

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DIREITO
NÍVEL MESTRADO PROFISSIONAL**

NINA KOJA CASSALI

**A RESPONSABILIDADE EMPRESARIAL PREVISTA NO ART. 931 DO CÓDIGO
CIVIL DE 2002 APLICADA À PROGRESSIVA INCLUSÃO DE
NANOTECNOLOGIA NO SETOR DE AR CONDICIONADO AUTOMOTIVO:
Uma Proposta para Aplicação do Princípio da Precaução e Gestão do Risco
Inerente ao uso e Descarte de Materiais Nanoestruturados**

**São Leopoldo
2017**

NINA KOJA CASSALI

**A RESPONSABILIDADE EMPRESARIAL PREVISTA NO ART. 931 DO CÓDIGO
CIVIL DE 2002 APLICADA À PROGRESSIVA INCLUSÃO DE
NANOTECNOLOGIA NO SETOR DE AR CONDICIONADO AUTOMOTIVO:
Uma Proposta para Aplicação do Princípio da Precaução e Gestão do Risco
Inerente ao uso e Descarte de Materiais Nanoestruturados**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Direito de Empresa e Negócios, pelo Programa de Pós-Graduação em Direito da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

Área de concentração: Direito de Empresa e Regulação

Orientador: Prof. Dr. Wilson Engelmann

São Leopoldo

2017

C343r

Cassali, Nina Koja

A responsabilidade empresarial prevista no art. 931 do Código Civil de 2002 aplicada à progressiva inclusão de nanotecnologia no setor de ar condicionado automotivo : uma proposta para aplicação do princípio da precaução e gestão do risco inerente ao uso e descarte de materiais nanoestruturados / por Nina Koja Cassali. – 2017.

162 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-graduação em Direito, São Leopoldo, RS, 2017.

“Orientador: Dr. Wilson Engelmann.”

1. Nanotecnologia. 2. Responsabilidade (Direito). 3. Empresas. 4. Ar condicionado. 5. Risco. I. Título.

CDU: 347.51:620.3

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DIREITO DA EMPRESA E DOS NEGÓCIOS
NÍVEL MESTRADO PROFISSIONAL

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: "A RESPONSABILIDADE EMPRESARIAL PREVISTA NO ART. 931 DO CÓDIGO CIVIL DE 2002 APLICADA À PROGRESSIVA INCLUSÃO DE NANOTECNOLOGIA NO SETOR DE AR CONDICIONADO AUTOMOTIVO: Uma Proposta para Aplicação do Princípio da Precaução e Gestão do Risco Inerente ao uso e Descarte de Materiais Nanoestruturados" elaborada pela mestranda **Nina Koja Cassali**, foi julgada adequada e aprovada por todos os membros da Banca Examinadora para a obtenção do título de MESTRE EM DIREITO DA EMPRESA E DOS NEGÓCIOS - Profissional.

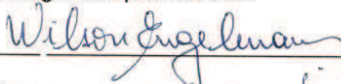
São Leopoldo, 31 de outubro de 2017.


Prof. Dr. **Wilson Engelmann**

Coordenador do Programa de Mestrado Profissional em Direito da Empresa e dos Negócios

Apresentada à Banca integrada pelos seguintes professores:

Presidente: Dr. Wilson Engelmann

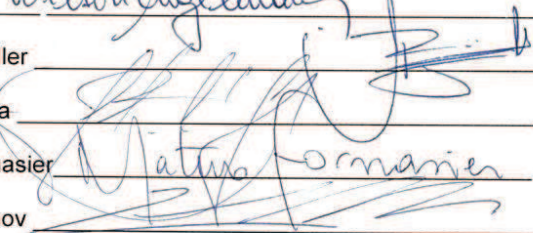


Membro: Dr. André Rafael Weyermuller

Membro: Dr. Silvio Bitencourt da Silva

Membro: Dr. Mateus de Oliveira Fornasier

Membro: Dr. Cleber Cristiano Prodanov



À minha família e a todos que participam da minha construção como profissional, auxiliando-me e, com carinho, emprestando-me sua atenção e paciência.

AGRADECIMENTOS

A Deus, aos meus familiares e amigos e a todos que, de alguma forma, incentivam-me a continuar aperfeiçoando o conhecimento e trilhando este caminho nem sempre fácil, mas sobretudo gratificante.

Agradeço especialmente ao meu orientador Wilson Engelmann, por ter apresentado-me o assunto tema deste trabalho, trazendo-me sua problemática e seus variados aspectos, impressionantes e ao mesmo tempo fascinantes.

“A inovação sempre significa um risco. Qualquer atividade econômica é de alto risco e não inovar é muito mais arriscado do que construir o futuro.”¹

¹ DRUCKER, Peter Ferdinand. **Inovação e espírito empreendedor (entrepreneurship)**: prática e princípios; tradução de Carlos Malferrari. 2. Edição – São Paulo: Pioneira, 1987, p. 189.

RESUMO

A presente pesquisa trata da nanotecnologia e suas possíveis implicações no ramo da responsabilidade civil atribuída a empresários e sociedades empresárias pelo Código Civil de 2002, bem como suas resultantes em meio à sociedade. A falta de regulamentação relativa à nanotecnologia e a extensa probabilidade de riscos que representa, somada às diretrizes impostas pelo artigo 931 do CC em vigor, deu azo à proposta de elaboração de um *framework* baseado nos procedimentos a serem adotados com o fito inicial de dirimir a repercussão nefasta de futura responsabilização, mas acima de tudo, de preservar a saúde humana e ambiental. Para tanto, utilizou-se pesquisa bibliográfica, levantamento de dados e análise de normas internacionais. A pesquisa concluiu acerca do fato de que produtos à base de nanotecnologia fazem parte de uma realidade cada vez mais presente na vida de todos e que está em franca expansão. O desconhecimento acerca da nocividade das nanopartículas engenheiradas já presentes na atmosfera releva-se a razão basilar pela qual todos os estágios da vida útil dos nanomateriais devam ser rigorosamente controlados e analisados, mormente em face de seu potencial tóxico, obstando seus prováveis malefícios tanto quanto possível, para que, sem frustrar o progresso tecnológico, haja a garantia da permanência da vida humana como hoje conhecemos. Sustentado em tais valores, elaborou-se a sugestão de gerenciamento de risco materializado no *framework* ora proposto.

Palavras-chave: Nanotecnologia. Responsabilidade. Empresas. Ar condicionado. Risco.

ABSTRACT

This research deals with nanotechnology and its possible implications in the field of civil liability attributed to entrepreneurs and business companies by the Civil Code of 2002, as well as its resulting in the society. The lack of regulations related to nanotechnology and the high probability of risks that it represents, together with the guidelines imposed by article 931 of the current CC, gave rise to the proposal of elaboration of a framework based on the procedures to be adopted with the initial intention to resolve the Harmful repercussions of future accountability, but above all, of preserving human and environmental health. For this purpose, bibliographic research, data collection and analysis of international standards were used. The research concluded that nanotechnology-based products are part of a rapidly expanding reality in everyone's life. The lack of knowledge about the harmfulness of the engineered nanoparticles already present in the atmosphere depends on the basic reason why all stages of nanomaterials' life must be rigorously controlled and analyzed, especially in the face of their toxic potential, hindering their probable harms as much as possible , So that, without frustrating technological progress, there is the guarantee of the permanence of human life as we know it today. Based on these values, the risk management suggestion materialized in the proposed framework was elaborated.

Keywords: Nanotechnology. Responsibility. Companies. Air conditioning. Risk.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1 - Exemplos de Aplicação de Nanotecnologia..... | 60 |
| Figura 2 - Ciclo de Vida das Nanopartículas..... | 74 |
| Figura 3 - Novas Economias..... | 106 |
| Figura 4 - Características dos Nanomateriais..... | 137 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|-----|
| Quadro 1 – Julgados Federais..... | 38 |
| Quadro 2 – Julgados Estaduais..... | 42 |
| Quadro 3 – Lista de Artigos Científicos..... | 52 |
| Quadro 4 – Histórico da Nanotecnologia..... | 64 |
| Quadro 5 – O Futuro da Nanotecnologia..... | 65 |
| Quadro 6 – Estágios da Avaliação do Ciclo de Vida..... | 72 |
| Quadro 7 – Riscos da Exposição Humana e Ambiental..... | 76 |
| Quadro 8 – Lista de Países com Representatividade em Refrigeração..... | 130 |

LISTA DE IMAGENS

| | |
|--|-----|
| Imagem 1 – Dados StatNano A..... | 108 |
| Imagem 2 – Dados StatNano B..... | 109 |
| Imagem 3 – Dados StatNano C..... | 109 |
| Imagem 4 – Dados StatNano D..... | 110 |
| Imagem 5 – Dados StatNano E..... | 111 |
| Imagem 6 – Sistema de Ar Condicionado Automotivo..... | 127 |
| Imagem 7 – Funcionamento do Ar Condicionado Automotivo..... | 128 |
| Imagem 8 – Filtro de Ar Condicionado..... | 131 |
| Imagem 9 – Fluido para Sistema de Ar Condicionado..... | 132 |
| Imagem 10 – Esquema de Isolamento por Espumas..... | 133 |
| Imagem 11 – Matriz de Nanofios de Titanato de Estrôncio e Bário..... | 134 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|-----|
| Gráfico 1 – Evolução da Nanotecnologia..... | 108 |
| Gráfico 2 – Aplicação de Nanoprodutos no Setor Automotivo dos Países.... | 111 |
| Gráfico 3 – Nanomateriais Utilizados no Setor Automotivo..... | 112 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|--------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ACV | Avaliação do Ciclo de Vida |
| CC | Código Civil |
| CDC | Código de Defesa do Consumidor |
| CFS | Center for Food Safety |
| CJF | Conselho de Justiça Federal |
| ISO | International Organization for Standardization |
| LNNano | Laboratório Nacional de Nanotecnologia |
| NBR | Normas Brasileiras de Regulação |
| PL | Projeto de Lei |
| STJ | Superior Tribunal de Justiça |
| TC | Technical Committee |
| TSCA | Toxic Substances Control Act |
| USEPA | Environmental Protection Agency |

SUMÁRIO

| | |
|---|------------|
| 1 INTRODUÇÃO | 14 |
| 2 O RISCO DO DESENVOLVIMENTO NO CÓDIGO CIVIL/2002 | 18 |
| 2.1 Perspectivas e Possibilidades do Artigo 931, Código Civil de 2002 | 18 |
| 2.2 O Risco do Desenvolvimento e seus Desafios | 32 |
| 2.3 A Aplicabilidade Jurisprudencial do Artigo 931, Código Civil de 2002 | 35 |
| 3 A RESPONSABILIDADE NANOTECNOLÓGICA..... | 46 |
| 3.1 Conhecendo as Nanotecnologias | 46 |
| 3.2 O Ciclo de Vida dos Nanomateriais | 65 |
| 3.3 Critérios da Responsabilidade..... | 76 |
| 3.3.1 O Direito à Informação | 84 |
| 3.3.2 A Precaução: um Princípio e sua Aplicação Prática..... | 91 |
| 4 A GESTÃO DE RISCOS COMO DEVER IMPLÍCITO AO ARTIGO 931 DO NOVO CÓDIGO CIVIL: A IMPORTÂNCIA DA CONSTRUÇÃO DO <i>FRAMEWORK</i>..... | 112 |
| 5 METODOLOGIA | 120 |
| 6 COLETA DE DADOS..... | 124 |
| 6.1 Dados sobre a Produção Industrial de Nanotecnologias em Aparelhos de Ar Condicionado | 124 |
| 7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA COLETA DOS DADOS E FORMULAÇÃO DE <i>FRAMEWORK</i> A PARTIR DOS ACHADOS..... | 134 |
| 8 CONCLUSÃO | 148 |
| REFERÊNCIAS..... | 153 |

1 INTRODUÇÃO

O emergir das grandes descobertas tecnológicas, tais como a nanotecnologia, traz consigo uma série de circunstâncias, de responsabilidades e obrigações núperas, tanto aos que exploram a produção e comercialização de nanoproductos quanto aos que os consomem e beneficiam-se de suas propriedades inéditas. À Administração Pública, neste cenário, incumbe a regulação dos procedimentos necessários à evolução segura dessas inovações. Entretanto, cediço o fato de que o processo legislativo, amiúde, não acompanha as constantes descobertas alcançadas pelos laboratórios de pesquisa, lançadas à produção em larga escala e ao consumo. Esta realidade suscita dúvidas, discussões e críticas de toda espécie em meio à tramitação legislativa e dá ensejo ao atraso e à possibilidade de obsolescência da regulação, resultando em certa instabilidade e desproteção social.

