma realidade veloz e mutável”.²¹¹

No momento presente, sabe-se que existem diversas discussões, através de organizações nacionais e internacionais, a respeito de definições dos nanomateriais e sua segurança, com intuito de uma possível regulamentação. Consoante Guterres e Pohlmann, “os nanomateriais variam enormemente em termos de composição e morfologia, não podendo ser considerados um grupo uniforme de substâncias, assim para cada tipo de nanomaterial é necessária uma caracterização e descrição detalhada”.²¹² E, este fato acarreta em um dos maiores desafios para uma possível regulamentação, eis que:

(...) os nanomateriais não se diferenciam apenas em termos de tamanhos médios, mas são diversos também quanto a distribuições, concentração, forma, área de superfície, porosidade, química de superfície, especiação de superfície, carga de superfície, estado de aglomeração, labilidade, cristalinidade e composição química. **Cada uma dessas propriedades pode impactar diferentemente nas respostas biológicas, ou farmacológicas, de produtos compostos de nanomateriais.** Por essas razões, os Grupos de Trabalhos das diferentes organizações vêm propondo formas de distingui-los através de classificações específicas.²¹³ (negritou-se)

²¹⁰ BAPTISTA, Patrícia; KELLER, Clara Iglesias. Por que, quando e como regular as novas tecnologias? Os desafios trazidos pelas inovações disruptivas. **Revista de Direito Administrativo**, Belo Horizonte, n. 273, set-dez. 2016.

²¹¹ BAPTISTA, Patrícia; KELLER, Clara Iglesias. Por que, quando e como regular as novas tecnologias? Os desafios trazidos pelas inovações disruptivas. **Revista de Direito Administrativo**, Belo Horizonte, n. 273, set-dez. 2016.

²¹² GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. Relatório de Acompanhamento Setorial. Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial** – ABDI, 2013, f. 41. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

²¹³ GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. Relatório de Acompanhamento Setorial. Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial** – ABDI, 2013, f. 41. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

Santos e Nolasco discorrem acerca da conduta ética e responsável, acerca da implementação legal da nanotecnologia, que se coaduna com o entendimento do presente trabalho:

Concluimos inferindo o mesmo alerta que outrora muitas instituições fizeram aos governos e líderes da indústria, bem como aos cientistas, para que, se quisessem que o processo científico nanotecnológico continuasse a avançar rapidamente, de maneira segura e responsável, deveriam também dar atenção a questões éticas e às necessidades da sociedade, adaptando ou criando regulamentação jurídica específica, além da implementação de medidas acautelatórias (precaução e cuidado) com vistas a eliminar e gerenciar os riscos desde a fase inicial do projeto, e entendendo os riscos apresentados ao longo do ciclo de vida dos produtos e serviços, a fim de garantir o valor fundamental da segurança e outros direitos fundamentais (confiança, informação e sustentabilidade) às pessoas (trabalhadores e consumidores) e ao meio ambiente natural. É isto que se espera para que as nanotecnologias resultem em melhoria nas habilidades humanas, novas indústrias e produtos, resultados sociais e qualidade de vida.²¹⁴

A partir deste breve apanhado, considera-se necessário o desenvolvimento da conciliação da sofisticação dos nanomateriais, “com a normatização exigida para serem reprodutíveis e seguros para o meio ambiente e por, consequência, para os humanos.”²¹⁵ Somente assim, acredita-se que ter-se-á uma nanotecnologia segura e sustentável.

Ou seja, a necessidade de normatização das nanotecnologias,. Em determinado aspectos, urge em virtude da necessidade de parâmetros mínimos de segurança, numa sociedade de crescente complexidade. Por esse viés, o sistema normativo deve ser também mais complexo e multidisciplinar, a fim de acompanhar o desenvolvimento tecnológico com eficiência, zelando pelos direitos fundamentais mínimos e pela sustentabilidade do meio ambiente.²¹⁶

²¹⁴ SANTOS, Nivaldo dos; NOLASCO, Loreci Gottschalk. A ênfase sobre conduta ética e os fatores incerteza e a condição humana inerentes às nanotecnologias. **Revista Faculdade de Direito UFMG**, Belo Horizonte, n. 69, jul-dez/2016, p. 441-475, p. 468.

²¹⁵ MARTINEZ, Diego Stéfani Teodoro; ALVES, Luiz Oswaldo. Interação de nanomateriais com biosistemas e a nanotoxicologia: na direção de uma regulamentação. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 65, n. 3, 2013. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252013000300012&script=sci_arttext>. Acesso em: 14 jun. 2017.

