

A gestão transdisciplinar dos riscos ambientais das nanotecnologias na teoria sistêmica¹

Juliane Altmann Berwig²
Wilson Engelmann³

Resumo: A nanotecnologia como importante referência de nova tecnologia, envolve a descoberta de possibilidades, positivas e negativas em relação aos seus resultados para a sociedade e meio ambiente. Os nanomateriais produzidos trazem consigo muitas vantagens, dentre elas, produtos mais eficientes, leves, apropriados e de baixo custo. Todavia, muitos destes nanomateriais já estão sendo comercializados, tais como os cosméticos, eletrodomésticos, vestimentas e diversos utensílios e equipamentos usados no cotidiano da sociedade, sem o devido diagnóstico dos riscos implicados. Neste sentido, o Direito deve estar capacitado para regular esta nova tecnologia tendo em vista as sérias incertezas científicas quanto a potencialidade dos danos ambientais que a mesma pode gerar em toda a sua cadeia de produção, uso e disposição dos produtos. Diante disso, a Teoria Sistêmica de Niklas Luhmann apresenta-se como uma importante matriz teórica para conectar a comunicação entre os sistemas e, mediante a gestão transdisciplinar, diagnosticar e regular a nanotecnologia. A metodologia é a pesquisa bibliográfica, com abordagem, no método sistêmico, a partir de uma observação da comunicação entre os sistemas Direito, política e economia verificando assim seus códigos de reconhecimento para a regulação.

Palavras-chave: Teoria Sistêmica; Gestão de riscos ambientais; Nanotecnologia;

¹ Resultado parcial do projeto de pesquisa desenvolvido pelos autores intitulado: “As transformações jurídicas das relações privadas: a construção de marcos regulatórios e a revisão de categorias tradicionais do Direito como condição de possibilidade para atender aos desafios das mutações jurídicas contemporâneas geradas pelas novas tecnologias” (UNISINOS). Além das discussões realizadas no âmbito do Grupo de Pesquisa JUSNANO/CNPq. Apoio a Projetos de Pesquisa /MCTI/CNPQ/Universal 14/2014 - Observatório dos Impactos Jurídicos das Nanotecnologias: em busca de elementos essenciais para o desenvolvimento do diálogo entre as Fontes do Direito a partir de indicadores de regulação às pesquisas e produção industrial com base na nano escala.

² Doutoranda em Direito na Universidade do Vale do Rio dos Sinos com Bolsa pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo Programa de Excelência Acadêmica (Proex). Mestre em Direito pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos, especialista em Direito Ambiental Nacional e Internacional pela Universidade Federal do Estado do Rio Grande do Sul e graduada em Direito pela Universidade de Santa Cruz do Sul. Professora e Pesquisadora voluntária no curso de Direito da Universidade FEEVALE. Pesquisadora na área Ambiental com ênfase na Teoria do Risco e Nanotecnologia. Presidente da Associação Gaúcha dos Advogados de Direito Ambiental Empresarial - AGAAE. Autora do livro Direito dos Desastres na Exploração offshore do petróleo. Sócia-proprietária do escritório Berwig Advocacia.

³ Pós-Doutor pela Universidade de Santiago de Compostela, Doutor e Mestre em Direito Público pelo Programa de Pós-Graduação em Direito – Mestrado e Doutorado – da UNISINOS; Professor deste mesmo Programa das atividades: “Transformações Jurídicas das Relações Privadas” (Mestrado) e “Os Desafios das Transformações Contemporâneas do Direito Privado” (Doutorado); Coordenador Executivo do Mestrado Profissional em Direito da Empresa e dos Negócios da Unisinos; Líder do Grupo de Pesquisa JUSNANO (CNPq); Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq. E-mail: wengelmann@unisinos.br

Introdução

A partir da industrialização, a sociedade evoluiu tornou-se, exponencialmente, mais complexa e junto dela as novas tecnologias desenvolveram-se e, criadas diversas soluções, para problemas conhecidos criaram-se outros com consequências “desconhecidas” e de “alta complexidade”. A este fato, nominou-se de “riscos”, que passaram a ser um componente intrínseco da sociedade pós-industrial, mais conhecida como sociedade de risco.

Os riscos são elementos presentes que conectam a atividade atual com as suas possíveis consequências futuras, pois provem dele as probabilidades de ocorrência de algo que está para além do aqui e do agora. Por isso, os riscos não se esgotam aos efeitos e danos já ocorridos. Eles exprimem um componente futuro, e por conta desta sua característica eles têm, fundamentalmente, relação com as antecipações, com as destruições que ainda não ocorreram, mas que são iminentes, e que, justamente nesse sentido, já são reais hoje e merecem a atenção dos pesquisadores.

Esta é a sociedade atual, marcada pela distribuição de riquezas, modernidades, soluções extremamente práticas e objetivas, mas também por consequências que transcenderam os limites do imaginável. Por estas características, a sociedade é rotulada como a sociedade do risco, em detrimento da sua complexa teia de desenvolvimento resultar além em inovações antigamente inimagináveis, mas também em prováveis danos com potencial gigantesco.

As novas tecnologias, dentre elas, o foco deste projeto, as nanotecnologias, são um evidenciado exemplo. Os nanomateriais desenvolvidos capacitam a produção de artigos mais eficientes, leves, apropriados e de baixo custo. Logo, é notório que a nanotecnologia, traz consigo inovações brilhantes para o desenvolvimento do mercado (economia) e, conseqüentemente, da evolução até certo modo da sociedade.

Entretanto, o que ocorre é que muitos destes nanomateriais já estão sendo comercializados em cosméticos, eletrodomésticos, vestimentas e em diversos utensílios e equipamentos usados no cotidiano da sociedade, sem o devido diagnóstico dos riscos implicados. Ademais, muitos outros nanomateriais estão sendo descobertos todos os dias. Todavia, o risco paira no fato de que apesar da

matéria-prima usada para a elaboração dos nanomateriais ser conhecida, as suas propriedades em nanoescala são inteiramente diversas.

Isso quer dizer que, mesmo os nanomateriais sendo produzidos com elementos químicos da tabela periódica de conhecimento dos cientistas, estes mesmos elementos em escala nanométrica possuem efeitos totalmente diferentes. Logo, tudo que é sabido a respeito dos danos que os elementos podem vir a causar ao meio ambiente, em escala nanométrica é desconhecido e exige novos e aprofundados estudos. Por conta disso, um elemento desenvolvido com um objetivo positivo poderá trazer consequências ambientalmente negativas se disposto em um ambiente não premeditado no momento de sua criação, conforme indícios já apontados em estudos toxicológicos.