No entanto, a ausência de regulação não deve servir de pretexto para que medidas de precaução e de gestão de riscos sejam desprezadas quando se trata de nanotecnologia. Neste caso, a apreensão não deve bastar-se no mero cumprimento da lei. Os reflexos dos recentes produtos e serviços desenvolvidos por meio da transformação dos materiais em escala nano, devem ser minuciosamente estudados, para que seja possível a regulamentação do tema, com ênfase em segurança, precaução e sustentabilidade, capazes de permitir a preservação do meio ambiente e suas várias formas de vida. Se evidencia a importância de desenhar os elementos necessários para os sistemas de provas, a partir de cada aplicação da nano escala, e as questões relacionadas com o direito de danos e a responsabilidade civil. Quem será o responsável por um dano futuro? Todo esse conjunto exigirá muita atenção por parte do Direito, que é o responsável pela regulação. Parece interessante observar como colocar em prática a chamada “[...] autorregulação normativa e direito na globalização [...]”², pois, segundo M. Mercè Darnaculleta I Gardella:

[...] en la sociedad global del riesgo, sin embargo, el aumento de la complejidad, la especialización y la tecnificación de las cuestiones sobre las que tiene que pronunciarse el Derecho están transformando completamente estas instituciones (El Estado, El

² GARDELLA, M. Mercè Darnaculleta I. Autorregulación normativa y derecho en la globalización. In: GARDELLA, M. Mercè Darnaculleta I et al. (Ed.). **Estrategias del derecho ante la Incertidumbre y la globalización**. Madrid: Marcial Pons, 2015. p. 197.

Derecho y las instancias con facultades para adoptar decisiones jurídicamente vinculantes) [...].³

As novidades se produzem no contexto das Ciências Exatas, porém ainda não estão promovendo reflexos e transformações no Direito e na concepção acerca de suas fontes de expressão.

O regramento é uma necessidade, mas completamente ineficaz se mal sopesados seus efeitos, o que pode, inclusive, inviabilizar a pesquisa, caso haja excessiva restrição burocrática. Por essa razão, os estudos em nanotecnologia devem ser constantemente incentivados e aprofundados, máxime no que tange à investigação de toxicidade das nanopartículas, posto que tanto por parte dos responsáveis pelo desenvolvimento e comercialização quanto por parte dos consumidores dos nanoproductos, aparentemente, permanece elevado o nível de insciência e descaso ou descrença quanto aos eventuais resultados adversos. Vale dizer: as informações devem ser geradas e armazenadas por todos aqueles que se encontram em um ou mais estágio do ciclo de vida do nanomaterial. Portanto, considerando a incapacidade de se esperar por uma regulação legislativo-estatal, o *framework* poderá ser uma alternativa de autorregulação das nanotecnologias aplicadas ao setor de ar condicionado no setor automotivo, ou seja, é uma produção regulatória a partir da intervenção de atores privados, promovendo a normatização das condutas e melhores práticas que deverão ser seguidas por este setor produtivo.⁴

Esta pesquisa tem como tema a responsabilidade nanotecnológica considerada a aplicação abrangente do artigo 931 do Código Civil de 2002⁵, no que tange às obrigações impostas aos empresários e sociedades empresariais pertencentes ao ramo de ar condicionado automotivo e HVAC⁶, devido aos crescentes investimentos feitos pelo setor. Outrossim, aborda os possíveis riscos a

³ GARDELLA, M. Mercè Darnaculleta I. Autorregulación normativa y derecho en la globalización. In: GARDELLA, M. Mercè Darnaculleta I et al. (Ed.). **Estrategias del derecho ante la Incertidumbre y la globalización**. Madrid: Marcial Pons, 2015. p. 197.

⁴ FRANZIUS, Claudio. Autorregulación regulada como estrategia de coordinación. In: GARDELLA, M. Mercè Darnaculleta I et al. (Ed.). **Estrategias del derecho ante la Incertidumbre y la globalización**. Madrid: Marcial Pons, 2015.

⁵ BRASIL. **Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Institui o Código Civil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406.htm>. Acesso em: 13 set. 2017.

⁶ "Heating, Ventilation & Air conditioning" (aquecimento, ventilação e ar condicionado). MARAN, Melsi. Estratégias para diagnósticos rápidos no sistema de ar-condicionado automotivo. **Jornal Oficina Brasil**, [S.l.], 15 jan. 2016. Disponível em <<http://www.oficinabrasil.com.br/noticia/tecnicas/estrategias-para-diagnosticos-rapidos-no-sistema-de-ar-condicionado-automotivo>>. Acesso em: 06 ago. 2017.

que poderão estar expostos o meio ambiente e a sociedade, caso medidas de precaução sejam preteridas.

Para isto, surgem as seguintes perguntas norteadoras deste Trabalho de Conclusão: em que medida se dá o investimento empresarial em pesquisas destinadas à análise nanotoxicológica dos produtos, comparado ao montante que destina ao seu mero desenvolvimento? A que riscos estão expostas as empresas do setor no âmbito da responsabilidade civil? Considerados tais riscos, quais são os métodos de gestão disponíveis? Há formas de minimizar os resultados porventura lesivos dos materiais nanoestruturados à saúde e segurança de trabalhadores e consumidores? Qual o tratamento jurisprudencial dado aos casos em que pleiteada a responsabilização prevista no artigo 931 do Código Civil?

A partir dessas perguntas norteadoras, formula-se o seguinte problema de pesquisa: Quais são os elementos que deverão integrar um *framework* atento à saúde e segurança de trabalhadores, consumidores e à preservação do meio ambiente, considerada a responsabilização prevista no artigo 931, do atual Código Civil brasileiro e o risco do desenvolvimento a ele intrínseco, que possa orientar a concreta utilização do princípio da precaução, em especial, pelo setor produtivo de aparelhos de ar condicionado automotivo e congêneres que incluam nanotecnologia em seus processos?

Trabalha-se a hipótese de que os elementos que deverão integrar um *framework* preocupado com a saúde e segurança do trabalhador, assim como do consumidor, comprometido com sustentabilidade e preservação do meio ambiente e orientado pelo princípio da precaução, são os seguintes: a) identificação dos materiais utilizados em escala nano; b) análise permanente de nanotoxicidade; c) elaboração de técnicas seguras de utilização de nanomateriais afim de evitar a contaminação de trabalhadores, consumidores e meio ambiente; d) estudo do ciclo de vida dos nanomateriais.

O objetivo geral da pesquisa é analisar a responsabilidade corporativa nanotecnológica atrelada ao campo das inovações, para estruturar um *framework* com o foco na aplicação do princípio da precaução. Decorrem deste, os seguintes objetivos específicos:

- a) identificar a extensão da responsabilidade empresarial alcançada pelo advento do art. 931, CC⁷, especialmente no seguimento de aparelhos de ar condicionado automotivo produzidos por meio de nanotecnologia;
- b) analisar qual a incidência e de que forma é aplicado o art. 931, CC⁸, de acordo com a jurisprudência dos principais tribunais do Brasil;
- c) apurar que tipo de nanoprodutos e nanomateriais já se encontram presentes no setor de refrigeração automotiva e seus prováveis riscos;
- d) verificar quais métodos de prevenção e precaução podem ser incorporados pelas organizações empresariais em função do risco do desenvolvimento nanotecnológico.

Justifica-se o respectivo estudo, na medida em que procurar-se-á trazer a lume informações e reflexões relevantes, para o deslinde de aspectos pontuais concernentes a um tema bastante atual, cujo conhecimento ainda se mostra limitado tanto na esfera jurídica quanto no campo da própria ciência, que estuda e permite que estruturas de dimensão equivalente a um bilionésimo do metro, possam ser modificadas, apresentem propriedades e funcionalidades até então inexploradas e, quiçá, transformem a vida em sociedade como hoje se conhece.

Neste sentido, mostra-se adequado, oportuno e de suma importância que estudos desta natureza sejam desenvolvidos, a fim de que, cada vez mais, os reflexos da manipulação nanométrica dos materiais possam ser mapeados para sua utilização segura, formando, assim, uma cadeia de procedimentos precautivos que promoverão de maneira sustentável esta extraordinária revolução científica.

⁷ BRASIL. **Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Institui o Código Civil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406.htm>. Acesso em: 13 set. 2017.

⁸ Idem.

2 O RISCO DO DESENVOLVIMENTO NO CÓDIGO CIVIL/2002

Neste capítulo será realizado um compilado histórico do artigo 931 do Código Civil de 2002, levantando-se dados desde sua gênese até a atual concepção doutrinária e jurisprudencial que acomoda, juntamente com a teoria do risco do desenvolvimento.

2.1 Perspectivas e Possibilidades do Artigo 931, Código Civil de 2002

O Projeto de Lei nº 634 de 1975, vinte e sete anos depois transformado na Lei 10.406/2002, deu início aos trâmites que conduziram ao advento da norma que hoje tem-se consubstanciada no artigo 931 do Código em vigor.

Sem disposição correspondente no Código Civil de 1916, o artigo 931 da atual legislação civil introduziu nova concepção a respeito da responsabilidade de empresários e empresas frente aos produtos que expõem à comercialização.

No entanto, sua redação inicial destoava significativamente daquela que foi sancionada em janeiro de 2002. De acordo com a Memória Legislativa do Código Civil, resultado do trabalho de reconstrução dos atos perpetrados pelo Congresso Nacional até a promulgação do texto final, elaborado por Edilenice Passos e João Alberto de Oliveira Lima, a gênese da norma em comento, insculpida no artigo 967 do PL 634/1975, assim dispunha:

Art. 967. Ressalvados outros casos previstos em lei especial, o farmacêutico e as empresas farmacêuticas respondem solidariamente pelos danos causados pelos produtos postos em circulação, ainda que os prejuízos resultem de erros e enganos de prepostos.⁹

Notadamente atento à figura do farmacêutico, o texto cuidou também de incluir responsabilidade pelos atos praticados por erro ou engano de preposto tanto destes profissionais quanto das empresas farmacêuticas, em princípio.

Cabe, entretanto, observar que a redação, pouco ambiciosa, apenas estava reinserindo, com maior alcance, regra já existente no Código Civil de 1916,

⁹ PASSOS, Edilenice; LIMA, João Alberto de Oliveira. **Memória legislativa do código civil**. Brasília, DF: Senado Federal, 2012.

precisamente alocada no artigo 1.546, a qual, sucintamente, previa: “[...] o farmacêutico responde solidariamente pelos erros e enganos de seu preposto”.¹⁰

Sucederam-se, ainda, outras duas versões até que se elucubrasse a definitiva, dissonante da proposta original, revelando que o coevo dispositivo sequer fazia parte do regramento ínsito no Projeto de Lei de 1975. Segundo Carlos Alberto Menezes Direito e Sérgio Cavalieri Filho¹¹, a iniciativa de inseri-lo nos limites dos termos presentemente alinhavados, foi do Deputado Emanuel Waismann, que o fez por meio da emenda nº 530, cujo teor, agora vigente, restou, por fim, assim determinado: “Art. 931. Ressalvado outros casos previstos em lei especial, os empresários individuais e as empresas respondem independentemente de culpa pelos danos causados pelos produtos postos em circulação”¹².

É verdade, porém, que o texto final sofreu críticas. Aguiar Dias aduz que¹³

Padece, sem necessidade, de deselegante redação, pois a expressão ‘empresários’ abrange o termo ‘empresas’. O empresário pode ser individual e pode ser coletivo, assim como a empresa não se define, necessariamente, como pessoa jurídica. Seria mais feliz uma fórmula abrangente, segundo a qual se estabelecesse que os empresários respondem pelos prejuízos resultantes dos riscos criados pelas suas atividades, à vida, à saúde e à segurança de terceiros, o que teria como campo de incidência todos os casos de proteção contra a poluição em geral e de danos relacionados com o abuso do direito de vizinhança, de incômodos e moléstias decorrentes dessas atividades.