²¹⁶ FORNASIER, Mateus de Oliveira. O Óbice da falta de conhecimento contra a efetividade do princípio constitucional da participação democrática na regulação do risco nanotecnológico. **Revista de Direito Constitucional e Internacional**, v. 91, abr-jun 2015.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No primeiro capítulo, especificamente no ponto em que são tecidas ponderações sobre o princípio da precaução, constatou-se que ele é um dos fundamentais no direito ambiental, eis que é o que controla os potenciais riscos ambientais que advém de novas atividades. Vastamente difundido em documentos de direito internacional, bem como em leis nacionais, ele remete que o Estado deve aplicar medidas que evitem impactos potencialmente prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana. O intuito do princípio da precaução não é vetar o progresso científico, mas restringir o uso de novas tecnologias até que comprove-se, em sua integralidade, sua segurança, a fim de zelar pelo meio ambiente saudável e equilibrado.

No que diz respeito aos impactos ambientais na utilização de novas tecnologias e incerteza científica, inferiu-se que toda e qualquer nova tecnologia carrega em seu bojo possibilidades de avanço científico, desenvolvimento econômico e evolução, no que diz respeito a qualidade de vida contudo, traz consigo riscos adjuntos ao meio ambiente e à saúde humana. Os autores referenciados sinalizam que é necessária a imposição de limites no cenário científico, a fim de barrar um progresso tecnológico desenfreado que entre em colisão com o meio ambiente equilibrado e saudável.

Sendo assim, o princípio da precaução manifesta-se em prol de um desenvolvimento tecnológico sustentável e adequado, a fim de compatibilizar a ascensão científica e a tutela do meio ambiente equilibrado e saúde do ser humano. Todavia, afigura-se impreterível que os cientistas sejam prudentes na manipulação de novas tecnologias, conhecendo efetivamente seus riscos e primando pelo desenvolvimento sustentável.

Por sua vez, o último tópico do capítulo inicial versou sobre as tutelas constitucionais da proteção do meio ambiente e da saúde humana, sob o viés das inovações tecnológicas. Primeiramente, observou-se que a dignidade da pessoa humana, fundamento da República Federativa do Brasil, está longe de alcançar tranquilidade doutrinária em sua breve abordagem dogmático-

conceitual. Nada obstante, concluiu-se que o valor do ser humano deve prevalecer sobre qualquer tipo de avanço científico e tecnológico, devendo o Estado e seus cidadãos irem em busca dos meios necessários para o fomento dessa dignidade. Associada a dignidade da pessoa humana, a Magna Carta, carrega em seu seio o princípio do meio ambiente ecologicamente equilibrado, que conjuntamente remontam a necessária e sadia qualidade de vida. Aliados, demonstram que para se obter a saúde plena do ser humano é indissociável viver em um meio ambiente harmônico. Nesse norte, a informação e satisfatórias pesquisas dos efetivos riscos no uso de novas tecnologias, são meios de controle das possíveis agressões ao meio ambiente natural e à saúde e vida humana. É dever do Estado, cientistas, juristas e cidadãos frear qualquer tipo de desenvolvimento tecnológico e econômico desmedido que vá de encontro com os preceitos fundamentais da Magna Carta.

Especificamente sobre o advento das nanotecnologias, estudou-se historicamente o seu surgimento. Através de uma leitura específica, compreendeu-se que nanociência é a área que pesquisa moléculas e estruturas em escala nanométrica, ou seja a manipulação da matéria em uma escala singularmente pequena. Embora tenha certa discussão sobre o tamanho de uma nanopartícula, grande parte dos cientistas compreendem que ela tenha de um a cem nanômetros. A nanotecnologia seria, então, a aplicação das nanopartículas em descobertas nanoescalares utilizáveis.

A bibliografia consultada, relata que a partícula macro ao ser manuseada em escala nanométrica, altera seu comportamento e determinadas características, podendo vir a apresentar graus de toxicidade maiores em relação as partículas de tamanhos normais. Nessa senda, esquadrinhou-se no presente trabalho monográfico os principais impactos nanotoxicológicos e nanopoluidores de alguns tipos de materiais utilizados na escala manométrica, explicitando como se dá tais eventos.

A nanotoxicologia tem por papel fundamental o estudo da alteração comportamental das nanopartículas, preocupando-se em como se dá a sua manipulação e sintetização pelo organismo humano e animal, bem como

possível efeito nanopoluidor no meio ambiente natural. Ela sinaliza os efeitos nocivos de alguns tipos de nanopartículas, demonstrando a necessidade da amplitude de seu estudo, a fim de evitar quaisquer tipos de riscos na sua produção e dispersão até o estágio final do nanomaterial. Ainda, a literatura demonstra que inexistem um descarte adequado de nanopartículas residuais que, embora algumas possam não mais apresentar propriedades toxicológicas, outras podem ter toxicidade e, quando dispersadas no meio ambiente natural podem ocasionar danos irreparáveis.