Portanto, diante deste cenário, o presente artigo objetiva explanar sobre a concepção de sociedade de riscos a partir de uma visão sistêmica. A partir desta, localizar as novas tecnologias, especialmente a nanotecnologia, e, neste sentido, relatar as propriedades dos nanomateriais que traduzem os riscos ambientais. E por fim, demonstrar os possíveis caminhos que o Direito pode percorrer para a gestão dos riscos ambientais com embasamento na Teoria Sistêmica de Niklas Luhmann e com o auxílio da transdisciplinaridade, em busca da precaução e prevenção dos riscos de danos ambientais.

1. A sociedade de risco e a nanotecnologia na Teoria Sistêmica

A partir da visão sistêmica de Luhmann, a sociedade se apresenta com características de um sistema, permitindo a compreensão dos fenômenos sociais através dos laços de interdependência que os unem e os constituem numa totalidade.⁴ Subsequentemente, a sociedade é formada por diversos sistemas (Direito, Economia e Política, por exemplo) diferenciados funcionalmente, os quais estão ligados pela comunicação. Os limites da sociedade são os limites da comunicação, não sendo mais possível isolar-se dentro da sociedade em virtude da comunicação.⁵

⁴ ROCHA, Leonel Severo. **Notas sobre Niklas Luhmann**. In: Revista de Estudos Jurídicos. São Leopoldo: Centro de Ciências Jurídicas – UNISINOS, 2007. p.51.

⁵ LUHMANN, Niklas. **La sociedad de la sociedad**. Tradução Javier Torres Nafarrete. México: Herder/Universidad Iberoamericana, 2007. p. 69-70.

O processo de diferenciação do sistema para com o outro sistema decorre das interferências (“irritações”) provocadas pelo seu meio (ambiente), portanto, os sistemas são formados pelas diferenciações sistema-meio. Assim, o sistema reage globalmente, como um todo às pressões exteriores (ambiente), internalizando no subsistema as irritações provocadas pelo ambiente e se auto-reproduzindo (*autopoiesis*) ⁶ e, conseqüentemente, aumentando as diferenciações aos demais sistemas.⁷ Portanto, na perspectiva de Luhmann, a própria sociedade visa à produção da diferença. ⁸

Por isso, as irritações são resultado do próprio estímulo do sistema, das observações realizadas. Neste sentido, Luhmann denomina como contingência as possibilidades de escolha do sistema, a qual está intimamente ligada ao risco, uma vez que oportuniza uma variedade de alternativas de atuação com um grau de liberdade. Além disso, o sistema afora ter de conviver com suas próprias contingências precisa enfrentar o resultado das contingências dos subsistemas (dupla contingência).⁹

Nesta senda, as contingências são resultado das observações do observador, realizadas a partir dos objetos e dos conceitos, são construções dependentes uns dos outros de um ponto de vista distinto. No entanto, os conceitos estão muito mais distantes do que os objetos para o observador, pela simples razão de que distinguir e caracterizar vão em direções opostas, exigindo outras distinções, uma distinção das distinções.¹⁰ A distinção parte da observação do diferente e que gera certo diagnóstico. Esta constatação, com base na Teoria do Conhecimento, determina a condição de possibilidade do caracterizar (descrever) o novo e distinguindo distinções chega-se a formação de um conceito.¹¹

Portanto, não se trata simplesmente de uma descrição do mundo por parte de um observador de primeira ordem que vê algo positivo ou negativo, que constata

⁶De acordo com Niklas Luhmann, autopoiese significa “producción del sistema por sí mismo”. Ver LUHMANN, Niklas. **La sociedad de la sociedad**. Tradução Javier Torres Nafarrete. México: Herder/Universidad Iberoamericana, 2007. p. 69-70.

⁷LUHMANN, Niklas. **La sociedad de la sociedad**. Tradução Javier Torres Nafarrete. México: Herder/Universidad Iberoamericana, 2007. p. 69-70.

⁸ROCHA, Leonel Severo. **Notas sobre Niklas Luhmann**. In: Revista de Estudos Jurídicos. São Leopoldo: Centro de Ciências Jurídicas – UNISINOS, 2007. p.51.

⁹LUHMANN, Niklas. **La sociedad de la sociedad**. Tradução Javier Torres Nafarrete. México: Herder/Universidad Iberoamericana, 2007. p. 30.

¹⁰LUHMANN, Niklas. **Sociologia del riesgo**. México: Herder/Universidad Iberoamericana, 1992. p.59.

¹¹ LUHMANN, Niklas. **O direito da sociedade**. Tradução Saulo Krieger e Alexandre Agnolon – São Paulo: Martins Fontes, 2016, p.35.

que está faltando algo. Pelo contrário, é a reconstrução de um fenômeno de contingência múltiplo, como tal, oferece diferentes perspectivas para diferentes observadores.¹² É aí que está o risco, pois a liberdade de escolha diante das observações dos subsistemas para o sistema se coloca como verdadeira insegurança,¹³ já que, cada subsistema de acordo com seu histórico e especialidade observar e compreende determinado fato de forma particular e, conseqüentemente, distinta. Sendo assim, dada a complexidade da sociedade há uma gama de possibilidades de que as conseqüências das observações sejam distintas.

Logo, o processo de modernização, típico da sociedade industrial, tornou o sistema social ainda mais complexo e multifacetado, não sendo este mais capaz de controlar a ele próprio. O processo, então, é aplicado a si mesmo, já que a sociedade vive sob o domínio absoluto da modernização, das novas tecnologias.

Nasce de tal modo, a sociedade de risco quando os sistemas de normas até então “eficientes” e que prometiam segurança jurídica, demonstra-se incapazes de controlar as ameaças decorrentes das novas tecnologias, sendo impostas ao Direito como verdadeiros desafios existências de seu sistema. As ameaças são diversas, especialmente aos riscos de danos ambientais, mas por outro lado as decisões que poderiam gerir estes são resultado de coações que derivam exclusivamente da racionalidade econômica e que acaba assim impondo o modelo de admissão incontrolada dos riscos.