À luz do parecer de Aguiar Dias, bem teria andado o legislador se, dispondo de maneira ampla, permitisse o enquadramento da empresa quando se averiguassem malefícios que com seus produtos ou serviços guardassem nexos de causalidade, o que lhe faria responder por todos os riscos que pudesse emanar.

Por seu turno, Gustavo Tepedino adverte que “o dispositivo encontra-se mal redigido, dificultando a compreensão da hipótese fática de incidência”.¹⁴ Reforçando este pensamento, Marcelo Junqueira Calixto completa que

¹⁰ BRASIL. **Lei nº 3.071, de 1º de janeiro de 1916**. Código Civil dos Estados Unidos do Brasil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L3071.htm>. Acesso em: 13 set. 2017.

¹¹ DIREITO, Carlos Alberto Menezes; CAVALIERI FILHO, Sérgio. **Comentários ao novo código civil**: da responsabilidade civil, das preferências e privilégios creditórios. Rio de Janeiro: Forense, 2004. v. 13, p.181.

¹² BRASIL. **Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Institui o Código Civil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406.htm>. Acesso em: 13 set. 2017.

¹³ AGUIAR DIAS, José de. **Da responsabilidade civil**. 4. ed. Rio de Janeiro: Forense, 1997. p. 12.

Ao invés de seguir as normas do próprio Código Civil relativas ao Direito de Empresa – que fazem distinção entre empresário e sociedade empresária – preferiu falar em empresário individual e empresas. Confundiu, destarte, a atividade exercida com a pessoa daquele que a exerce.¹⁵

Percebe-se que, de formas distintas, um dos fulcros da crítica que perfazem estes doutrinadores consubstancia-se no emprego dito embaraçoso dos termos “empresa” e “empresários”, de vez que, tal como alocados, podem dar azo a dificuldades de interpretação.

É preciso retomar, por conseguinte, o texto inicialmente elaborado, contido no PL 634/1975. Observada a proposta preambular, verifica-se que a alteração do então futuro dispositivo consistiu, somente, em remover a figura do farmacêutico e do preposto. Ou seja, primeiro se trouxe projeto de ordem similar ao que havia no Código de 1916, conquanto mais ampliado. No transcorrer do processo, emendou-se este ordenamento, apenas retirando-se dele e comutando-se alguns termos. Significa que a crítica à redação do artigo, embora incontrovertidamente oportuna, é fruto de arranjo montado a partir de ideia bastante anterior, que seria perfeitamente coerente caso não se tivesse alterado.

O problema é que o legislador cuidou meramente de substituir a terminologia o *farmacêutico* pela expressão *os empresários individuais e as empresas farmacêuticas por empresas*. A par disto, também retirou a palavra *solidariamente* e a frase *ainda que os prejuízos resultem de erros e enganos de prepostos*. Como resultado, obteve-se uma regulação cujo conteúdo perdeu em clareza quanto à extensão e espaço de incidência, ensejando a criação de distintas interpretações, teses e teorias.

Assimilado isto, compreende-se porque razão este artigo não seguiu os padrões gerais do Código no tocante à definição apartada das figuras do empresário e da sociedade empresária: não foi redigido em meio a uma ordem lógica, mas apenas reescrito com remoção de algumas palavras que lhe conferiam maior sentido. De outra banda, havia certo movimento para que fosse consolidada a

¹⁴ TEPEDINO, Gustavo; BARBOZA, Heloisa Henela; MORAES, Maria Celina Bodin de. **Código civil interpretado conforme a Constituição da República**. Rio de Janeiro: Renovar, 2006. v. 2, p. 825.

¹⁵ CALIXTO, Marcelo Junqueira. **O artigo 931 do Código Civil de 2002 e os riscos do desenvolvimento**. In: *Âmbito Jurídico*, Rio Grande, XII, n. 63, abr 2009. Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=5895>. Acesso em 15 mai. 2017.

responsabilização da classe empresária, não apenas restrita ao âmbito farmacêutico. O esforço para que às empresas coubesse essa responsabilidade é oriundo das circunstâncias havidas em meados dos anos 70 e 80. Em conformidade com Carlos Alberto Menezes Direito e Sérgio Cavalieri Filho, as razões exibidas pelo Deputado Waismann quando da apresentação da respectiva emenda, ou seja, a racionalidade que havia em se trazer a ideia da responsabilidade empresarial independente de culpa, foi pelo mesmo justificada e elaborada da seguinte maneira:

O consumidor fica abandonado à sua própria sorte, geralmente tido como desonesto em suas transações. Seu cheque não é aceito, suas reclamações não são consideradas. Ao consumidor cabe sempre o ônus dos prejuízos das compras que realiza, pois não tem a quem recorrer¹⁶.

Uma vez mais esta noção foi corroborada pelo Deputado Ernani Satyro, que acrescentou “colocada nesses termos a questão, atende-se a uma das exigências mais imperiosas de nossa época, indo ao encontro dos que se empenham na luta em defesa do consumidor”.¹⁷ À vista disso, o contexto em que oferecida a emenda era sobremaneira diverso daquele que depois amoldou-se, a partir da promulgação da norma especial. Menos abrangente do que o idealizado por Aguiar Dias, o regramento cível, porém, revestia-se de grande valia considerado o quadro de leis existentes à época e assim até hoje estaria desta forma, caso não tivesse sido modificada a conjuntura.

De início, importa sublinhar, conquanto cediço que o atual artigo 931 não possui dispositivo correspondente no Código anterior, que do modo como foi originalmente pensado e trazido pelo Projeto de Lei, a correspondência era algo nítido. Entrementes, alterado durante o processo legislativo, ganhou contornos já bastante discrepantes, passando, assim, a perder qualquer precedente. A manifesta preocupação com os consumidores em geral neste momento histórico, justifica-se pelo fato de que ainda não havia sido elaborado o Código de Defesa do Consumidor, embora este tenha acabado por entrar em vigor antes do Novo Código Civil.

¹⁶ DIREITO, Carlos Alberto Menezes; FILHO, Sérgio Cavalieri. **Comentários ao novo Código Civil**: da responsabilidade civil, das preferências e privilégios creditórios. Rio de Janeiro: Forense, 2004, v. 13, p. 181.

¹⁷ Idem.

Em função disto, percebe-se que alguns comandos normativos tanto do Código de Defesa do Consumidor quanto do Código Civil de 2002, convergem no mesmo sentido, ou seja, disciplinam a mesma matéria, eis que imbuídos do mesmo fim. A título de exemplo, tem-se o artigo 12¹⁸ do diploma consumerista. De acordo com Carlos Alberto Menezes Direito e Sérgio Cavalieri Filho, são áreas que “se integram e se harmonizam, o que torna perfeitamente possível utilizar a disciplina do artigo 12 do Código de Defesa do Consumidor, inquestionavelmente mais avançada e aprimorada, na interpretação e aplicação do artigo 931”.¹⁹

Do mesmo modo, asseverou-se durante a Jornada III CJP 190 que “a regra do CC 931 não afasta as normas acerca da responsabilidade pelo fato do produto previstas no CDC 12, que continuam mais favoráveis ao consumidor lesado”.²⁰ Esta condição de complementaridade é também reforçada pelo próprio artigo 931, que traz em sua redação a ressalva quanto a “outros casos previstos em lei especial” dos quais se pode valer o intérprete da norma ao procurar concluir sobre o tema ali proposto.

Tomando-se por base as premissas que ensejaram o advento do Código de Defesa do Consumidor, sustentáveis os motivos que o tornam protetivo aos interesses de “individuais homogêneos”, posto que intenta equilibrar uma relação normalmente desigual, que costuma relegar uma das partes à condição de desvantagem. Ainda sob o pálio da proteção ao consumidor, a norma foi concebida como de Direito Público, logo, cogente, e com predominância da responsabilização objetiva. Esta regulação causou clarividente reflexo nas relações travadas entre consumidores e empresas, as quais tiveram de adequar-se, acautelando-se diante das novas exigências, em função, sobretudo, da hipossuficiência financeira e técnica presumida dos consumidores.

¹⁸ “Art. 12. O fabricante, o produtor, o construtor, nacional ou estrangeiro, e o importador respondem, independentemente da existência de culpa, pela reparação dos danos causados aos consumidores por defeitos decorrentes de projeto, fabricação, construção, montagem, fórmulas, manipulação, apresentação ou acondicionamento de seus produtos, bem como por informações insuficientes ou inadequadas sobre sua utilização e riscos”. BRASIL. Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990. Institui o Código de Defesa do Consumidor. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8078.htm>. Acesso em 01 jul. 2017.

¹⁹ DIREITO, Carlos Alberto Menezes; FILHO, Sérgio Cavalieri. **Comentários ao novo Código Civil**: da responsabilidade civil, das preferências e privilégios creditórios. Rio de Janeiro: Forense, 2004, v. 13. p. 182.

²⁰ NERY JÚNIOR, Nelson; NERY, Rosa Maria de Andrade. **Código civil comentado**. 5. ed. rev., ampl. e atual. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2007. p. 727.

Consagrada, por um lado, a hipossuficiência presumida do consumidor, por outro, tem-se a consagração da “hiper-suficiência” da empresa, mais ainda após a entrada em vigor do artigo 931, que passa a pressupor plenas condições da sociedade empresária em suportar os danos que de sua atividade provenham. A regra nele ínsita, segundo Carlos Alberto Menezes Direito e Sérgio Cavaleiri Filho, esposou a Teoria do Risco do Empreendimento, da qual se extrai que “todo aquele que se disponha a exercer alguma atividade no mercado de consumo tem o dever de responder pelos eventuais vícios ou defeitos dos bens e serviços fornecidos, independentemente de culpa”²¹. Neste sentido, uma vez estabelecida atividade habitual com o fito de lucro, o empresário toma para si a assunção completa dos riscos que porventura decorram dos produtos ou serviços que expõe ao consumo.

O conceito-chave que permeia as teorias derivadas do artigo 931, embora relativo, é o de “segurança”. Em se tratando de Risco do Empreendimento, por exemplo, depreende-se que traz consigo o “dever de obediência às normas técnicas e de segurança, bem como aos critérios de lealdade, quer perante os bens e serviços ofertados, quer perante os destinatários destas ofertas”²². E por isso, “o fornecedor passa a ser garante dos produtos e serviços que oferece no mercado de consumo, respondendo pela qualidade e segurança destes”²³.

Deixa claro, assim, o papel da empresa enquanto fiadora da estabilidade de seus produtos ou serviços ao inseri-los no mercado. Isto porquanto as falhas de segurança são as grandes causadoras dos acidentes de consumo, também denominados fato do produto ou do serviço. Destarte, os acidentes de consumo “se materializam através da repercussão externa do defeito do produto, atingindo a incolumidade físico-psíquica do consumidor e seu patrimônio”.²⁴

A respeito, Maria Helena Diniz dispõe que

Empresas e empresários individuais [...] responderão, independentemente de culpa, pelos danos físico-psíquicos provocados pelos seus produtos, colocados em circulação, por vício de qualidade por insegurança, caso em que a responsabilidade é objetiva e vício de quantidade ou de qualidade por inadequação,

²¹ DIREITO, Carlos Alberto Menezes; FILHO, Sérgio Cavaliere. **Comentários ao novo Código Civil**: da responsabilidade civil, das preferências e privilégios creditórios. Rio de Janeiro: Forense, 2004, v. 13. p. 183.

²² Idem.

²³ Idem.

²⁴ Idem, p. 185.

hipótese em que se configura a responsabilidade civil subjetiva *juris et de jure*.²⁵

Infere-se, de acordo com a doutrinadora, que somente nos casos em que verificado dano decorrente da ausência de segurança, ter-se-á configurada a responsabilização empresarial objetiva. Gize-se que a expressão “falha de segurança” abrange, outrossim, informações inadequadas ou insuficientes contidas junto aos produtos, tendo em vista que estas também são capazes de levar o consumidor a se lesar.