Nesse particular, foram relatados estudos que demonstraram a toxicidade de certas nanopartículas, solidificando o entendimento da necessária observância pelos pesquisadores dos seus testes toxicológicos antes de serem transformadas em efetivas nanotecnologias dispostas ao consumidor. No mais, observou-se a necessidade de zelar pela saúde do pesquisador no manuseio das nanopartículas, devendo a empresa prover os meios necessários de segurança durante o seu manejo, bem como a observância, pela própria empresa, de seus riscos no descarte junto à natureza, já que inexistem regulamentação neste sentido.

De outra banda, o presente estudo trouxe também o lado benéfico das tecnologias nano, que são as chamadas nanotecnologias verdes, que tem por objetivo a produção de nanomateriais sem prejudicar o meio ambiente, visando a sustentabilidade ambiental, além de maiores faturamentos econômicos e desenvolvimento social. A literatura sustenta que as empresas devem apoiar exponencialmente projetos que visem a utilização da mencionada nanotecnologia, pois são ecologicamente corretas, atóxicas e rentáveis.

Hodiernamente, observou-se que existem diversos projetos que demonstram que a nanotecnologia verde, está em consonância com os preceitos fundamentais da Magna Carta, isto é, do meio ambiente ecologicamente equilibrado e da saúde humana, promovendo a sustentabilidade ambiental e econômica dos mais variados setores, minimizando efetivamente riscos ambientais.

Finalizando o trabalho, perscrutou-se sobre a efetiva compatibilização das nanotecnologias no meio ambiente, sob o viés de uma possível regulamentação e, para almejar o intento proposto, averiguou-se como se dá a sua regulamentação ou autorregulamentação na União Européia, Estados Unidos da América, Canadá e Brasil.

Na União Européia tem-se o Regulamento Reach, controlado por uma agência da própria Comissão Européia, que fiscaliza diretamente as empresas nos processos de registro, avaliação, autorização e restrição de nanomateriais. Além do mais, observou-se que existem outras pesquisas da Comissão Européia em determinados segmentos de nanomateriais (cosméticos, alimentos etc), que analisam uma série de requisitos a serem apresentados pelo fabricante antes do produto ser disponibilizado ao consumidor final.

Por sua vez, nos Estados Unidos da América subsistem inúmeras agências que controlam uma aparente regulamentação do Governo Federal com relação às nanotecnologias, contudo inexistente legislação específica. São projetos dos mais diversos setores das tecnologias nano que realizam recomendações, relacionando os seus riscos, os seus benefícios e testes diferenciados para cada tipo de material exposto. Ou seja, a literatura demonstrou que existem pesquisas em nanotecnologia e uma autorregulamentação das próprias agências e empresas. Entretanto, tem-se que as informações sobre a avaliação de seus riscos não chegam ao consumidor final, em virtude de inexistir regulamentação estatal neste sentido.

Analogicamente, no Canadá o organismo estatal responsável que garante a segurança de determinados produtos, apenas emite informações e pesquisas aos fabricantes que lidam com nanotecnologias, de acordo com a legislação do país, entretanto não existe um marco regulatório que contenha a análise de seus riscos antes da disponibilidade das nanotecnologias aos consumidores.

No Brasil, atualmente, existe um comitê interno da Anvisa que elabora normas para a avaliação e controle de produtos com nanotecnologia e, existem projetos de pesquisa fomentados por empresas privadas e apoiados pelo

governo que visam o seu desenvolvimento. Na Câmara dos Deputados encontra-se em tramitação dois Projetos de Lei que visam a regulamentação das nanotecnologias, no que se refere a sua rotulagem, pesquisa, produção e destino dos rejeitos, a fim de resguardar a saúde e segurança do consumidor, todavia não existe perspectiva de sua efetiva implementação no país.

Nesse diapasão, depreende-se que, um marco regulatório das nanotecnologias é demasiadamente complexo, em virtude das diversas áreas de conhecimento envolvidas e da gigantesca classe de nanopartículas existentes e que vivem em constante transmutação, em virtude das incessantes pesquisas realizadas. Certo é que o atual ordenamento jurídico não acompanha o brusco avanço científico dessa tecnologia. Entretanto, o sistema normativo pode se adequar a esta nova realidade, dialogando com profissionais das demasiadas áreas do conhecimento, a fim de conciliarem um desenvolvimento tecnológico sustentável do meio ambiente, garantindo uma vida saudável para as atuais e futuras gerações.