Sob estas condições estruturais, o risco é a modalidade através da qual o sistema se vincula ao futuro. Logo, ele é a condição estrutural da auto-reprodução, pois, o fechamento operativo dos sistemas singulares determinados pela estrutura e unidos estreitamente, torna possível o controle do ambiente, ou seja, torna improvável a racionalidade e por isso constrange os sistemas a operar em condições de incerteza.¹⁴ Assim, o risco é uma forma de determinação das indeterminações segundo a diferença de probabilidade/improbabilidade.¹⁵

¹²LUHMANN, Niklas. **Sociologia del riesgo**. México: Herder/Universidad Iberoamericana, 1992. p.59.

¹³LUHMANN, Niklas. **La sociedad de la sociedad**. Tradução Javier Torres Nafarrete. México: Herder/Universidad Iberoamericana, 2007. p. 30.

¹⁴DE GIORGI, Raffaele. **O risco na sociedade contemporânea**. Revista Sequência.n. 28, ano 15, junho, 1994. p. 45-54. Disponível em: <<http://www.egov.ufsc.br/portal/conteudo/o-risco-na-sociedade-contempor%C3%A2nea>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

¹⁵DE GIORGI, Raffaele. **O risco na sociedade contemporânea**. Revista Sequência.n. 28, ano 15, junho, 1994. p. 45-54. Disponível em: <<http://www.egov.ufsc.br/portal/conteudo/o-risco-na-sociedade-contempor%C3%A2nea>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

Para tanto, a evolução (ou involução) da sociedade a partir da Revolução Industrial em uma sociedade moderna, de acordo com Luhmann, passou a distribuir não apenas riquezas, mas muitos riscos, ou seja, riscos sistêmicos resultado das falhas/inobservância dos subsistemas perante as novas formas de desenvolvimento.¹⁶ Destarte, a sociedade industrial de hoje, se vê enfrentada por riscos que estão condicionados estritamente a tomada de decisões econômicas e que muitas vezes são arbitrárias. Vive-se em uma sociedade em que os riscos produzidos ultrapassam as “cercas da fábrica.” São riscos procedidos de uma “sociedade (industrial) do risco” não são os mesmos riscos produzidos pela sociedade industrial clássica. São riscos do presente, invisíveis, inodoros, transtemporais (com consequências futuras), transterritoriais (sem limites geográficos), desconhecidos e nanotecnológicos.

Diante disso, a nanotecnologia revela-se como importante foco de pesquisa acerca da gestão de riscos na sociedade sistêmica de Niklas Luhmann, haja vista que há uma crescente produção e aplicação de nanomateriais, os quais podem gerar riscos potenciais ao meio ambiente. De acordo com Paschoalino, Marcone, e Jardim:

A reflexão a respeito desta questão é bastante pertinente, uma vez que, além das inúmeras perspectivas oriundas do desenvolvimento de uma gama de novos materiais, há o potencial risco de contaminação ambiental dadas as características intrínsecas das nanopartículas, como tamanho, área superficial e a capacidade de aglomeração/dispersão, as quais podem facilitar a translocação destas pelos compartimentos ambientais e ocasionar, de forma acumulativa, danos à cadeia alimentar. Estes aspectos justificam a importância da investigação sobre a disponibilidade, degradabilidade e toxicidade dos nanomateriais.¹⁷

Fala-se, neste sentido em “nanoecotoxicologia” que são os estudos voltados à avaliação dos efeitos de nanomateriais no ambiente. Logo, a preocupação com relação à toxicidade das nanopartículas reside principalmente no fato de que estas nunca foram produzidas e utilizadas em produtos comerciais em tão larga escala

¹⁶ LUHMANN, Niklas. **El concepto de riesgo**. México: Universidad Iberoamericana/Herder Editorial, 2005. p. 144.

¹⁷ PASCHOALINO, Matheus P., MARCONE, Glauciene S. P., JARDIM, Wilson F. **Os nanomateriais e a questão ambiental**. Quím. nova, 33(2):421-430, 2010. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol33No2_421_32-RV09047.pdf> Acesso em: 05 abr. 2017.

como atualmente está ocorrendo. Assim, o risco de alcançarem os diferentes bens ambientais (atmosfera, águas e solo) e se tornarem disponíveis é muito grande.¹⁸

Além disso, alguns estudos sugerem que os nanomateriais, por sua pequena dimensão, podem ter uma permeabilidade maior através da pele, mucosas e membranas celulares, podendo ter seu efeito tóxico magnificado, já que possuem uma reatividade superior, principalmente devido ao aumento da área superficial. Um exemplo clássico desse efeito é o ouro, sendo um metal praticamente inerte, mas que na forma de nanopartículas se torna altamente reativo. Outros fatores importantes são as várias formas como as partículas podem se apresentar após o contato com o ambiente ou com os organismos vivos, podendo estar presentes em sua forma livre assim como em aglomerados. Este processo é dinâmico e também pode ser acompanhado pela funcionalização da superfície destas por diferentes agrupamentos químicos presentes no meio.¹⁹

Possivelmente o aspecto menos desenvolvido nos estudos toxicológicos são as técnicas para quantificação de nanomateriais no ambiente. Estes materiais, por possuírem características físico-químicas muito diferentes de seus precursores macroscópicos, necessitam do desenvolvimento de adaptações validadas das técnicas analíticas comumente empregadas.²⁰

De acordo com Hohendorff e Engelmann:

Não restam dúvidas de que as novas e diferentes propriedades físicas, químicas e biológicas dos nanomateriais tornam necessária uma avaliação mais específica, aplicada ao caso concreto. O avanço responsável da nanotecnologia, como acontece com qualquer tecnologia emergente, depende de uma capacidade científica confiável para acesso e gerenciamento dos riscos potenciais. A gestão de riscos é o processo de tomada de decisão realizada por gestores de risco em que o resultado da sua avaliação é pesado contra outros dados relevantes, e, se julgado

¹⁸ PASCHOALINO, Matheus P., MARCONE, Glauciene S. P., JARDIM, Wilson F. **Os nanomateriais e a questão ambiental.** Quím. nova, 33(2):421-430, 2010. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol33No2_421_32-RV09047.pdf> Acesso em: 05 abr. 2017.

¹⁹ PASCHOALINO, Matheus P., MARCONE, Glauciene S. P., JARDIM, Wilson F. **Os nanomateriais e a questão ambiental.** Quím. nova, 33(2):421-430, 2010. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol33No2_421_32-RV09047.pdf> Acesso em: 05 abr. 2017.