No ponto, interessa sinalar que o dever da empresa de informar acerca das particularidades de seus produtos, pode, eventualmente, ser afetado em função da época em que dada mercadoria é posta em circulação e do conhecimento técnico-científico equivo. Daí a frase de Cláudio Luiz Bueno de Godoy ao referir que “a segurança pode ser aferida em função do conhecimento científico contemporâneo à colocação do produto no mercado, porém eventualmente superado pela evolução técnica e de modo a revelar potencial risco ao adquirente ou a terceiros”²⁶.

Trata-se, pois, de mais um dos riscos a que se expõe a empresa: o de descobrir seu produto de alguma forma nocivo, após avanços tecnológicos que possam assim diagnosticá-lo, tecnologia esta não disponível quando do início de sua comercialização. Cuida-se, pois, da chamada Teoria do Risco do Desenvolvimento.

Importa ressaltar ainda que a responsabilidade da empresa permanece e pode percorrer toda vida útil do produto, a depender do caso. Conforme Carlos Alberto Menezes Direito e Sérgio Cavalieri Filho,

Na França fala-se em guardião ou garante da estrutura do produto, o que faz com que o fabricante continue responsável pelos danos causados pelo produto mesmo depois de colocado em circulação, e ainda que o produto tenha sido transferido a terceiro. O fornecedor é responsável pelo acidente de consumo, porque permanece como garante da estrutura do produto.²⁷

²⁵ DINIZ, Maria Helena. **Código Civil anotado**. 10 ed. rev. e atual. de acordo com o novo Código Civil (Lei n. 10.406, de 10-1-2002). São Paulo: Saraiva, 2004, p. 639.

²⁶ GODOY, Cláudio Luiz Bueno de. **Código Civil comentado**: doutrina e jurisprudência: Lei n. 10.406, de 10.01.2002: contém o Código Civil de 1916. Coord. Cezar Peluzo. 4. ed. rev. e atual. Barueri, SP: Manole, 2010, p. 927.

²⁷ DIREITO, Carlos Alberto Menezes; FILHO, Sérgio Cavalieri. **Comentários ao novo Código Civil**: da responsabilidade civil, das preferências e privilégios creditórios. Rio de Janeiro: Forense, 2004, v. 13. p. 189.

Isto reflete claramente o alcance extraordinário da responsabilização empresarial e mais ainda se sopesados os critérios objetivos que a autorizam. A principal razão para que esta subsista e ainda quando a mercadoria se transmita a terceiros, deriva do fato de que a mais nenhum ente é dado, senão ao fabricante, conhecer com exatidão dos materiais e das técnicas empregadas na fabricação desta mercadoria. As decisões tomadas nesta fase são fundamentais para que se produzam as condições de segurança e qualidade necessárias a permitir o bom e estável desempenho dos produtos durante toda sua vida útil. No Brasil, o dano causado a terceiros, também intitulados “consumidores indiretos” é, igualmente, objeto de regulação da Lei 8.078/90.

Ademais, até aqui, fez-se apontamentos sobre os riscos assumidos por empresários e empresas diante de consumidores. Porém, quando se procura esmiuçar as hipóteses de incidência do artigo 931, alguns doutrinadores, como Nelson Nery Júnior e Maria Helena Diniz, ponderam se o que procurou fazer o legislador foi, diferente do que acontece na norma especial, determinar a responsabilidade de empresários frente a outros empresários.

Do modo como restou definido, Carlos Alberto Gonçalves vislumbra que o conteúdo do dispositivo foi quase esvaziado quando da instituição da lei de proteção ao consumidor, eis que sua aplicação ficou restrita²⁸ aos casos – excepcionais – em que a atividade empresarial não configure relação de consumo.²⁹ Nelson Nery Júnior, em sentido semelhante, aponta que

A norma comentada incide nos casos de responsabilidade pelo fato e pelo vício do produto ocorrido em relação civil ou comercial/empresarial, não sujeita ao regime jurídico do CDC. Para as relações de consumo, a responsabilidade pelo fato do produto ou serviço sujeita-se ao regime do CDC 12 e 18. Observa-se, todavia, que os dois regimes jurídicos (CC e CDC) impõem à matéria o tratamento de responsabilidade objetiva.³⁰

²⁸ Diferente concepção foi elaborada durante a Jornada IV CJF 378: “Aplica-se o CC 931, haja ou não relação de consumo”. BRASIL. Superior Tribunal de Justiça. Enunciado nº 378 da IV Jornada de Direito Civil. Disponível em <<http://www.stj.jus.br/publicacaoinstitutional/index.php/JDC/article/view/812/767>>. Acesso em: 01 jul. 2017.

²⁹ GONÇALVES, Carlos Alberto. **Comentários ao Código Civil**: parte especial: direito das obrigações, (arts. 927 a 965). Coord. Antônio Junqueira de Azevedo. São Paulo: Saraiva, 2003, vol. 11, p. 421.

³⁰ NERY JÚNIOR, Nelson; NERY, Rosa Maria de Andrade. **Código civil comentado**. 5. ed. rev., ampl. e atual. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2007. p. 727.

Concorda, pois, o jurista, com o entendimento de que a lei civilista ficou em posição residual, mais específica e de incidência diminuta, em que pese se possa observar propósitos análogos dado que tanto nas relações civis quanto nas de consumo, procurou-se evocar à empresa uma responsabilidade não subordinada à culpa. Maria Helena Diniz também afirma que “o artigo *sub examine* terá aplicação nas hipóteses que não configurarem relação de consumo, visto que esta cai sob a égide da Lei n. 8.078/90. Assim, esse dispositivo consagra a responsabilidade civil objetiva de empresa ou empresário”.³¹

Neste passo, Gustavo Tepedino, ultima que esta seria a hipótese a prevalecer diante das demais, o que justificaria a existência concomitante e útil dos dispositivos 931 do Código Civil de 2002³², 12 e 17 do Código de Defesa do Consumidor³³, discorrendo que

O art. 931 veio consagrar a responsabilidade objetiva dos empresários individuais e coletivos não frente ao consumidor final – já regulado pelo CDC –, mas frente a quem quer que, não sendo destinatário final, tenha sofrido um dano derivado do produto. A interpretação consagra, pois, a responsabilidade objetiva entre fornecedores, em circunstância que não se origine de acidente de consumo [...]. O mérito da inovação é controverso. Com efeito, o caráter objetivo da responsabilidade dos fornecedores nas relações de consumo justifica-se pela vulnerabilidade dos consumidores [...]. Entre os próprios fornecedores, responsabilidade objetiva pode se afigurar um tanto excessiva, principalmente pelo fato de o art. 931 não ter consignado os pressupostos específicos e as excludentes da responsabilidade objetiva, o que deve ser levado em conta pelo intérprete, todavia, para preservar a coerência do sistema.³⁴

Cláudio Luiz Bueno de Godoy compartilha deste entendimento expondo que

Como é sabido, está na Lei n. 8.078/90, o Código de Defesa do Consumidor, a hipótese mais frequente de responsabilidade pelo fato do produto (art. 12), de resto, como fixado em enunciado da Jornada de Direito Civil, realizada no Superior Tribunal de Justiça em 11 de setembro de 2002, cujo conceito agora se amplia pelo art. 931 do

³¹ DINIZ, Maria Helena. **Código Civil anotado**. 10 ed. rev. e atual. de acordo com o novo Código Civil (Lei n. 10.406, de 10-1-2002). São Paulo: Saraiva, 2004, p. 639.

³² BRASIL. **Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Institui o Código Civil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406.htm>. Acesso em: 13 set. 2017.

³³ BRASIL. Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8078.htm> Acesso em 13 set. 2017.

³⁴ TEPEDINO, Gustavo; BARBOZA, Heloisa Helena; MORAES, Maria Celina Bodin de. **Código Civil interpretado conforme a Constituição da República**. Rio de Janeiro: Renovar, 2006, v. 2, p. 827.

Código Civil de 2002, imputando-se responsabilidade civil às empresas e a empresários individuais vinculados à circulação dos produtos, mesmo fora de uma relação de consumo (Enunciado n. 42). Assim, aplicar-se-á o Código Civil naquelas hipóteses em que não se configure vínculo de consumo, como quando se fornece produto a outro profissional que não o utiliza como destinatário final.³⁵

Esta não é a posição a qual se filia o presente trabalho. Não parece, pois, que o dispositivo em comento se trate de inovação legislativa, cujo objetivo seja instituir a responsabilidade entre empresários pelos produtos postos em circulação.

Compreende-se, noutro rumo, ter havido um sensível recuo no campo de incidência da norma posto que projetada para satisfazer uma demanda já satisfeita quando da sua entrada em vigor, o que a tornou obsoleta neste aspecto. Por isso, a concepção de que se trata, o artigo 931, de inovação legislativa criadora da obrigação entre empresas, semelha-se inadequada.

Consoante a pesquisa realizada, demonstrou-se que a intenção do Deputado Waismann, a quem se deve a proposta de emenda que culminou no artigo 931 em vigor, era a de, justamente, defender o consumidor do desamparo a que estava sujeito diante de eventuais vícios dos produtos e serviços que porventura adquirisse, porquanto não havia, naquele momento, qualquer lei da qual pudesse se socorrer em caso de lesão. Além disto, a norma resultou de mera lapidação de regra já encontrada no diploma civilista anterior, o que mais reforça a ideia de que, o que estava por trás da criação desta ordem, é de fato, o paládio dos direitos do consumidor, parte presumidamente mais frágil da relação.

Observa-se plausível concluir que, tendo entrado em vigor na época em que a lei de proteção ao consumidor já somava mais de dez anos de vigência, os legisladores civilistas possam ter convertido o propósito do dispositivo, atribuindo-lhe significado e sentido dissímis dos originais.

No entanto, fosse este o intuito, porque razão não teriam mais bem especificado a proposta no artigo, obstando possíveis equívocos hermenêuticos e preservando a boa e indubitável aplicação da norma?

³⁵ GODOY, Cláudio Luiz Bueno de. **Código Civil comentado: doutrina e jurisprudência**: Lei n. 10.406, de 10.01.2002: contém o Código Civil de 1916. Coord. Cezar Peluzo. 4. ed. rev. e atual. Barueri, SP: Manole, 2010, p. 926.

Tula Wesendonk considera o art. 931 do CC³⁶ regra geral da responsabilidade pelo fato do produto posto em circulação e não repetição do Código de Defesa do Consumidor, na parte em que versa sobre responsabilidade pelo fato do produto defeituoso. Faz importante observação ao destacar que o regime adotado pelo CC de 2002 estabelece a responsabilidade civil pelo fato do produto posto em circulação independente da verificação de defeito.³⁷

Significa, pois, que, de acordo com Wesendonk, com o advento do art. 931 do CC³⁸, houve superação da obrigatoriedade de demonstração de defeito para a imputação da responsabilidade civil. Nos dizeres da autora, a prova da inexistência de defeito exclui a responsabilidade prevista no art. 12 do CDC, pois o nexo de imputação é o defeito³⁹. No entanto, importante retomar o artigo e seu parágrafo primeiro para que se possa esclarecer:

Art. 12. O fabricante, o produtor, o construtor, nacional ou estrangeiro, e o importador respondem, independentemente da existência de culpa, pela reparação dos danos causados aos consumidores por defeitos de projeto, fabricação, construção, montagem, fórmulas, manipulação, apresentação ou acondicionamento de seus produtos, bem como por informações insuficientes ou inadequadas sobre sua utilização e riscos.
§1º O produto é defeituoso quando não oferece a segurança que dele legitimamente se espera, levando-se em consideração as circunstâncias relevantes, entre as quais: I – sua apresentação; II – o uso e os riscos que razoavelmente dele se esperam; III – a época em que foi colocado em circulação.⁴⁰

Em primeira análise, pode parecer que informações insuficientes ou inadequadas sobre utilização e riscos do produto não são consideradas “defeito” pelo art. 12, embora também resultem em responsabilidade objetiva, pois ele separa, após indicar “danos causados aos consumidores por defeitos de [...]” e “bem como por informações insuficientes [...]”. Se assim fosse, o defeito não poderia ser

³⁶ BRASIL. **Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Institui o Código Civil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406.htm>. Acesso em: 13 set. 2017.

³⁷ WESENDONCK, Tula. **O regime da responsabilidade civil pelo fato dos produtos postos em circulação**: uma proposta de interpretação do artigo 931 do Código Civil sob a perspectiva do direito comparado. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2015, p. 10.