É possível concluir, ainda, que o efetivo controle de gestão dos riscos que envolvem as nanotecnologias com relação ao seu descarte no meio ambiente e sobre os quesitos de segurança do trabalhador que desenvolve as pesquisas, se daria apenas por uma regulamentação estatal. Por outro viés, o controle adequado dos testes de segurança, toxicidade etc, de cada nanopartícula empregada para a confecção das mais diversas nanotecnologias existentes, deveria se operar por um órgão público especializado, com profissionais transdisciplinares, fazendo a intermediação entre governo e empresa, a fim de averiguar a veracidade da informação disponibilizada ao consumidor final, bem como resguardar os princípios fundamentais já elencados.

Através deste controle, a literatura demonstrou que este seria o meio eficaz na efetiva avaliação dos perigos expostos ao meio ambiente e saúde humana, com a redução e gerenciamento dos riscos, e acabaria por não tolher o desenvolvimento científico, mas compatibilizando-o com a sustentabilidade do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Cartilha sobre Nanotecnologia**. Agência de Desenvolvimento Industrial. Brasília: ABDI, 2010, p. 60. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Cartilha%20nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Estudo prospectivo nanotecnologia**. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Brasília: ABDI, v. XX, 2010. p. 392. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Estudo%20Prospectivo%20de%20Nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

AGUIAR, André Luiz. A diferença entre nanolixo e nanopoluentes no meio ambiente. **Nanotecnologia e Direito**, 2015. Disponível em: <<http://nanolei.blogspot.com.br/2015/05/a-diferenca-entre-nanolixo-e.html>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

ALVES, Oswaldo Luiz. **Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais**: quando a distância entre presente e futuro não é apenas questão de tempo. p. 1-18. p. 27. Disponível em: <http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/138/132>. Acesso em: 08 jun. 2017.

ASCOM. Instituído o Comitê Interno de Nanotecnologia da Anvisa. **Anvisa**, 25 jun. 2015. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/noticias/-/asset_publisher/FXrpx9qY7FbU/content/instituido-comite-interno-de-nanotecnologia-da-anvisa/219201/pop_up?_101_INSTANCE_FXrpx9qY7FbU_viewMode=print&_101_INSTANCE_FXrpx9qY7FbU_languageId=en_US>. Acesso em: 27 jun. 2017.

BAPTISTA, Patrícia; KELLER, Clara Iglesias. Por que, quando e como regular as novas tecnologias? Os desafios trazidos pelas inovações disruptivas. **Revista de Direito Administrativo**, Belo Horizonte, n. 273, set-dez. 2016.

BENNETT MOSES, Lyria. How to think about law, regulation and technology: problems with 'technology' as a regulatory target law. *Innovation and Technology*, 2013, p. 1-20; **UNSW Law Research Paper** n. 2014-30. Disponível em: <<http://ssrn.com/abstract=2464750>>. Acesso em: 01 maio 2017.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 01 jun. 2017.

BRASIL. **Lei nº. 9.605**, de 12 de Fevereiro de 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm>. Acesso em: 01 jun. 2017.

BRASIL. **Lei nº. 11.105**, de 24 de Março de 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l111105.htm>. Acesso em: 01 jun. 2017.)

BRASIL. **Lei nº. 11.428**, de 22 de Dezembro de 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm>. Acesso em 01 jun. 2017.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. **Medida Cautelar na Ação Direta de Inconstitucionalidade 3.540-1 Distrito Federal**. Requerente: Procurador-Geral da República. Requerido: Presidente da República. Relator: Min. Celso de Mello. Brasília, 01 de setembro de 2005. Disponível em: <<http://www.stf.jus.br/portal/jurisprudencia/listarJurisprudencia.asp?s1=%28ADI%24%2ES-CLA%2E+E+3540%2ENUME%2E%29+OU+%28ADI%2EACMS%2E+ADJ2+3540%2EACMS%2E%29&base=baseAcordaos&url=http://tinyurl.com/cx8uowy>>. Acesso em: 07 jun. 2017.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. **Repercussão Geral no Recurso Extraordinário com Agravo 737.977 São Paulo**. Recorrente: Ministério Público Federal. Recorrido: G C G. Relator: Min. Luiz Fux. Brasília, 10 de maio de 2013. Disponível em: <<http://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=TP&docID=3780065>>. Acesso em: 20 mai. 2017.

CANOTILHO, José Joaquim Gomes. Direito constitucional ambiental português e da União Européia. In: CANOTILHO, José Joaquim Gomes; LEITE, José Rubens Morato. **Direito constitucional ambiental brasileiro**. São Paulo: Saraiva, 2007.