²⁰ PASCHOALINO, Matheus P., MARCONE, Glauciene S. P., JARDIM, Wilson F. **Os nanomateriais e a questão ambiental.** Quím. nova, 33(2):421-430, 2010. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol33No2_421_32-RV09047.pdf> Acesso em: 05 abr. 2017.

necessário, são selecionadas e implementadas medidas de prevenção ou mitigação.²¹

Diante da magnitude, desconhecimento, complexidade dos efeitos sistêmicos dos riscos nanotecnológicos. Ou seja, pelo fato de seu poder de atingir grande parcela de uma sociedade, bem como o meio ambiente. A teoria sistêmica de Luhmann demonstra-se eficaz para a elaboração deste estudo acerca da definição das respostas que o Direito precisa trazer para o gerenciamento da distribuição dos riscos de danos ambientais decorrentes da nanotecnologia.

2. A transdisciplinaridade como ponte de conexão para a comunicação entre as ciências “duras” e o Direito

A partir do pressuposto transdisciplinar, a constatação dos riscos de danos ambientais pode ser verificada, ou seja, com a junção de profissionais especializados das mais diversas áreas técnico-científicas que se relacionam ao caso concreto.²² Portanto, a conquista pela realização de estudos transdisciplinares se faz de suma importância para a precaução dos danos ambientais, uma vez que é através dela que será possível quebrar antigos absolutismos e criar novas visões, novas soluções e caminhos para antecipar os riscos e evitá-los, ou, pelo menos mitigar a ocorrência dos danos.

A transdisciplinaridade revela-se como forma de construção muito importante para as defesas ambientais e o desenvolvimento sustentável. Visto que, atualmente, vive-se em um desafio vital: a perturbação dos equilíbrios ecológicos ultrapassam as fronteiras dos atuais conhecimentos, o que exige encontrar novas formas de produção, de mitigação, de precaução de danos ambientais. O acúmulo de conhecimentos disciplinares, embora necessário, tem se mostrado insuficiente para resolver os problemas maiores com que a humanidade está se confrontando.²³ Ou seja, somente uma nova matriz teórica transdisciplinar pode nos ajudar na

²¹ HOHENDORFF, Raquel von; ENGELMANN Wilson. **Iniciando a regulação (não tradicional) para as nanotecnologias**: a construção do caminho a partir das possibilidades do framework e da árvore de decisão. XXIV ENCONTRO NACIONAL DO CONPEDI – UFS.2015.p.328

²²CARVALHO, Délton Winter de. **Aspectos probatórios do dano ambiental futuro**: uma análise sobre a construção probatória da ilicitude dos riscos ambientais. In: CALLEGARI, André Luís; STRECK, Lenio Luiz; ROCHA, Leonel Severo (Org.). **Constituição sistemas sociais e hermenêutica**: anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da Unisinos: mestrado e doutorado. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2011. v. 8, p. 81-104.

²³D'AMBRÓSIO, Ubiratan. **Transdisciplinaridade**. São Paulo: Palas Athena, 1997.

reconstrução de uma compreensão e observação dos acontecimentos contemporâneos.²⁴

O *Princípio da Precaução*, que buscando limitar e regular os riscos ainda hipotéticos, exige pensar no impensável, imaginando e construindo cenários de ocorrências ambientais, mesmo que pouco prováveis na avaliação das irreversibilidades. Para tanto, visando a aplicação do princípio da precaução é necessário novos empenhos em estudos transdisciplinares, em que as disciplinas, em igual hierarquia, com a união de seus conhecimentos, e a partir de novas observações, consagrarão novas realidades. O que implica na necessidade de abordagens transdisciplinares para a ciência e política. Todavia, por causa das muitas incertezas, a ciência tradicional não é capaz de suportar suficientemente medidas drásticas que às vezes podem ser necessários para lidar com os riscos complexos.²⁵

Desta maneira, a transdisciplinaridade faz parte de um processo evolutivo do conhecimento em que as disciplinas, paulatinamente, vão declinando de suas rígidas posturas, e, olhando as outras com olhos de igualdade. Sendo exigida a superação da fase interdisciplinar, ou seja, a limitação completa de barreiras e hierarquias entre conhecimentos. Embora, se esteja ainda muito afastado dela, em quase todos os campos do saber, a transdisciplinaridade já ocorre, ocasionalmente, quando as ligações se dão entre as disciplinas estanques e bem delimitas, mas por meio de ligações no interior de um sistema total, no qual, cada pessoa envolvida num processo, tem conhecimentos profundos associados a uma perspectiva ampla do ser no mundo.²⁶ Diante dessa possibilidade, a conjunção de várias disciplinas se demonstra como um possível caminho para a criação de outras visões, outros pontos de vistas, e, assim, distintas formas de solução de conflitos, especialmente para o enfrentamento dos riscos ambientais gerados pelas nanotecnologias.

Por isso, a um passo a frente está a pesquisa transdisciplinar (“trans” = entre e além de) que objetiva a compreensão do mundo presente, mediante o estudo do que está ao mesmo tempo entre, através e além das mais distintas disciplinas, para

²⁴ROCHA, Leonel Severo. **Transdisciplinaridade e direito**. In: SOUZA, Lelbo M. Lôbo de; FOLLMANN, José Ivo. **Transdisciplinaridade e universidade**: uma proposta em construção. São Leopoldo:Unisinos.2003. p.40-45.

²⁵SLUIJS, Jeroen van der; TURKENBURG, Wim. Climate change and the precautionary principle. In: FISHER, Elizabeth; JONES, Judith; SCHOMBERG, René Von. **Implementing the precautionary principle, perspectives and prospects**.Cheltenham: Edward Elgar, 2006. p. 245-269.

²⁶ROCHA FILHO, J. B. **Transdisciplinaridade**: a natureza íntima da educação científica. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. p.36.

o qual um dos imperativos é a unidade de conhecimento. Por isso mesmo é que a transdisciplinaridade se interessa pela dinâmica gerada pela ação de vários níveis de realidade ao mesmo tempo, inclusive esta visão está no Artigo segundo da Carta da Transdisciplinaridade:

Artigo 2. O reconhecimento da existência de diferentes níveis de realidade, regidos por lógicas diferentes é inerente à atitude transdisciplinar. Qualquer tentativa de reduzir a realidade a um único nível regido por uma única lógica não se situa no campo da transdisciplinaridade.²⁷

A descoberta desta dinâmica, portanto, passa necessariamente pelo conhecimento disciplinar. Embora, a transdisciplinaridade não seja uma nova disciplina, nem uma nova hiperdisciplina, alimenta-se da pesquisa disciplinar que, por sua vez, é iluminada de maneira nova, e, fecundada pelo conhecimento transdisciplinar.²⁸ Neste sentido, as pesquisas disciplinares e transdisciplinares não são antagônicas, mas complementares.²⁹

Como menciona Nicolesco, a natureza é uma imensa e inesgotável fonte de desconhecimento,³⁰ na qual existem diversos níveis de realidade. Desta maneira, Maturana comenta que ‘uma das coisas boas da transdisciplinaridade é que não podemos ser acusados de pisar onde não devemos pisar quando falamos de coisas que não pertencem à própria disciplina.’³¹ Por isso, a transdisciplinaridade vem marcada pela liberdade, de pensar, estudar, intervir, refletir de que forma as disciplinas podem se unir e assim acrescentar algo novo, novas visões, novas realidades que contribuirão para as futuras gerações.