³⁸ BRASIL. **Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Institui o Código Civil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406.htm>. Acesso em: 13 set. 2017.

³⁹ WESENDONCK, Tula. **O regime da responsabilidade civil pelo fato dos produtos postos em circulação**: uma proposta de interpretação do artigo 931 do Código Civil sob a perspectiva do direito comparado. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2015, p. 148.

⁴⁰ Brasil. Lei 8.078, de 11 de setembro de 1990. **Código de Defesa do Consumidor**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8078.htm> Acesso em 01 ago 2017.

considerado como nexos de imputação da responsabilidade. Entretanto, em seguida, o parágrafo primeiro descreve “produto defeituoso”, apontando a falha de segurança, uso e riscos que razoavelmente se pode esperar, voltando-se ao âmbito das informações deficitárias. Mais do que isso: dispõe que, para a verificação do defeito, é importante considerar-se a época em que colocado em circulação. É neste momento que parte da doutrina, incluindo-se Wesendonck, entende que a norma civil pode ser mais complacente ao consumidor, ao passo que obriga o fornecedor a responder pelo produto, independente da diferença entre o período em que passou a comercializá-lo e o que passou a ter conhecimento de algum reflexo nocivo que este possa causar.

Isto acontece porque, no regramento civilista, atribui-se responsabilidade em função de ter, o produtor, colocado um produto que gera danos em circulação, mesmo que isto tenha ocorrido em época cujo estado da técnica não permita saber sobre sua danosidade. A norma é mais abrangente que a insculpida no CDC e o nexos de imputação da responsabilidade é a circulação do produto⁴¹, o que importa na inocuidade da comprovação de ausência de defeito para o afastamento da obrigação. De se notar que não a associar à existência de defeito é uma das razões pelas quais está abrangida, pelo artigo, a responsabilidade pelo risco do desenvolvimento, o que reforça o entendimento defendido por Wesendonck de que o art. 931 do CC⁴², por não ter contemplado a exigência de defeito, pode ser sim mais benéfico para o consumidor do que o próprio CDC.

A considerar-se, ainda, que empresários individuais e empresas estão presentes em todo o processo da cadeia produtiva e que nem sempre todos estes integrantes possuem o mesmo tratamento normativo. Por oportuno, de se notar que a regra do artigo 931 induz à tese de que ao comerciante também incumbe a responsabilidade objetiva nos idênticos moldes do que aos demais. Abranda a tese, entretanto, o Código de Defesa do Consumidor. Carlos Alberto Menezes Direito e Sérgio Cavalieri Filho explicam:

Pelo fato do produto, o artigo 12 responsabiliza somente o fabricante, o produtor, o construtor e o incorporador. O comerciante foi excluído em via principal porque ele, nas relações de consumo em massa,

⁴¹ FACCHINI NETO, Eugênio. Da responsabilidade civil no Novo Código. **Revista TST**, Brasília, n. 1, jan/mar 2010, v. 76, p. 38.

⁴² BRASIL. **Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Institui o Código Civil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406.htm>. Acesso em: 13 set. 2017.

não tem nenhum controle sobre a segurança e qualidade das mercadorias. Recebe os produtos fechados, embalados, enlatados, como ocorre, por exemplo, com os supermercados [...]. E assim é, repita-se, porque o fabricante ou produtor é o sujeito mais importante das relações de consumo. É que ele domina o processo de produção e introduz coisa perigosa no mercado. [...] Cabe-lhe, portanto, assumir os riscos de todo o processo de produção e do ciclo do consumo.⁴³

Em que pese se tenha presente, possa não ser este o desfecho de todas as situações as quais se impõem nesta seara, uma vez que ao comerciante compete responder sempre que se configure quaisquer das hipóteses previstas no artigo 13 do Código de Defesa do Consumidor, importa perceber que, aceita a complementaridade desta norma especial em relação ao Código Civil, colige-se acerca da responsabilidade mitigada do comerciante, em princípio, diferindo-o dos demais, os quais, cobertos pelo artigo 931, permanecem cativos à objetividade da obrigação.

Internalizada a responsabilidade objetiva empresarial, decorrente sobretudo do risco apresentado por determinadas atividades de natureza perigosa ou que empreguem meios perigosos, nos termos do artigo 927, parágrafo único, do Código Civil, é preciso atentar a possível insuficiência futura do instituto.

É por esta razão que atualmente fala-se na “flexibilização dos elementos”⁴⁴ da responsabilidade civil. Isto porque é preciso, de alguma forma, atualizar o manejo dos pressupostos para a configuração do dever de indenizar, a fim de que possam ser alcançadas circunstâncias futuras, tais como as consequências até então desconhecidas do uso indiscriminado de produtos nanotecnológicos. Este é um ponto importante, inclusive na aplicação do art. 931⁴⁵. A flexibilização dos elementos deve ser para mais ou para menos: mais rigor na caracterização dos elementos ou, pelo outro lado, flexibilizá-los, quando o caso exigir. Vale dizer, o que importa é assegurar um ambiente para o desenvolvimento responsável da inovação, mediante a criação de modelos normativos que possam trabalhar com cenários, antecipando

⁴³ DIREITO, Carlos Alberto Menezes; FILHO, Sérgio Cavalieri. **Comentários ao novo Código Civil**: da responsabilidade civil, das preferências e privilégios creditórios. Rio de Janeiro: Forense, 2004, v. 13, p. 189-190.

⁴⁴ ENGELMANN, Wilson; BORJES, Isabel Cristina Porto; GOMES, Taís Ferraz. **Responsabilidade civil e nanotecnologias**. São Paulo: Atlas, 2014, p. 88.

⁴⁵ BRASIL. **Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Institui o Código Civil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406.htm>. Acesso em: 13 set. 2017.

eventuais efeitos nocivos à saúde do trabalhador, do consumidor, ou causar algum dano ao meio ambiente.⁴⁶

O Direito deve acompanhar o desenvolvimento tecnológico tanto quanto lhe for disponível ou proporcionar ferramentas para que determinados institutos jurídicos estendam sua aplicação aos novos danos que poderão despontar, através da constante transformação e evolução da vida social, cada vez mais mergulhada em novas descobertas científicas. Hodiernamente, torna-se complexo imaginar de que forma dar-se-ia a responsabilidade do empresário que fabrica e distribui materiais nanotecnologicamente modificados, caso houvesse alguma suspeita de dano provocado a outrem em virtude do uso ou contato com tais materiais.

Considerados os pressupostos vigentes, necessário seria fossem demonstrados dano e nexos causal, primordialmente. Ocorre que, no cenário em que se encontra o atual estágio das pesquisas na nano escala, no qual ainda não é possível determinar os seus prováveis reflexos nocivos, parece impossível trilhar a correlação de causalidade entre o dano e a ação de nanopartículas empregadas na fabricação de objetos por decisão de empresários e empresas.

Com isto, “a flexibilização do nexos causal será aplicável às nanotecnologias, a despeito do que já acontece em se tratando de danos ambientais”⁴⁷. Esta concepção deriva de um esforço doutrinário crescente no sentido de que o dano injusto seja reparado, ainda que não se possa construir, de forma específica e bem definida, o lastro que o liga diretamente a uma conduta antijurídica cujo resultado lesivo era previsível. De acordo com Engelmann⁴⁸, sempre que não for possível averiguar-se individualmente o responsável pelo evento danoso, todos os membros da cadeia de produção serão responsabilizados. Todos que de alguma forma concorreram para a exposição humana e ambiental a itens tóxicos, deverão reparar o mal causado em alguma medida. Adota-se espécie de paradigma solidarista para esta finalidade. Portanto, a informação deverá ser prestada por quem tem ela. Vale dizer, cabe ao empresário informar o consumidor, dentro dos limites da proteção dos segredos de produção, o que souber naquele momento.⁴⁹

⁴⁶ NORDMANN, Alfred. Responsible innovation, the art and craft of anticipation. In: **Journal of Responsible Innovation**, issue 1, 2014, v. 1, p. 87-98.

⁴⁷ ENGELMANN, Wilson; BORJES, Isabel Cristina Porto; GOMES, Taís Ferraz. **Responsabilidade civil e nanotecnologias**. São Paulo: Atlas, 2014, p. 88.

⁴⁸ Idem, p. 90.

⁴⁹ ENGELMANN, Wilson. O “direito de ser informado” sobre as possibilidades e os riscos relacionados às nanotecnologias: o papel do engajamento público no delineamento de um (novo?) direito/dever

Retomando os pressupostos da responsabilização objetiva e considerada a flexibilização do nexo causal, por conseguinte, a verificação do dano passa a ser fator principal no que tange aos métodos para alçar-se indenização dos prejuízos nanotoxicológicos futuros. Com base nele serão definidos os parâmetros da tutela jurisdicional e a obrigação empresarial.

2.2 O Risco do Desenvolvimento e seus Desafios

A primeira Jornada de Direito Civil realizada pelo Centro de Estudos do Conselho da Justiça Federal, ocorrida entre os dias 11 e 13 de setembro de 2002, em Brasília, aprovou o enunciado de nº 43, pelo qual restou definido que “a responsabilidade civil pelo fato do produto, prevista no artigo 931 do Código Civil, também inclui o risco do desenvolvimento”⁵⁰.

De acordo com Antônio Herman de Vasconcellos, o denominado “risco do desenvolvimento” significa⁵¹

O risco que não pode ser cientificamente conhecido no momento do lançamento do produto no mercado, vindo a ser descoberto somente após um certo período de uso do produto e do serviço. É defeito que, em face do estado da ciência e da técnica à época da colocação do produto ou serviço em circulação, era desconhecido e imprevisível.

Considerado tal conceito, atrelar o risco do desenvolvimento à previsão do artigo 931 do Código Civil, significa imputar responsabilidade objetiva ao fornecedor de produtos e serviços inclusive pelos riscos que ele sequer havia previsto quando os expôs ao comércio. Isto traz uma série de fatores complexos e difíceis de serem administrados, justamente pela falta de certeza quanto aos eventos futuros, talvez lesivos, que possam decorrer da nova tecnologia empregada. Noutros países, tais como Reino Unido, Itália, Holanda, Bélgica, Dinamarca, Áustria, Suécia e Portugal, a teoria do Risco do Desenvolvimento é utilizada para a proteção dos fornecedores, com o intuito de eximi-los da responsabilidade, sob o argumento de que o *state of the art* (estado da arte) não permitia a detecção do problema no momento de sua

fundamental. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. **Direito, Inovação e Tecnologia**. São Paulo: Saraiva, 2015, v. 1, p. 345-366.

⁵⁰ ENUNCIADOS Aprovados – I Jornada de direito civil. Disponível em <http://daleth.cjf.jus.br/revista/enunciados/IJornada.pdf> Acesso em 01 jul. 2017.

⁵¹ VASCONCELLOS, Antônio Herman. **Comentários ao Código de Proteção do Consumidor**. Saraiva: 1991, p. 67.

introdução no mercado.⁵² Notadamente, esta concepção encerra pensamento de maior amplitude e permissividade frente ao capitalismo, que praticado mais livremente se não computados os possíveis riscos futuros daquilo que está sendo comercializado no presente. No Brasil é terminantemente vedada qualquer tentativa de o fornecedor abster-se de responsabilidade alegando risco do desenvolvimento, o qual, no nosso Código, enseja responsabilização objetiva.

Neste caso, o mercado interno pode valer-se da denominada justiça distributiva. Se do risco do desenvolvimento advém responsabilidade objetiva, se pode presumir que eventuais danos devam ser socializados, prática que ganha a alcunha de “justiça distributiva”⁵³, através da qual casuais infortúnios devem ser repartidos equitativamente entre a sociedade, por meio do mecanismo de preços.⁵⁴ Esta concepção decorre do pressuposto de que se a todos beneficia o desenvolvimento científico-tecnológico, em alguma medida, todos devem arcar com os custos deste progresso.

O dilema basilar emerge, todavia, do fato de que por se tratar de algo desconhecido e impossível de prever, o fornecedor não disporá de meios confiáveis e eficazes para transferir ao preço de seus produtos o risco de danos que estes porventura venham a causar. Esta situação pode levá-lo à indisponibilidade futura de recursos tornando sua atividade inviável economicamente. Colocado assim, há um aparente desincentivo à pesquisa e ao progresso científico, tamanho são os perigos a que estão sujeitos fornecedores de produtos e serviços.