CARTA MUNDIAL PARA A NATUREZA. **Governo do Paraná**. Disponível em: <http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/agenda21/Carta_Mundial_para_Natureza.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2017.

CARVALHO, Délton Winter de. Modelos de gestão de riscos ambientais extremos: entre as dimensões da incerteza e as intensidades da precaução na decisão jurídica. **Revista de Direito Ambiental**, v. 76, out–dez. 2014.

COMPREENDER o Regulamento Reach. **ECHA**, European Chemicals Agency. Disponível em: <<https://echa.europa.eu/pt/regulations/reach/understanding-reach>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

DECLARAÇÃO do Rio sobre meio ambiente e desenvolvimento. **Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/rio92.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

DELGADO, Isabella Fernandes; PAUMGARTTEN, Francisco J.R. Desafios atuais da pesquisa em toxicologia: avaliação da toxicidade de nanomateriais manufaturados para o desenvolvimento. **Revista Visa em Debate**: sociedade, ciência e tecnologia, v. 1, n. 4, 2013, p. 11-24. Disponível em:

<<https://visaemdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/view/114/109>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

DINIZ, Maria Helena. **O estado atual do biodireito**. São Paulo: Saraiva, 2001.

DRUMOND, Fernanda. Laboratório da Poli analisa risco no uso de nanomateriais. **Universidade de São Paulo**, Brasil, 19 dez. 2014. Disponível em <<http://www5.usp.br/76354/laboratorio-da-poli-analisa-risco-no-uso-de-nanomateriais/>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

DUARTE, Fabiano Carvalho; DAMIANI, Fúrio; Tatsch, Peter Jürgen. **Microscópio de Tunelamento com Varredura (STM) e Microscópio de Força Atômica (AFM)**. p. 01-20. p 03. Disponível em: <http://www.dsif.fee.unicamp.br/~furio/IE607A/STM_AFM.pdf>. Acesso em 08 jun. 2017.

ENGELMANN, Wilson. A utilização de nanopátulas de zinco na indústria do plástico: o consumidor estará seguro? **Revista de Direito do Consumidor**, v. 102, nov-dez. 2015.

ENGELMANN, Wilson. **Nanotechnology, law and innovation**. Saarbrücken, Deutschln: LAP Lambert Academic Publishing, 2011.

ENGELMANN, Wilson; BORGES, Gustavo Silveira. Responsabilidade civil médica pela utilização da nanotecnologia para modificação genética. **Revista de Direito do Consumidor**, Novos Desafios da Responsabilidade Civil, RDC, v. 93, mai-jun. 2014.

ENGELMANN, Wilson; HOHENDORFF, Raquel Von; WÜNSCH, Guilherme. As nanotecnologias no cenário do diálogo entre as fontes do direito: o caso da convenção coletiva de trabalho. In: FINCATO, Denise Pires (Org.). **Novas Tecnologias, Processo e Relações de Trabalho**. Porto Alegre: Sapiens, 2015. p. 91-111.

ENGELMANN, Wilson; MACHADO, Viviane Saraiva. Do princípio da precaução à precaução como princípio - construindo as bases para as nanotecnologias compatíveis com o meio ambiente. **Revista de Direito Ambiental**, v. 69/2013, jan-mar. 2013, p. 13-50.

FOLADORI, Guillermo. Políticas Pública em Nanotecnología em América Latina. **Problemas del Desarrollo**, v. 47, n. 186, jul-set. 2016, p. 59-81. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301703616300232>>. Acesso em 14 jun. 2017.

FILHO, Airton Guilherme Berger. Nanotecnologia e direito: entre a inovação e a prudência. **Biblioteca Digital Fórum de Direito Público**, Belo Horizonte, Editora Fórum, ano 12, nov–dez. 2010. Disponível em: <[http://bidforum.com.br/web/viewer.html?file=http%3a%2f%2fbidforum.com.br%](http://bidforum.com.br/web/viewer.html?file=http%3a%2f%2fbidforum.com.br%2f)

2fbidBiblioteca_periodico_pdf.aspx%3f%3d70918%26p%3d16>. Acesso em: 01 jun. 2017.

FILHO, Ney de Barros Bello; FONTOURA, Luiz Fernando Pedrosa; CAMARÃO, Felipe Costa. A Constituição Ambiental brasileira como sistema aberto de princípios e regras. **Revista de Direito Ambiental**, v. 76, out-dez. 2014.

FILHO, Romeu C. Rocha. **Os Fullerenos e sua espantosa geometria molecular**. Atualidades em Química, n. 4, nov. 1996. Disponível em: <<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc04/atual.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2017.