Neste ponto, ressalta-se a importância da transdisciplinaridade como metodologia de estudos dos riscos implicados dos desconhecimentos oriundos os produtos da nanotecnologia. Tendo em vista que os riscos ao ambiente são complexos, exigindo estudos diante dos alcances que seus danos podem produzir nos mais variados *habitats*, na sociedade e na economia. Por esta via, a

²⁷ **CARTA DA TRANSDISCIPLINARIDADE.** 1994. Disponível em: <<http://blogmanamani.files.wordpress.com/2013/08/carta-da-transdisciplinaridade.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

²⁸ NICOLESCO, Basarab. **Um novo tipo de conhecimento** - transdisciplinaridade, 1999. Disponível em: <http://www.vdl.ufc.br/solar/aula_link/llpt/A_a_H/didatica_l/aula_04/imagens/01/transdisciplinaridade.p>. Acesso em: 05 abr. 2017.

²⁹ SOUZA, Lelbo M. Lôbo de; FOLLMANN, José Ivo. **Transdisciplinaridade e universidade:** uma proposta em construção. São Leopoldo: Unisinos. 2003. p.09-12.

³⁰ NICOLESCO, Basarab. **Um novo tipo de conhecimento** - transdisciplinaridade, 1999. Disponível em: <http://www.vdl.ufc.br/solar/aula_link/llpt/A_a_H/didatica_l/aula_04/imagens/01/transdisciplinaridade.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2017.

³¹ MATURANA, Humberto. **Transdisciplinaridade e cognição**, 1999. p.79.

transdisciplinaridade não significa apenas, que as disciplinas colaborem entre si, mas significa também, que existe um pensamento organizador que ultrapasse as próprias disciplinas.

Desta maneira, o que postula a transdisciplinaridade é a abertura do especialista ao todo que o envolve e à dialogicidade com as outras formas de conhecimentos e de visões do real, visando a complementaridade, a motivação e disponibilidade imprescindível para atuar em equipe, o desafio da convivência com a diversidade.³²

Neste sentido, é preciso ter em mente que aprender não é aquisição de algo que está lá, é uma transformação em coexistência com o outro. Pois, se o outro não é visto como um outro legítimo, não há importância. E esse é o problema, o outro não é visto e porque não é visto, a visão não é expandida, e não sendo, não é possível agir de acordo com a transdisciplinaridade colocando-se fronteiras: isso é bom, isso é mal, isso é apropriado, isso não é apropriado. Classifica-se, desvaloriza-se, rejeita-se.³³

Portanto, para transpor as fronteiras dos conhecimentos especializados, precisa-se comportar de maneira que seja possível emergir sem medo de desaparecer. Isso tem a ver com a reflexão e a liberdade de reflexão, pois permite olhar de um lado, olha de outro e relacionar esses dois campos ou aceitar os demais pontos de observação em prol de um único todo. Essa disposição para a convivência se insere na construção de uma cultura transdisciplinar, porque objetiva cuidar para que não minguem o ser humano perante separatividade.³⁴ Edgar Morin, neste sentido, menciona que é preciso ir além do conhecido, pois este está limitado. Portanto é necessário fundar o conhecimento em prol da humanidade e criar para esta comunicação entre as ciências.³⁵

Assim, pode ser considerado, que a formação do conhecimento é composta por vários níveis de realidade constituída por diferentes níveis de interação entre pessoa e meio ambiente.³⁶ Cada qual com seu olhar de observação, com sua

³² WEIL, P. **Rumo à nova transdisciplinaridade**. São Paulo: Summus, 1993, p.140.

³³ MATURANA, Humberto. **Transdisciplinaridade e cognição**, 1999. p.79-95.

³⁴ ROCHA FILHO, J. B. **Transdisciplinaridade: a natureza íntima da educação científica**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. p.38.

³⁵ MORIN, Edgar. **Ciência com consciência**. Tradução Maria D. Alexandre e Maria Alice Sampaio Dória. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p.139

³⁶ GALVANI, Pascal. **A autoformação, uma perspectiva transpessoal, transdisciplinar e transcultural**, p.103.

especialidade, mas todas de forma organizadamente unificadas para arquitetar uma nova visão.

Portanto, o desenvolvimento e aplicação da transdisciplinaridade se faz de suma importância, quando se fala em riscos de danos ambientais causados pela nanotecnologia, especialmente porque os riscos desta não são diagnosticados pelas ciências duras e conseqüentemente, não são comunicados ao Direito para que este gere os código de reconhecimento do que será ou não regulado e limitado.

O grande desafio da gestão dos riscos é o avanço na capacidade de identificar, nas respostas modeladas de sistemas, as várias perturbações e tensões, que representam um risco de dano ambiental. Nesta via, é importante, intensificar o papel de monitoramento e pesquisa empírica.³⁷ Haja vista que é a pesquisa científica, fundada na transdisciplinaridade que irá constar e mensurar os riscos dos nanomateriais, pois obviamente esta competência escapa a capacidade do Direito, cabendo a este a regulação a partir da comunicação com as ciências.

Ressalta-se que, neste sentido, o objetivo não é que os cientistas sejam obrigados a remover as incertezas, mas que informem à sociedade sobre os possíveis riscos relevantes, sobre as probabilidades desta. Em vez de um foco unilateral sobre "provas concretas", a plausibilidade exige raciocínio científico, a fim de explicar certas observações ou hipóteses, para que façam sentido para ambos: especialistas e não-especialistas. Aumentando, assim, a capacidade da sociedade de agir mediante alertas precoces, mesmo que incertos.³⁸

Assim, a transdisciplinaridade se demonstra como aliada à efetivação do *Princípio da Precaução*. Ela se revela como importante instrumento de averiguação dos riscos ambientais implicados na nanotecnologia. Nesta via, a transdisciplinaridade serve como instrumento de tradução dos riscos entre as ciências, colocando em diálogo a respeito da informação sobre estes e das possíveis formas de prevenção e precaução dos danos ambientais provenientes dos riscos nanotecnológicos.