Aliado a isto, na concepção de Carlos Alberto Menezes Direito e Sérgio Cavalieri, o risco do desenvolvimento é um exemplo de caso fortuito interno⁵⁵, ou seja, está intrínseco à atividade econômica, o que, mais uma vez, traz ao fornecedor a responsabilidade objetiva frente a quaisquer sinistros que com suas operações

⁵² CARVALHO, Washington Rocha de; MARTINS, Pedro A. Batista; DONNINI, Rogério; OLIVEIRA, Gleydson Kleber Lopes de. **Comentários ao Código Civil Brasileiro**. Vol. VIII. Coord. Arruda Alvim, Thereza Alvim. – Rio de Janeiro: Forense, 2013.

⁵³ “Designa um constructo relacionado à maneira como as pessoas avaliam as distribuições de bens positivos (renda, liberdade, cargos políticos) ou negativos (punições, sanções, penalidades) na sociedade. Ao fazer julgamentos distributivos, os indivíduos avaliam, a partir de parâmetros que determinam qual método distributivo é mais ou menos justo aplicar no contexto da distribuição, em que medida a distribuição favoreceu ou prejudicou indivíduos”. SAMPAIO et al. **Justiça distributiva**: uma revisão da literatura psicossocial e desenvolvimentista. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/pe/v14n4/v14n4a03>> Acesso em 01 jul. 2017.

⁵⁴ DIREITO, Carlos Alberto Menezes; CAVALIERI FILHO, Sérgio. **Comentários ao novo Código Civil**. Rio de Janeiro: Forense 2011, v.13, p. 230.

⁵⁵ Idem.

guardem nexos de causalidade. No entendimento de Hamid Charaf Bdine Júnior⁵⁶, o risco do desenvolvimento, abrangido pelo artigo 931 do Código Civil, que dispõe sobre a probabilidade da ocorrência de fato do produto tanto nas relações de consumo quanto nas relações civis (na atual concepção), possui, por esta razão, a necessidade de que se comprove defeito. Ou seja, vício capaz de causar um dano material efetivo físico ou psicológico. O defeito será considerado existente, mesmo que inteiramente alheio ao fornecedor no momento de sua decisão de comercializá-lo, desde que se afigure futuramente de algum modo e venha a causar prejuízo a terceiros. Novamente, manifesto que, no Brasil, o fornecedor não é dado ao desconhecimento, à ignorância ou até mesmo à completa impossibilidade de previsão para que se desvincule do dever de reparar.

Como explicita Paulo de Tarso Sanseverino⁵⁷,

Os riscos de desenvolvimento constituem modalidade de defeito de projeto ou concepção do produto ou do serviço, estando perfeitamente enquadrados nos arts. 12, caput, e 14, caput, do CDC. Desse modo, a exclusão da responsabilidade do fornecedor, nessa hipótese, deveria ter constado de maneira expressa do rol de causas de exclusão da responsabilidade do fornecedor, como ocorreu no direito comunitário europeu.

Neste sentido, o risco do desenvolvimento não é compreendido como uma excludente de responsabilidade, por não ter sido incluída no Código de Defesa do Consumidor neste rol. É concebido, pois, como uma probabilidade que, ao estender a interpretação do artigo 931 do Código Civil, concretizando-se, incumbe ao fornecedor a obrigação de indenizar independentemente de culpa. Ainda, de acordo com Bruno Miragem⁵⁸,

Os chamados riscos do desenvolvimento são aqueles que se constatarem apenas após o ingresso do produto ou do serviço no mercado de consumo, em face de melhorias ou avanços científicos e técnicos que permitem a identificação do defeito já existente do produto ou serviço, mas não identificável pelo fornecedor. O critério básico para que se considere que um determinado defeito seja identificável ou não pelo fornecedor é o chamado “estado da ciência”,

⁵⁶ BDINE JÚNIOR, Hamid Charaf. **Responsabilidade civil pelo fato do serviço**. 20 anos do Código de Defesa do Consumidor: conquistas, desafios e perspectivas. Coord. Renan Lotufo e Fernando Rodrigues. São Paulo: Saraiva, 2011, p. 385.

⁵⁷ SANSEVERINO, Paulo de Tarso Vieira. **Responsabilidade civil no Código do Consumidor e a defesa do fornecedor**. Saraiva: 2002, p. 318.

⁵⁸ MIRAGEM, Bruno Nubens Barbosa. **Direito civil: responsabilidade civil**. São Paulo: Saraiva, 2015, p. 551.

ou “estado de conhecimento da ciência e da técnica”. O art. 12, §1º, III, do CDC estabelece entre os critérios de valoração para a avaliação sobre a presença ou não de defeito “a época em que foi colocado no mercado”.

Afirma, pois, que o risco do desenvolvimento refere-se a defeito no produto do qual o fornecedor não tem conhecimento. O autor também alude que, nos Estados Unidos, em função de tal peculiaridade, houve pressão das seguradoras para que tal instituto fosse reconhecido como causa excludente de responsabilidade, em virtude dos altos valores de indenização suportados por aquelas. Os tribunais passaram a reconhecê-lo como causa de exclusão, também sob a sustentação de que “tornar o fornecedor responsável por um perigo impossível de ser conhecido pelo estado atual do conhecimento seria torná-lo espécie de segurador virtual do produto”.⁵⁹ Por outro lado, Miragem aponta que⁶⁰

o argumento em favor da responsabilidade do fornecedor pelos riscos do desenvolvimento afirma que sua eventual admissão como excludente tem por consequência a transferência do risco do consumidor para a vítima, na medida em que à irresponsabilidade do fornecedor corresponderá à transferência do risco e do dano pelo consumidor vítima de evento causado por defeito até então desconhecido.

A citada ideia de transferência do risco ao consumidor vítima de evento causado por defeito não vislumbra cobertura no ordenamento jurídico brasileiro, visto que, a rigor, as empresas e sociedades empresárias devem responder pelo risco causado por suas atividades, em conformidade com o parágrafo único do art. 927 do Código Civil em vigor, que instituiu a teoria do risco criado⁶¹.

2.3 A Aplicabilidade Jurisprudencial do Artigo 931, Código Civil de 2002

Por meio de pesquisa jurisprudencial, verificou-se que ainda não existem decisões que apliquem o artigo 931 a danos causados pela manipulação das novas

⁵⁹ MIRAGEM, Bruno Nubens Barbosa. **Direito civil: responsabilidade civil**. São Paulo: Saraiva, 2015, p. 552.

⁶⁰ Idem.

⁶¹ Consoante Caio Mário da Silva Pereira, “a teoria do risco criado importa em ampliação do conceito de risco proveito. Aumenta os encargos do agente; é, porém, mais equitativa para a vítima que não tem de provar que o dano resultou de uma vantagem ou de um benefício obtido pelo causador do dano. Deve assumir as consequências de sua atividade”. PEREIRA, Caio Mário da Silva. **Responsabilidade Civil**. 9. ed. Rio de Janeiro: Forense, 1998, p. 285.

tecnologias, mesmo porque é provável que estas demorem a figurar em meio a discussões judiciais, dada toda a complexidade encontrada para traçar-se nexos de causalidade. A excentricidade dessas tecnologias faz do seu alcance ofensivo algo desconhecido, razão pela qual é cedo para que se tenha como precisar de que forma serão analisados e decididos pelos juízes os futuros casos que venham a envolvê-las.

De todo modo, esta pesquisa trouxe resultados interessantes obtidos, primeiramente, através da ferramenta de busca denominada “jurisprudência unificada” do portal eletrônico do Conselho Federal de Justiça – CFJ, que rastreia decisões de todos os tribunais regionais federais, além de julgados do Superior Tribunal de Justiça – STJ e Supremo Tribunal Federal – STF. Posteriormente, a análise jurisprudencial ocorreu no próprio sítio eletrônico dos principais tribunais estaduais, segundo dados do Conselho Nacional de Justiça – CNJ, publicados no documento *Justiça em Números 2016*⁶². No campo de busca de jurisprudência unificada do CFJ, utilizou-se como palavra-chave os termos *art, 931 CC*. No campo de busca de jurisprudência dos tribunais estaduais, utilizou-se *art. 931 do CC*. Esta diferenciação decorreu da observação de que embora quase idênticas, se as expressões dispostas na busca por decisões estaduais, também fossem inseridas na busca por decisões federais, culminavam na resposta *nenhum documento encontrado*. Entretanto, substituindo-se o ponto pela vírgula e retirando-se a partícula *do*, alguns documentos eram localizados. O lapso temporal da pesquisa ocorreu a partir da data da entrada em vigor do Novo Código Civil de 2002, 11 de janeiro de 2003, até o dia 28 de agosto de 2017.

Apresenta-se, inicialmente, dados coletados através do CFJ na ferramenta *Pesquisa de jurisprudência unificada*⁶³. Critério (palavra-chave): Art, 931 CC. Período pesquisado: de 11 de janeiro de 2003 até 28 de agosto de 2017. Resultado:

⁶² Na página 83 do documento, assim constou: “Entre os cinco tribunais de grande porte, observa-se a estabilidade histórica dos quatro maiores (TJSP, TJRJ, TJMG e TJRS), devendo ser ressaltada a considerável distância do TJSP em relação aos demais.” Disponível em <<http://www.cnj.jus.br/files/conteudo/arquivo/2016/10/b8f46be3dbb344931a933579915488.pdf>> Acesso em 28 ago. 2017.

⁶³ BRASIL. Conselho Nacional de Justiça. Disponível em <http://www.cjf.jus.br/juris/unificada/Resposta#_doc2> Acesso em 28 ago. 2017.

Quadro 1 – Julgados Federais

| Número de processos | Órgãos |
|---------------------|--------|
| 0 | STF |
| 0 | STJ |
| 01 | TRF1 |
| 0 | TRF2 |
| 0 | TRF3 |
| 0 | TRF4 |
| 09 | TRF5 |

Fonte: Elaborado pela autora.

TRF1:

- 1) A Apelação Cível nº 00344850220074013400⁶⁴ refere-se à ação civil pública em que se postulou reparação pelo uso indevido de símbolo nacional (armas) e expressões próprias do Poder Judiciário. O art. 931 do CC⁶⁵ aportou de forma subsidiária, a fim de caracterizar dano moral da pessoa jurídica, em conformidade com os ditames da Súmula 227 do STJ⁶⁶;

TRF5:

- 1) O processo AC 00080740420114058400 que gerou a Apelação Cível nº 553442 trata-se de processo administrativo a que empregado público – gerente de agência dos correios – foi submetido em virtude de diferença a menor de numerário no caixa, averiguado quando da transmissão da agência. Não houve prova de dolo, razão porque a ação civil pública a que deu ensejo foi extinta liminarmente e, na ação penal, houve absolvição por insuficiência de provas. No voto do relator da Apelação, Des. Federal José

⁶⁴ BRASIL. Tribunal Regional Federal da 1ª Região. Disponível em <<http://portal.trf1.jus.br/portaltf1/pagina-inicial.htm>> Acesso em 13 set. 2017.

⁶⁵ BRASIL. **Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Institui o Código Civil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406.htm>. Acesso em: 13 set. 2017.

⁶⁶ BRASIL. Superior Tribunal de Justiça (STJ). Disponível em <http://www.stj.jus.br/docs_internet/VerbetesSTJ_asc.txt> Acesso em 13 set. 2017.

Maria Lucena, fez-se transcrição de parte da sentença exarada no juízo *a quo*, em que se alude ao art. 931 do CC⁶⁷:

Nos casos de reparação civil, para a caracterização do dever de indenizar, seja por dano moral ou material, é necessária a existência de um fato (ação ou omissão, qualificada juridicamente de ilícita ou, em alguns casos, de lícita - art. 927, parágrafo único, c/c **art. 931**, ambos do Código Civil); de um dano (consistente na lesão - diminuição ou destruição - de bem ou interesse jurídico); e da relação de causalidade entre este fato e o dano que dele se diz decorrer. (grifo nosso).