FILHO, Sarney. Projeto de Lei nº. ____, de 2013. **Câmara dos Deputados**. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=90F4FA8CFF61E52EBA22D795FB92F81A.proposicoesWebExterno1?codteor=1064788&filename=Tramitacao-PL+5133/2013>. Acesso em: 27 jun. 2017.

FILHO, Sarney. PL 5133/2013. **Câmara dos Deputados**. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=567257&ord=1>>. Acesso em: 27 jun. 2017.

FILHO, Sarney. PL 6741/2013. **Câmara dos Deputados**. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=600333>>. Acesso em: 27 jun. 2017.

FLORES, André Stringhi; JUNIOR, Juliano Dossena; ENGELMANN, Wilson. Nanotecnologias e Código de Defesa do Consumidor: um olhar a partir do princípio da precaução. **Revista de Direito do Consumidor**, v. 19, n. 76, p. 152-176, out.-dez. 2010.

FLORES, André Stringhi. Direito Ambiental, Mínimo Essencial Ecológico e as Nanotecnologias – O cuidado com uma (nova) perspectiva hermenêutica à tecnologia em escala nanométrica. **Revista de Direito Ambiental**, v. 72, out-dez. 2013.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Microscópio de tunelamento com varredura (STM)**. Brasil Escola. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/quimica/microscopio-tunelamento-com-varredura-stm.htm>>. Acesso em: 09 de jun. 2017.

FORNASIER, Mateus de Oliveira. O Óbice da falta de conhecimento contra a efetividade do princípio constitucional da participação democrática na regulação do risco nanotecnológico. **Revista de Direito Constitucional e Internacional**, v. 91, abr-jun 2015.

GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI**, f. 41. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/GUTERRES%20E%20POHLMANN%20APRSENTACAO%20FINAL%20corrigida.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. Relatório de Acompanhamento Setorial. Nanotecnologia na área da saúde: mercado, segurança e regulação. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI**, 2013, f. 41. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/relatorio-nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

JACOBI, Marly Maldaner. O Admirável Mundo Nano: Nanociência e Nanotecnologia. **Revista SLT Caucho**. Disponível em: <<http://www.sltcaucho.org/nanociencia-e-nanotecnologia-marly-jacobi/>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

KÖLLING, Gabrielle Jacobi; MARTINI, Sandra Regina. O Uso de Nanotecnologias na Produção de Medicamentos: o Estado da Arte da Regulação no Brasil. **Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM**, v. 10, n. 2, 2015, p. 592-618, p. 594-595. Disponível em: <<file:///C:/Users/consulta2I.PORTOALEGRE.005/Downloads/19689-97493-1-PB.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

MARCHESAN, Ana Maria Moreira; STEIGLEDER, Annelise Monteiro; CAPPELLI, Silvia. **Direito Ambiental**. Porto Alegre: Verbo Jurídico, 2013, 7. ed.

MARTINEZ, Diego Stéfani Teodoro; ALVES, Luiz Oswaldo. Interação de nanomateriais com biosistemas e a nanotoxicologia: na direção de uma regulamentação. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 65, n. 3, 2013. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252013000300012&script=sci_arttext>. Acesso em: 14 jun. 2017.

MERKER, Julia. IBM abre laboratório de nanotecnologia. **IBM**, 10 abr. 2017. Disponível em: <<https://www.ibm.com/blogs/robertoa/2017/04/ibm-abre-laboratorio-de-nanotecnologia/>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

MILARÉ, Édis. **Direito do Ambiente**. 7 ed. São Paulo: RT, 2011.

MILARÉ, Édis; SETZER, Joana. Aplicação do princípio da precaução em áreas de incerteza científica. **Revista de Direito Ambiental**, v. 41/2006, jan-mar. 2006, p. 7-25.

MORAES, Alexandre de. **Direitos humanos fundamentais: teoria geral, comentários aos arts 1 a 5 da Constituição da República Federativa do Brasil, doutrina e jurisprudência**, 6. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

MOREIRA, Patrícia. **O que é nanotecnologia?** Disponível em: <<http://www.ebc.com.br/infantil/voce-sabia/2016/07/o-que-e-nanotecnologia>>. Acesso em: 16 mai. 2017.