³⁷ SLUIJS, Jeroen van der; TURKENBURG, Wim. Climate change and the precautionary principle. In: FISHER, Elizabeth; JONES, Judith; SCHOMBERG, René Von. **Implementing the precautionary principle, perspectives and prospects**. Cheltenham: Edward Elgar, 2006. p. 245-269.

³⁸ SLUIJS, Jeroen van der; TURKENBURG, Wim. Climate change and the precautionary principle. In: FISHER, Elizabeth; JONES, Judith; SCHOMBERG, René Von. **Implementing the precautionary principle, perspectives and prospects**. Cheltenham: Edward Elgar, 2006. p. 245-269.

3. A gestão jurídica dos riscos nanotecnológicos ao meio ambiente na Teoria Sistêmica de Niklas Luhmann

Com base na Teoria Sistêmica de Niklas Luhmann, as incertezas e, por consequência os riscos apresentados pela nanotecnologia não são identificados pelo Sistema do Direito, assim não são regulados para a prevenção/precaução dos danos ambientais.

Apesar disso, como mencionado anteriormente, os nanoprodutos estão sendo fortemente incentivados pelo Sistema da Economia. Diferentes nanomateriais estão sendo descobertos a cada dia e, por viabilizarem produtos finais mais eficientes, leves, adequados e principalmente de baixo custo, muitos destes já se encontram em fase de comercialização em cosméticos, eletrodomésticos, vestimentas e em diversos utensílios e equipamentos.³⁹ Mensura-se que cerca de 2.000 (dois mil) produtos que incorporam a nanotecnologia já estão sendo comercializados no mercado.⁴⁰

Sabe-se que a maioria dos nanomateriais encontrados são conhecidos, todavia, as propriedades particulares dos materiais em nanoescala os tornam diferentes qualitativamente. No meio ambiente os efeitos são relacionados aos nanomateriais pela sua maior permeabilidade, capacidade de dispersão, persistência, absorção e potencial para ser transformado ou interagindo com outros contaminantes que podem ter efeitos sobre os ecossistemas aquáticos e terrestres quando liberados no meio ambiente. Portanto, em uma escala nano, as características físico-químicas tendem a sofrer modificações que podem gerar inclusive efeitos tóxicos. Neste ponto que urge a questão dos efeitos indesejados, muitos dos quais ainda são completamente desconhecidos.⁴¹

Assim, os danos ambientais que podem ser decorrentes de nanomateriais estão relacionados com o fato, por exemplo, de que o tempo de residência das nanopartículas e os seus agregados no ar pode ser diferente da maioria das demais partículas de poeira em escala micrométrica. Além disso, a taxas de oxidação e de

³⁹ ALVES, Oswaldo. Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais: quando a distância entre presente e futuro não é apenas questão de tempo. **Revista Parcerias Estratégicas**, Brasília, n. 18, p. 30-31, 2004.

⁴⁰ SHEARER, Cameron. **A guide to the nanotechnology used in the average home**. Disponível em: <<http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=43847.php>> Acesso em: 05 abr. 2017.

⁴¹ FIORINO, Daniel J. **Voluntary initiatives, regulation, and nanotechnologies oversight: charting a path**. Project for Emerging Nanotechnologies, n. 19, nov. 2010. Disponível em: <<http://www.nanotechproject.org/process/assets/files/8347/pen-19.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

dissolução, que são altamente dependentes da área de superfície, podem aumentar dramaticamente quando o tamanho diminui, possivelmente liberando materiais constituintes, em formato biodisponível.^{42 43}

Também, a respeito dos nanomateriais à base de carbono, existe grande preocupação de seus efeitos, tendo em conta as previsões de que eles podem se dispensar fortemente nos compostos hidrofóbicos celulares, tais como lipídios, em relação à água, resultando em bioconcentração potencialmente significativa. Em uma escala global as nanopartículas também devem ser considerada, tais como em relação a atmosférica induzindo transformações orgânicas, reações e outras tantas que ainda são desconhecidas.⁴⁴

Diante da magnitude, desconhecimento, complexidade dos efeitos sistêmicos dos riscos nanotecnológicos. Ou seja, pelo fato de seu poder de atingir grande parcela de uma sociedade, bem como o meio ambiente. A teoria sistêmica de Luhmann demonstra-se eficaz para a elaboração deste estudo acerca da definição das respostas que o Direito precisa trazer para o gerenciamento da distribuição dos riscos de danos ambientais decorrentes da nanotecnologia.

Logo, para que seja possível a identificação e regulação dos riscos pelo Direito exige-se, primeiramente uma tradução destes riscos pela inter-relação transdisciplinar do Direito com as ciências duras (tecnologias de ponta), as quais estão desenvolvendo a nanotecnologia e podem contribuir assim com a mensuração das probabilidades e magnitudes dos riscos dos nanomateriais. A partir desta identificação transdisciplinar dos riscos nanotecnológicos, será possível, com base na teoria sistêmica, gerar os códigos binários. Estes códigos podem ser desenvolvidos não por uma legislação estaque que defina o que será lícito/ilícito na atividade nanotecnologia, mas que aponte índices aceitáveis/inaceitáveis de riscos com fundamento nos possíveis danos ambientais. Desta maneira, será plausível gerar a comunicação entre os Sistemas Direito e Economia para prevenir os danos ao Meio Ambiente.

⁴² Que podem ser absorvidos pelos organismos.

⁴³ GUZMÁN, Katherine A.; TAYLOR, Margaret R.; BANFIELD, Jillian F. **Environmental risks of nanotechnology**: National nanotechnology initiative funding. Environ. Sci. Technol., 40(5):1401-1407, 2006. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es0515708>> Acesso em: 05 abr. 2017.

⁴⁴ GUZMÁN, Katherine A.; TAYLOR, Margaret R.; BANFIELD, Jillian F. **Environmental risks of nanotechnology**: National nanotechnology initiative funding. Environ. Sci. Technol., 40(5):1401-1407, 2006. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es0515708>> Acesso em: 05 abr. 2017.