Ou seja, a decisão *retro* figurou na pesquisa por ter sido apontado o art. 931 do CC⁶⁸ como um auxiliar do art. 927, parágrafo único do CC⁶⁹, para a caracterização do dever de indenizar, uma vez que haja fato ilícito ou lícito capaz de produzir dano moral ou material;

- 2) O processo AC 00017820320114058400 que gerou a Apelação Cível nº 557978 refere-se a processo administrativo em que o autor postulou indenização por danos morais e materiais em face do Estado, em função dos danos ocasionados por explosivos que causaram incêndio e destruição de parte de sua propriedade, atribuídos a treinamento do Exército. Deflagrou-se a responsabilidade civil objetiva do Estado. Esta decisão foi levantada na pesquisa por ter sido apontado o art. 931 do CC⁷⁰ no seguinte trecho da decisão⁷¹:

A caracterização do dever de indenizar, seja moral ou materialmente, em se tratando de Administração Pública, para a qual vigora a responsabilidade objetiva, obedece ao disposto no parágrafo 6º, do art. 37, XXII, da Constituição Federal, sendo necessária tão somente a existência de um fato (ação ou omissão, qualificada juridicamente de ilícita ou, em alguns casos, de lícita - art. 927, parágrafo único, c/c **art. 931**, ambos do Código Civil). (grifo nosso)

⁶⁷ BRASIL. Tribunal Regional Federal da 5ª Região. Disponível em <http://www4.trf5.jus.br/data/2014/10/ESPARTA/00080740420114058400_20141002_5043495.pdf> Acesso em 28 ago. 2017.

⁶⁸ BRASIL. **Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Institui o Código Civil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406.htm>. Acesso em: 13 set. 2017.

⁶⁹ Idem.

⁷⁰ Idem.

⁷¹ BRASIL. Tribunal Regional Federal da 5ª Região. Disponível em <http://www4.trf5.jus.br/data/2014/10/ESPARTA/00080740420114058400_20141002_5043495.pdf> Acesso em 28 ago. 2017.

Note-se que se trata de reprodução do argumento teórico expedido na decisão do processo anterior;

- 3) O processo AC 00078316020114058400 que gerou a Apelação Cível nº 555288 discorre sobre autuação indevida por exercício irregular da profissão. O art. 931 do CC é invocado no seguinte trecho do voto do relator da decisão do recurso, Des. Federal Francisco Barros Dias⁷²:

Nos casos de responsabilidade civil, para a configuração do dever de indenizar, é necessária a existência de um fato, que pode ser uma ação omissiva ou omissão, qualificado juridicamente como ilícito ou, ainda, em alguns casos, de lícito (art. 927, parágrafo único, e **art. 931**, ambos do Código Civil); (grifo nosso)

Note-se que se trata de reprodução do argumento teórico expedido na decisão dos processos anteriores, citados nos itens 1 e 2;

- 4) O processo AC 00043620620114058400 que gerou a Apelação Cível nº 548148⁷³ versa sobre responsabilidade civil por danos morais, com base na retirada forçosa de alunos internos das dependências de instituição de ensino, em razão de ato de vandalismo. O art. 931 do CC figurou como base legislativa para a caracterização de dano e dever de indenizar por danos morais.
- 5) O processo AC 00031552420104058200 que deu origem à Apelação Cível nº 548991⁷⁴ versa sobre acidente de trabalho em que se insurgiu a Previdência Social, por meio de ação regressiva, contra sociedade empresária, a qual apontou como responsável pelo acidente, diante de negligência baseada no desrespeito às normas legais de segurança. O art. 931 do Código Civil foi citado, novamente, para a caracterização do dever de indenizar, pelo Des. Federal Francisco Barros Dias, também relator deste processo, que reproduziu os termos do trecho de seu voto transcrito no item 3;
- 6) O processo AC 00017871620114058500 que deu origem à Apelação Cível nº 547163, trata, tal como no item anterior, de acidente de trabalho e insurgência do INSS, bem como da mesma argumentação teórica utilizada

⁷² BRASIL. Tribunal Regional Federal da 5ª Região. Disponível em <http://www.trf5.gov.br/archive/2013/04/00078316020114058400_20130404_5110134.pdf> Acesso em 28 ago. 2017.

⁷³ Idem.

⁷⁴ Idem.

para menção ao artigo 931 do CC, com relatoria do Des. Federal Francisco Barros Dias;

- 7) O processo AC 00009361720104058401 que deu origem à Apelação Cível nº 544596 trata de acidente de trânsito em que se alega dever do Estado de indenizar, em função de buraco na pista de rolamento. A alusão ao art. 931 é, mais uma vez, realizada de forma idêntica à maneira como ocorre no processo referido no item 3, ou seja, unicamente como substrato jurídico do dever de indenizar⁷⁵:

Nos casos de responsabilidade civil, para a configuração do dever de indenizar, é necessária a existência de um fato, que pode ser uma ação omissiva ou omissão, qualificado juridicamente como ilícito ou, ainda, em alguns casos, de lícito (art. 927, parágrafo único, e art. 931, ambos do Código Civil);

Neste caso, porém, este é trecho do voto do relator convocado o Des. Federal Walter Nunes da Silva Júnior.

- 8) O processo AC 00075088220114058100 que deu origem à Apelação Cível nº 541039 trata do mesmo assunto dos processos referidos nos itens 5 e 6, tem mesma relatoria e mesma argumentação para aplicação do art. 931 do CC.
- 9) O processo AC 200984000047058 que deu origem à Apelação Cível nº 538723 trata de acidente de trânsito, mais precisamente de colisão entre veículo da União e de particular, em que a União postulou ressarcimento pelos danos causados, mais uma vez sendo citado o art. 931 do CC para aparelhar o argumento de que é necessária a existência de um fato, ação ou omissão, lícita ou ilícita, para configuração do dever de indenizar, seja por dano moral ou material.⁷⁶

Os dados a seguir expostos foram obtidos diretamente por meio de ferramenta de busca jurisprudencial encontrada no portal eletrônico dos tribunais estaduais de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Rio Grande do Sul. O resultado foi explanado de forma mais concisa, sem a definição do processo específico de que trata. Isto se deu em função de que, diferente do que se pôde

⁷⁵ BRASIL. Tribunal Regional Federal da 5ª Região. Disponível em <http://www.trf5.gov.br/archive/2012/08/00009361720104058401_20120816_4747265.pdf> Acesso em 28 ago. 2017.

⁷⁶ Idem.

concluir na pesquisa federal, além de haver número bastante superior de ocorrências, as decisões aplicam o art. 931 do CC⁷⁷ de maneira mais próxima da que instrui a doutrina. Assim foi possível entendimento mais claro sobre a forma com a qual o respectivo dispositivo vem sendo aplicado, para o que foram consideradas as indagações “menciona-se risco do desenvolvimento?” e “relação entre empresas?”, conforme quadro a seguir:

Quadro 2 – Julgados Estaduais

| | Palavra-chave | Período | Número de decisões | Menciona-se risco do desenvolvimento? | Relação entre empresas? |
|--|----------------------|----------------|---------------------------|--|--------------------------------|
| Tribunal de Justiça do Estado do Rio Grande do Sul | “Art. 931 do CC” | 11/01/2003 | 03 | 01 – Não | 01 – Sim |
| | | a | | 02 – Não | 02 – Sim |
| | | 28/08/2017 | | 03 – Não | 03 – Não |
| Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo | “Art. 931 do CC” | 11/01/2003 | 40 | 01 – Não | 01 – Sim |
| | | a | | 02 – Não | 02 – Não |
| | | 28/08/2017 | | 03 – Não | 03 – Não |
| | | | | 04 – Não | 04 – Não |
| | | | | 05 – Não | 05 – Não |
| | | | | 06 – Não | 06 – Não |
| | | | | 07 – Não | 07 – Não |
| | | | | 08 – Não | 08 – Sim |
| | | | | 09 – Não | 09 – Não |
| | | | | 10 – Não | 10 – Não |
| | | | | 11 – Não | 11 – Não |
| | | | | 12 – Não | 12 – Não |
| | | | | 13 – Não | 13 – Não |
| | | | | 14 – Não | 14 – Não |

⁷⁷ BRASIL. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Institui o Código Civil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406.htm>. Acesso em: 13 set. 2017.

| | | | | | |
|---|---------------------|-------------------------------|----|----------|----------|
| | | | | 15 – Não | 15 – Não |
| | | | | 16 – Não | 16 – Não |
| | | | | 17 – Não | 17 – Não |
| | | | | 18 – Não | 18 – Não |
| | | | | 19 – Não | 19 – Sim |
| | | | | 20 – Não | 20 – Sim |
| | | | | 21 – Não | 21 – Sim |
| | | | | 22 – Não | 22 – Não |
| | | | | 23 – Não | 23 – Não |
| | | | | 24 – Não | 24 – Não |
| | | | | 25 – Não | 25 – Sim |
| | | | | 26 – Não | 26 – Sim |
| | | | | 27 – Não | 27 – Sim |
| | | | | 28 – Não | 28 – Não |
| | | | | 29 – Não | 29 – Não |
| | | | | 30 – Não | 30 – Sim |
| | | | | 31 – Não | 31 – Não |
| | | | | 32 – Não | 32 – Não |
| | | | | 33 – Não | 33 – Sim |
| | | | | 34 – Não | 34 – Sim |
| | | | | 35 – Não | 35 – Não |
| | | | | 36 – Não | 36 – Não |
| | | | | 37 – Não | 37 – Não |
| | | | | 38 – Não | 38 – Sim |
| | | | | 39 – Não | 39 – Não |
| | | | | 40 – Não | 40 – Sim |
| Tribunal de Justiça do Estado de Minas Gerais | “Art. 931 do CC” | 11/01/2003 a 28/08/2017 | 16 | 01 – Não | 01 – Não |
| | | | | 02 – Não | 02 – Não |
| | | | | 03 – Não | 03 – Não |
| | | | | 04 – Não | 04 – Não |
| | | | | 05 – Não | 05 – Não |
| | | | | 06 – Não | 06 – Não |
| | | | | 07 – Não | 07 – Não |

| | | | | | |
|---|---------------------|-------------------------------|---|----------|----------|
| | | | | 08 – Não | 08 – Não |
| | | | | 09 – Não | 09 – Não |
| | | | | 10 – Não | 10 – Não |
| | | | | 11 – Não | 11 – Não |
| | | | | 12 – Não | 12 – Não |
| | | | | 13 – Não | 13 – Não |
| | | | | 14 – Não | 14 – Não |
| | | | | 15 – Não | 15 – Não |
| | | | | 16 – Não | 16 – Sim |
| Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro | “Art. 931 do CC” | 11/01/2003 a 28/08/2017 | 0 | - | - |

Fonte: Elaborado pela autora.

Do exposto, ultima-se, primeiramente, que as decisões encontradas na esfera federal fazem uso bastante residual do art. 931 do CC⁷⁸, eis que em todas as ocorrências, empregou-se o artigo como um mero alicerce para qualificar o dano e a forma objetiva com a qual deve ser reparado. Não houve referência explícita a relações de consumo ou entre empresas, o que impediu o encadeamento de mais sofisticada análise.

Já os números produzidos pela busca por decisões em âmbito estadual, forneceram conclusões mais precisas:

- a) Das 03 (três) decisões encontradas no TJRS contendo “art. 931 do CC”, nenhuma mencionou “risco do desenvolvimento” e duas delas tratavam de relação entre empresas, ou seja, não discorriam propriamente sobre direitos do consumidor;
- b) Das 40 (quarenta) decisões encontradas no TJSP contendo “art. 931 do CC”, nenhuma mencionou “risco do desenvolvimento” e 13 delas tratavam de relação entre empresas;

⁷⁸ BRASIL. **Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Institui o Código Civil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406.htm>. Acesso em: 13 set. 2017.

- c) Das 16 (dezesesseis) decisões encontradas no TJMG contendo “art. 931 do CC”, nenhuma mencionou “risco do desenvolvimento” e apenas uma delas tratou de relação entre empresas;
- d) No TJRJ nenhuma decisão foi encontrada contendo “art. 931 do CC”.