NANOMATERIAIS. **ECHA**, European Chemicals Agency. Disponível em: <<https://echa.europa.eu/pt/regulations/nanomaterials>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

NANOMATERIAIS no âmbito do Regulamento relativo aos produtos biocidas. **ECHA**, European Chemicals Agency. Disponível em: <<https://echa.europa.eu/pt/regulations/nanomaterials-under-bpr>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

NANOTECNOLOGIA Verde. **Revista Campo e Negócios**, 16 out. 2014. Disponível em: <<http://www.revistacampoenegocios.com.br/nanotecnologia-verde-provoca-revolucao-sustentavel-na-agricultura/>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

NANOTECNOLOGIA verde provoca revolução sustentável na agricultura. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 18 ago. 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1975958/nanotecnologia-verde-provoca-revolucao-sustentavel-na-agricultura>>. Acesso em: 16 jun. 2017.

PEREIRA, Reginaldo; BURTET, Giani. Ativismo Ambientalista: atuação das ONGS norte-americanas antes a inércia das agências executivas estadunidenses na regulação da nanotecnologia. **Revista de Direito Ambiental**, v. 77/2015, jan-mar. 2015, p. 461-497.

PERGUNTAS mais frequentes efetuadas pela indústria sobre o REACH. **Agência Química Européia**, abr. 2008, versão 2.1, publicada em 9 de abril. Disponível em: <<http://canais.abiquim.org.br/reach/pf.pdf>>. Acesso em 20 jun. 2017.

PLANTIER, Renato Duarte. Aplicações Ambientais: Nanotecnologia e Química Verde. **Gestão Ambiental**, 2013. Disponível em: <<http://meioambiente.culturamix.com/gestao-ambiental/aplicacoes-ambientais-nanotecnologia-e-quimica-verde>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

PRADO, Juliana Pinheiro. Grupo GNano diversifica pesquisa em nanomedicina e em nanotoxicologia. **Universidade de São Paulo**, Brasil, 19 dez. 2014. Disponível em: <<http://www5.usp.br/76732/grupo-gnano-diversifica-pesquisa-em-nanomedicina-e-em-nanotoxicologia/>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

PRUDENTE, Mauro Godoy. **Bioética conceitos fundamentais**. Porto Alegre: Ed. do Autor, 2000.

QUAIS os riscos da nanotecnologia para o Meio Ambiente. **Inovação Tecnológica**, 22 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010165050322#.WUVqzYwrLcs>>. Acesso em: 17 jun. 2017.

RAI, Mahendra. Nanobiotecnologia verde: biossínteses de nanopartículas metálicas e suas aplicações como nanoantimicrobianos. Traduzido por: Germana Barata e Diego Stéfani. **Ciência e Cultura**, v. 65, n. 3, São Paulo, 2013. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252013000300014>. Acesso em: 14 jun. 2017.

RAMINELLI, Francieli Puntel; THOMAS, Sara Daniela. O Meio Ambiente como Direito Humano Fundamental na Contemporaneidade. **Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM**, v. 7, n. 1, 2012, p. 47-59, p. 50. Disponível em: <file:///C:/Users/consulta2I.PORTOALEGRE.005/Downloads/7173-31524-1-SM.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2017.

REUTERS. Estudo chinês documenta mortes por nanotecnologia. **Estadão**, São Paulo, 19 ago. 2009. Disponível em: <<http://ciencia.estadao.com.br/noticias/geral,estudo-chines-documenta-mortes-por-nanotecnologia,421451>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

REUTERS. Nanopartículas podem danificar DNA à distância, diz estudo. **Jornal do Brasil**, 06 nov. 2009. Disponível em: <<http://m.jb.com.br/ciencia-e-tecnologia/noticias/2009/11/06/nanoparticulas-podem-danificar-dna-a-distancia-diz-estudo/>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

REYES, Horacio; NÁJERA, Hugo; DOMÍNGUEZ, Arturo Rojo. La nanotecnología y sus riesgos: el nacimiento de la nanotoxicología. Razón y Palabra, **Revista Electrónica en Latinoamérica Especializada en Comunicación**, n. 68, 2009. Departamento de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Cuajimalpa, México. Disponível em: <<http://www.razonypalabra.org.mx/N/n68/10hreyes.html>>. Acesso em: 13 jun 2017.

RIECHMANN, Jorge; TICKNER, Joel. **El principio de precaución en medio ambiente y salud pública**: de las definiciones a la práctica. Barcelona: Icaria, 2002.

ROCHA, João Carlos de Carvalho. **Direito Ambiental e transgênicos**: princípios fundamentais da biossegurança. Belo Horizonte: Del Rey, 2008

RÓZ, Alessandra Luzia Da; LEITE, Fábio de Lima; FERREIRA Marystela; JR., Osvaldo Novais de Oliveira. **Nanoestruturas**. Princípios e aplicações. Rio de Janeiro: Elsevier, v. 1, 2015. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=4tasCQAAQBAJ&pg=PT54&lpg=PT54&dq=Donald+Eigler+e+Erhard+Schweitzer&source=bl&ots=gydLjhxpia&sig=0wMgRU4zShTBNbqL38Z-5Q6nppl&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwjAw_iMq7HUAhWGCpAKHXHGCElQ6AEISjAJ#v=onepage&q=Donald%20Eigler%20e%20Erhard%20Schweitzer&f=false>. Acesso em 07 jun. 2017.