Ressalta-se que a ‘perda das certezas produzidas pela modernidade’, em especial pela nanotecnologia, impõe ao Direito observar e tomar decisões em um presente que mesmo incerto e complexo, exige o controle dos riscos e a construção do futuro.⁴⁵ Pede-se que ciências “moles” (Direito e ciências sociais) tomem decisões “duras”, o que requer que os juristas sejam cautelosos. Em verdade: ‘deverão se encontrar as ciências da natureza (ciências duras) e as ciências do espírito (ciências brandas), a fim de realizarem constantes avaliações sobre cada momento da prometida Revolução Científica fulcrada no “fascínio pela criatividade.”⁴⁶

Com isso, a transdisciplinaridade cria uma “ponte” entre o Direito e as “ciências duras” promovendo um diálogo entre ambas. Com capacidade de aclarar as características do desconhecido,⁴⁷ mediante estudos transdisciplinares, que traduzem as características e efeitos dos riscos implicados nas atividades (investigação, avaliação e gestão dos riscos). Ou seja, são pontos de tradução dos riscos científicos e que, sem esta gestão passariam por inexistentes (desapercebidos) pelo Direito, o que resultaria em sua omissão às respostas jurídicas esperadas para os riscos da nanotecnologia.

Logo, como mencionado, de acordo com Damodaram, esta gestão deve ser iniciada pela identificação do risco⁴⁸ em que serão apontadas as referências negativas ou positivas da atividade, a partir da constatação das ciências. Nesta etapa, vale salientar, a importância da transdisciplinaridade, pois é nela que as mais diversas disciplinas se unirão para estudar juntas, confrontar, fazer surgir dados novos, visando encontrar a melhor alternativa na proteção do meio ambiente e da sociedade.

Na investigação dos riscos, espera-se, assim, que a pesquisa forneça evidências científicas necessárias a determinar se os avisos precoces de riscos são credíveis e substanciais o suficiente para justificar a implementação de medidas de

⁴⁵CARVALHO, Délton Winter de. **Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2008. p.72.

⁴⁶ENGELMANN, Wilson; FLORES, André Stringhi; WEYERMÜLLER, André Rafael. **Nanotecnologias, Marcos Regulatórios e Direito Ambiental**. Curitiba: Honoris Causa, 2010. p. 122.

⁴⁷ENGELMANN, Wilson; FLORES, André Stringhi; WEYERMÜLLER, André Rafael. **Nanotecnologias, Marcos Regulatórios e Direito Ambiental**. Curitiba: Honoris Causa, 2010. p. 122.

⁴⁸DAMODARAM, Aswath. **Gestão estratégica do risco: uma referência para a tomada de decisão de riscos empresariais**. Tradução Feliz Nonnenmacher – Porto Alegre: Bookmann, 2009, p.109.

precaução.⁴⁹ Ou seja, nesta oportunidade em que os profissionais “*experts*” na determinada área do conhecimento em apreço, deverão unir suas expertises em estudos transdisciplinares, a fim de identificar os possíveis riscos desencadeados pela nanotecnologia.

Com a identificação dos riscos, os profissionais poderão apontar a avaliação destes riscos e a partir destas fundar as decisões pautadas no binômio probabilidades/magnitude, as hipóteses que podem gerar danos ambientais irreversíveis e incalculáveis. Diante destas será possível avaliar os riscos e gerir com base na aceitabilidade de suas baixas probabilidades de graves danos ambientais.

Neste contexto, a concepção de “sociedade de risco” torna ultrapassada toda a sociologia clássica voltada para a segurança social. O risco coloca a importância de uma nova racionalidade para a tomada das decisões nas sociedades, redefinindo a filosofia analítica, a uma teoria da sociedade mais realista.⁵⁰ A consciência do risco é uma das condições para a constituição de uma gestão dos riscos à prevenção e precaução dos danos provocados pelas nanotecnologias.

O Direito, para Luhmann, embora visto como uma estrutura é dinâmico devido a permanente evolução provocada pela sua necessidade de constantemente agir como uma das estruturas sociais redutoras da complexidade das possibilidades do ser no mundo.⁵¹ Nesta ordem de raciocínio, a pesquisa jurídica deve ser dirigida para uma nova concepção da sociedade centrada na complexidade, baseada em postulados como os riscos e os paradoxos. Um sistema diferenciado deve ser simultaneamente, operativamente fechado para manter a sua unidade e cognitivamente aberto para observar sua diferença constitutiva.⁵²

⁴⁹ MENESTREL, Marc Le; RODE, Julian. **Why did business not react with precaution to early warnings?**. In: “Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation”. Part D: Costs, justice and innovation”. European Environment Agency. Disponível em: <<http://www.eea.europa.eu/publications/late-lessons-2/part-d-costs-justice-and-innovation>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

⁵⁰ ROCHA, Leonel Severo. **Notas sobre Niklas Luhmann**. In: Revista de Estudos Jurídicos. São Leopoldo: Centro de Ciências Jurídicas – UNISINOS, 2007. p.52.

⁵¹ ROCHA, Leonel Severo. **Notas sobre Niklas Luhmann**. In: Revista de Estudos Jurídicos. São Leopoldo: Centro de Ciências Jurídicas – UNISINOS, 2007. p.51.

⁵² ROCHA, Leonel Severo. **Notas sobre Niklas Luhmann**. In: Revista de Estudos Jurídicos. São Leopoldo: Centro de Ciências Jurídicas – UNISINOS, 2007. p.52.

Considerações finais

Neste sentido, a importância de uma instrumentalização jurídica, frente aos desafios e riscos nanotecnológicos, toma ainda mais relevo, pois, conforme relatos científicos, existem fortes evidências dos graves danos ambientais que a disposição/contato que os nanomateriais podem vir a ocasionar. As propriedades reais dos nanomateriais são muito distintas daquelas já conhecidas pelas ciências. Além disso, os nanomateriais podem ser despejados acidentalmente, com a exposição a organismos no ambiente não previamente diagnosticados as suas consequências.

Em suma, o desafio do Direito para a gestão dos riscos nanotecnológicos é sistematizar instrumentos jurídicos conectados que partem dos mecanismos de prevenção (e precaução) dos riscos. Nesta linha, o Direito está desafiado a implementar mecanismos que traduzam os “códigos” científicos da mensuração dos riscos, com o utensílio da transdisciplinaridade, a fim de introduzir na legislação previsões que vinculem o futuro e que, controlem a implementação, monitoramento e readaptação desta gestão de risco.

Ora, os produtos gerados pelas nanotecnologias por si só já resultam em sérios riscos ecossistêmicos, sociais e econômicos, entrelaçados entre si. Estes riscos, claramente, estão sendo dramatizados e potencializados a partir dos altos investimento e comercialização sem a realização de estudos aprofundados. Para tanto, o Direito precisa se aprimorar e acompanhar o desenvolvimento das novas tecnologias. Gerando assim, mecanismos de controle (regulação) dos riscos de danos ambientais aceitáveis/inaceitáveis com fundamento nos diagnósticos científicos de probabilidade/magnitude resultantes. Os graves riscos de danos ambientais e seus efeitos deletérios que se perpetuam no tempo, nas gerações e não percebem as fronteiras territoriais, deve ser a luz guiadora das ciências.

Referências

ALVES, Oswaldo. Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais: quando a distância entre presente e futuro não é apenas questão de tempo. **Revista Parcerias Estratégicas**, Brasília, n. 18, p. 30-31, 2004.

CARTA DA TRANSDISCIPLINARIDADE. 1994. Disponível em: <<http://blogmanamani.files.wordpress.com/2013/08/carta-da-transdisciplinaridade.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

CARVALHO, Délton Winter de. Aspectos probatórios do dano ambiental futuro: uma análise sobre a construção probatória da ilicitude dos riscos ambientais. In: CALLEGARI, André Luís; STRECK, Lenio Luiz; ROCHA, Leonel Severo (Org.). **Constituição sistemas sociais e hermenêutica**: anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da Unisinos: mestrado e doutorado. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2011. v. 8, p. 81-104.

CARVALHO, Délton Winter de. **Dano ambiental futuro**: a responsabilização civil pelo risco ambiental. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2008.

D'AMBRÓSIO, Ubiratan. **Transdisciplinaridade**. São Paulo: Palas Athena, 1997.

DAMODARAM, Aswath. **Gestão estratégica do risco**: uma referência para a tomada de decisão de riscos empresariais. Tradução Feliz Nonnenmacher – Porto Alegre: Bookmann, 2009.

DE GIORGI, Raffaele. O risco na sociedade contemporânea. **Revista Sequência**. n. 28, ano 15, junho, 1994. p. 45-54. Disponível em: <<http://www.egov.ufsc.br/portal/conteudo/o-risco-na-sociedade-contempor%C3%A2nea>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

ENGELMANN, Wilson; FLORES, André Stringhi; WEYERMÜLLER, **André Rafael**. **Nanotecnologias, Marcos Regulatórios e Direito Ambiental**. Curitiba: Honoris Causa, 2010.

FIORINO, Daniel J. Voluntary initiatives, regulation, and nanotechnologies oversight: charting a path. **Project for Emerging Nanotechnologies**, n. 19, nov. 2010. Disponível em: <<http://www.nanotechproject.org/process/assets/files/8347/pen-19.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

GALVANI, Pascal. **A autoformação, uma perspectiva transpessoal**, transdisciplinar e transcultural.

GUZMÁN, Katherine A.; TAYLOR, Margaret R.; BANFIELD, Jillian F. **Environmental risks of nanotechnology**: National nanotechnology initiative

HOHENDORFF, Raquel von; ENGELMANN Wilson. **Iniciando a regulação (não tradicional) para as nanotecnologias**: a construção do caminho a partir das possibilidades do framework e da árvore de decisão. XXIV ENCONTRO NACIONAL DO CONPEDI – UFS. 2015.

LUHMANN, Niklas. **El concepto de riesgo**. México: Universidad Iberoamericana/Herder Editorial, 2005.

LUHMANN, Niklas. **La sociedad de la sociedad**. Tradução Javier Torres Nafarrete. México: Herder/Universidad Iberoamericana, 2007.

LUHMANN, Niklas. **O direito da sociedade**. Tradução Saulo Krieger e Alexandre Agnolon – São Paulo: Martins Fontes, 2016.

LUHMANN, Niklas. **Sociologia del riesgo**. México: Herder/Universidad Iberoamericana, 1992.

MATURANA, Humberto. **Transdisciplinaridade e cognição**, 1999.

MENESTREL, Marc Le; RODE, Julian. Why did business not react with precaution to early warnings?. In: **“Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation”**. Part D: Costs, justice and innovation”. European Environment Agency. Disponível em: <<http://www.eea.europa.eu/publications/late-lessons-2/part-d-costs-justice-and-innovation>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

MORIN, Edgar. **Ciência com consciência**. Tradução Maria D. Alexandre e Maria Alice Sampaio Dória. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p.139

NICOLESCO, Basarab. **Um novo tipo de conhecimento** - transdisciplinaridade, 1999. Disponível em: <http://www.vdl.ufc.br/solar/aula_link/llpt/A_a_H/didatica_l/aula_04/imagens/01/transdisciplinaridade.p>. Acesso em: 05 abr. 2017.

PASCHOALINO, Matheus P., MARCONE, Glauciene S. P., JARDIM, Wilson F. Os nanomateriais e a questão ambiental. **Quím. nova**, 33(2):421-430, 2010. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol33No2_421_32-RV09047.pdf> Acesso em: 05 abr. 2017.

ROCHA FILHO, J. B. **Transdisciplinaridade: a natureza íntima da educação científica**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

ROCHA, Leonel Severo. Transdisciplinaridade e direito. In: SOUZA, Lelbo M. Lôbo de; FOLLMANN, José Ivo. **Transdisciplinaridade e universidade: uma proposta em construção**. São Leopoldo:Unisinos.2003.

ROCHA, Leonel Severo.Notas sobre Niklas Luhmann. In: **Revista de Estudos Jurídicos**. São Leopoldo: Centro de Ciências Jurídicas – UNISINOS, 2007.

SHEARER, Cameron. **A guide to the nanotechnology used in the average home**. Disponível em: <<http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=43847.php>> Acesso em: 05 abr. 2017.

SLUIJS, Jeroen van der; TURKENBURG, Wim. Climate change and the precautionary principle. In: FISHER, Elizabeth; JONES, Judith; SCHOMBERG, René Von. **Implementing the precautionary principle, perspectives and prospects**.Cheltenham: Edward Elgar, 2006.

SOUZA, Lelbo M. Lôbo de; FOLLMANN, José Ivo. **Transdisciplinaridade e universidade: uma proposta em construção**. São Leopoldo: Unisinos. 2003.

WEIL, P. **Rumo à nova transdisciplinaridade**. São Paulo: Summus, 1993.