SANTOS, Francisco de Araujo. O Impacto das Novas tecnologias na Sociedade. In: CLOTET, Joaquim (Org.). **Bioética**: meio ambiente, saúde pública, novas tecnologias, deontologia médica, direito, psicologia, material genético humano. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2012, p. 47-65.

SANTOS, Nivaldo dos; NOLASCO, Loreci Gottschalk. A ênfase sobre conduta ética e os fatores incerteza e a condição humana inerentes às nanotecnologias. **Revista Faculdade de Direito UFMG**, Belo Horizonte, n. 69, jul-dez/2016, p. 441-475.

SILVA, Edivaldo Vieira da. **O Corpo da Transversal do Tempo**: da Sociedade Disciplinar à Sociedade de Controle ou da Analítica de “Um Corpo que Cai”. 2006. 358f. Tese (Doutorado em Ciências Sociais – Política) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo. 2006, p. 26. Disponível em: <http://www.pucsp.br/ecopolitica/downloads/tes_2006_corpo_transversal_%20tempo.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2017.

SILVA, Luciano Paulino. Nanotecnologia Verde. In: Reunião Anual da SBPC, 66, jul. 2014, Rio Branco/AC. **Anais...** Acre, Universidade Federal do Acre, 22 a 27 jul. 2014. Disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/66ra/PDFs/arq_3237_1380.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2017.

SILVA, Luciano Paulino; BONATTO, Cínthia Caetano; PEREIRA, Flávio Duque Estrada Soares [et al]. Nanotecnologia verde para síntese de nanopartículas metálicas. In: SOCCOL, Carlos Ricardo; FRANÇA, Luiz Renato de. **Biotecnologia Aplicada à Agro&Indústria**. Fundamentos e Aplicações. São Paulo: Blucher, 2017, p. 967-1012.

SILVA, Mauro Afonso da; GUIMARÃES, Paulo Celso L.; PEREIRA Tatianny Dias; FRANÇA, Adenilda Cristina Honório. Biomateriais e sua biocompatibilidade numa abordagem multidisciplinar na área de saúde, alimentos funcionais e medicina regenerativa. **Interdisciplinar**: Revista Eletrônica da Univar, v. 1, n. 8, 2012, p. 87-90, p. 88. Disponível em: <<http://revista.univar.edu.br/index.php/interdisciplinar/article/view/77>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

SILVEIRA, Vladimir Oliveira da Silveira; SANTOS, Queila Rocha Carmona dos. Informação e responsabilidade à luz do Código de Defesa do Consumidor. Os potenciais riscos das nanotecnologias. **Revista de Direito do Consumidor**, v. 97, jan-fev. 2015.

SOUZA, Paulo Vinicius Sporleder de. **Bem jurídico-penal e engenharia genética humana**: contributo para compreensão dos bens jurídicos supra-individuais. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2004.

STRINGHI, André. Direito Ambiental, Mínimo Essencial Ecológico e as Nanotecnologias – O cuidado com uma (nova) perspectiva hermenêutica à tecnologia em escala nanométrica. **Revista de Direito Ambiental**, v. 72, out-dez. 2013.

OLIVEIRA, Fabiano Melo Gonçalves de. **Manual de Direito Ambiental**. Rio de Janeiro: Forense; São Paulo: MÉTODO, 2014, p. 104-107.

TAVARES, André Ramos. **Curso de direito constitucional**. 4. ed. rev. atual. São Paulo: Saraiva, 2006.

TYBUSCH, Francielle Benini Agne; ROSSATO, Ricardo. Informação Ambiental e Novas Tecnologias: Da necessidade de politização para a sustentabilidade.

Revista Eletrônica do Curso de Direito - UFSM. Disponível em: <file:///C:/Users/consulta2I.PORTOALEGRE.005/Downloads/8399-36853-1-SM.pdf>. Acesso em 12 jun 2017, p. 712-722.

UTILIZA-SE ouro para descontaminar esgotos e águas residuais. **Agência Iberoamericana para la difusión de la ciencia y la tecnología**, México, 13 jan. 2012. Disponível em: <<http://www.dicyt.com/noticia/utiliza-se-ouro-para-descontaminar-esgotos-e-aguas-residuais>>. Acesso em 16 jun. 2017.