Estes dados mostram, basicamente, que, conquanto ao art. 931 do CC⁷⁹ seja atribuída a insurgência da teoria do risco do desenvolvimento, simplesmente, não há qualquer alusão à sua existência na aplicação prática do dispositivo. Com isso, se observa que o risco do desenvolvimento ainda não encontra relevância prática na jurisprudência, que, de certa forma, ainda a ignora ou não recebeu casos em que pudesse empregá-la. Esta circunstância também pode ocorrer por ocasião do fato de que a citada teoria encontra fulcro em casos nos quais o desenvolvimento científico permite um novo entendimento sobre a realidade e os efeitos nocivos causados por uma eventual técnica inovadora já introduzida pela indústria. Talvez circunstâncias do tipo sejam muito recentes ou inexistam no Brasil. A inovação precisa ter sido fortemente inserida na indústria, ser amplamente difundida no mercado e, em meio a isso, haver novas descobertas científicas que façam verificar nexo de causalidade com dano posteriormente averiguado, o que talvez não esteja acontecendo no Brasil por inúmeras razões, inclusive de vertente econômica.

É importante referir que a aplicação da teoria do risco do desenvolvimento – evidentemente – não estaria subjugada a um evento nanotecnológico, mas a qualquer espécie de inovação e, mesmo assim, não foram encontrados casos. Igualmente não se pode olvidar que a busca foi feita por decisões que abrangem desde o momento da entrada em vigor do dispositivo, nos principais tribunais estaduais e nos tribunais regionais federais, bem como STJ e STF e nada foi localizado.

Infere-se, portanto, que a função jurisprudencial do art. 931 do CC⁸⁰ ainda é bastante restrita e limitada a conjunturas em que opera como coadjuvante, complementando as determinações do art. 927 parágrafo único do CC e/ou do Código de Defesa do Consumidor, com referência expressa a teorias como “risco do negócio” e “risco da atividade” e à responsabilidade objetiva. Tais dados permitem, por isso, projetar com alguma segurança que, futuramente, as ações envolvendo

⁷⁹ BRASIL. **Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Institui o Código Civil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406.htm>. Acesso em: 13 set. 2017.

⁸⁰ Idem.

responsabilidade nanotecnológica pelos produtos e serviços expostos ao consumo terão, como consequência, o objetivo dever de resposta empresarial.

3 A RESPONSABILIDADE NANOTECNOLÓGICA

Neste capítulo serão trazidos conceitos alusivos à nanotecnologia, bem como à responsabilidade que dela pode emergir a partir do momento em que passa a compor o processo de produção empresarial.

3.1 Conhecendo as Nanotecnologias

Deve-se à chamada “nanotecnologia” muitas das atuais inovações existentes no mercado de consumo, que pode ser definida como “el diseño, caracterización, producción y aplicación de estructuras, artefactos y sistemas por medio del control de la forma y tamaño en la escala nanométrica.”⁸¹ Ou seja, trata-se de uma técnica a partir da qual se manipula a estrutura dos materiais em uma unidade de medida denominada “nanômetro”, equivalente à bilionésima parte do metro (0,00000001m)⁸² ou, “aproximadamente, a distância ocupada por cerca de 5 a 10 átomos, empilhados de maneira a formar uma linha”⁸³.

Richard Feynmann, pioneiro da eletrodinâmica quântica e Prêmio Nobel de Física em 1950, e Eric Drexler, cientista, engenheiro e nanotecnólogo estadunidense, cunharam o termo “nanotecnologia”, para definir procedimento que implica no “manejo e disposição de átomos e moléculas que darão origem a produtos mais leves, mais resistentes, mais ecológicos e econômicos do que os atuais”⁸⁴. Mais precisamente, o termo foi sugerido por Feynman e Drexler, mas após ter sido feita pelo pesquisador da Universidade de Tóquio, Nório Taniguchi, distinção entre engenharia em escala micrométrica e o novo campo da engenharia,

⁸¹ DEFINICIONES y consideraciones generales sobre las tecnologías transformativas y convergentes: El caso de la nanotecnología. **Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico**. N.9. La Paz, out. de 2007. Disponível em: <http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2074-47062007000300003&lng=es&nrm=iso>. Acesso em 23 fev. 2017.

⁸² Idem.

⁸³ DURÁN, Nelson; MATTOSO, Luiz Henrique Capparelli; MORAIS, Paulo Cezar de. **Nanotecnologia**: Introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação. São Paulo: Artliber Editora, 2006, p. 19.

⁸⁴ CASTAGNINO, Juan M. Técnicas, materiales y aplicaciones en nanotecnología. **Scientific Electronic Library Online – Scielo**. Acta bioquím. clín. latinoam., La Plata, v. 41, n. 2 jun. 2007. Disponível em <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S03252957200700020001&lng=es&nrm=iso>. Acesso em 22 fev. 2017.

em escala submicrométrica.⁸⁵ Em seu artigo “Engines of Creation”, escrito no ano de 1986, Eric Drexler refere que

The new technology will handle individual atoms and molecules with control and precision; call it *molecular technology*. It will change our world in more ways than we can imagine. *Microcircuits* have parts measured in *micrometers*—that is, in millionths of a meter—but molecules are measured in *nanometers* (a thousand times smaller). We can use the terms “nanotechnology” and “molecular technology” interchangeably to describe the new style of technology. The engineers of the new technology will build both nanocircuits and nanomachines⁸⁶.

Interessante perceber o cunho premonitório das ideias de Drexler, uma vez que se amoldam plenamente ao que está acontecendo no tocante ao crescente domínio da manipulação da matéria em nível atômico, ainda que não se possa afirmar da precisão e do controle seguro que detêm os cientistas nestes experimentos. Estudos comprovam que a adulteração das propriedades dos minerais em escala nano modifica prodigiosamente o comportamento desses materiais em relação ao que apresentam em dimensões macro ou microscópicas. Neste comenos, cabe mais uma vez trazer a lume as palavras de Eric Drexler:

We have come far in our atom arranging, from chipping flint for arrowheads to machining aluminum for spaceships. We take pride in our technology, with our lifesaving drugs and desktop computers. Yet our spacecraft are still crude, our computers are still stupid, and the molecules in our tissues still slide into disorder, first destroying health, then life itself. For all our advances in arranging atoms, we still use primitive methods. With our present technology, we are still forced to handle atoms in unruly herds.⁸⁷

⁸⁵ DURÁN, Nelson; MATTOSO, Luiz Henrique Capparelli; MORAIS, Paulo Cezar de. **Nanotecnologia**: Introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação. São Paulo: Artliber Editora, 2006, p. 16.

⁸⁶Tradução nossa: “A nova tecnologia que irá lidar com átomos e moléculas individuais com controle e precisão, será a chamada ‘tecnologia molecular’. Ela vai mudar o nosso mundo em mais maneiras do que podemos imaginar. Microcircuitos terão suas partes medidas em micrômetros, ou seja, em milionésimos de metro, já as moléculas serão medidas em nanômetros (mil vezes menores). Podemos usar os termos ‘nanotecnologia’ e ‘tecnologia molecular’ alternadamente para descrever o novo estilo da tecnologia. Os engenheiros da nova tecnologia construirão nanocircuitos e nanomáquinas.” DREXLER, Eric. **Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology**. New York: Anchor Books Editions, 1986, p. 04.

⁸⁷Tradução nossa: “Temos orgulho da nossa tecnologia, com os nossos medicamentos que salvam vidas e computadores de mesa. No entanto, a nossa nave espacial ainda se encontra em estado bruto, nossos computadores ainda são estúpidos, e as moléculas em nossos tecidos ainda deslizam em desordem, primeiro destruindo a saúde, e então a própria vida. Todos os nossos avanços na organização de átomos ainda usam métodos primitivos. Com a nossa tecnologia

Drexler, oportunamente, chama a atenção para o fato de que, embora nos orgulhemos de tais descobertas e dos benefícios que estas aparentemente proporcionarão à sociedade, nossos métodos ainda não permitem controlá-las para que possamos manipulá-las com segurança, o que significa enorme risco.

Já Nelson Durán et al apontam que⁸⁸

A possível redução de maneira controlada das dimensões das estruturas até alcançar dimensões nanométricas, conduzirá a propriedades únicas como as dos nanotubos de carbono, fios e pontos quânticos, filmes finos, estruturas baseadas nas moléculas de DNA, emissores de laser, entre outros. Essas novas formas de materiais e de dispositivos serão precursoras de uma idade revolucionária para a ciência e tecnologia, contanto que possamos descobrir e utilizar completamente as características marcantes desses materiais.

A relevância dos inventos científicos é indubitável, ao passo que possibilitarão inigualável transformação da vida em sociedade. Todavia, se tais inventos não tiverem testadas as suas potencialidades nocivas e agressivas em meio à natureza e forem simplesmente distribuídos pelo mundo, cedendo a um mercado multibilionário sedento por novidades, sucumbir-se-á à velha tendência humana de priorizar o presente, em detrimento do futuro, utilizando recursos naturais até seu esgotamento, em prol de necessidades imediatas.

Tal tendência foi detectada por Hans Jonas, filósofo alemão que, ao repensar a ética antropocêntrica de Kant, concentrada no indivíduo e no presente, trouxe novas reflexões a respeito da relação do homem com a natureza e sua decorrente responsabilidade. A “nova ética” que sugere baseia-se no fato de que são necessários novos princípios éticos para que se possa lidar com essa nova era de invenções tecnológicas capazes de transformar a natureza de maneira que antes não era possível. De acordo com o filósofo, “[...] as intervenções do homem na natureza [...] eram essencialmente superficiais e incapazes de causar danos ao seu permanente equilíbrio [...]”.⁸⁹ Atualmente, reconhece que a manipulação permitida

atual, lida-se com átomos em rebanhos indisciplinados. DREXLER, Eric. **Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology**. New York: Anchor Books Editions, 1986, p. 03.

⁸⁸ DURÁN, Nelson; MATTOSO, Luiz Henrique Capparelli; MORAIS, Paulo Cezar de. **Nanotecnologia: Introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação**. São Paulo: Artliber Editora, 2006, p. 20.

⁸⁹ JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para uma civilização tecnológica**. Rio de Janeiro: PUC Rio, 2006.

pela tecnologia pode desestabilizar o equilíbrio natural. E, por assim entender, formulou os seguintes imperativos éticos: “age de tal maneira que os efeitos da tua ação não sejam destruidores da futura possibilidade dessa vida”⁹⁰; “nas suas opções presentes, inclui a futura integridade do Homem entre os objetos da tua vontade”⁹¹; “não comprometas as condições de uma continuação indefinida da humanidade sobre a terra”⁹². Trata-se da ética do “dever ser”, algo que certamente merece reflexões no campo da nanotecnologia (embora não seja o foco desta pesquisa) e que representa a preocupação já no século XX por parte de Hans Jonas de alertar sobre os perigos e incertezas produzidas pelas inovações.⁹³ A ética do futuro, segundo ele, deveria antecipar os eventos no presente:

Sim, lá onde aquela palavra não nos é fornecida gratuitamente, ou seja, pelo medo do presente, torna-se um dever busca-la, porque também ali não podemos dispensar a orientação do medo. Esse é o caso da “ética do futuro” que estamos buscando: o que deve ser temido ainda não foi experimentado e talvez não possua analogias na experiência do passado e do presente. Portanto, o *malum* imaginado deve aqui assumir o papel de *malum* experimentado. Como essa representação não acontece automaticamente, ela deve ser produzida intencionalmente: portanto, obter uma projeção desse futuro torna-se um primeiro dever, por assim dizer introdutório, daquela ética que buscamos.⁹⁴

De fato, conquanto não haja meios que possam traduzir minudentemente em que extensão, já é possível afirmar que a toxicidade dos nanomateriais é diferente quando comparada a que apresentam seus correspondentes em escala comum⁹⁵. Então, qual a significância desta toxicidade? Em que medida progride e de que modo pode afetar a natureza? Buscar respostas para estas indagações, possivelmente, tratar-se-ia de um dever prévio segundo a ética de Hans Jonas.

⁹⁰ JONAS, Hans. **Técnica, medicina e ética. Sobre a prática do princípio responsabilidade**. São Paulo: Paulus, 2013, p. 37.

⁹¹ Idem.

⁹² Idem.

⁹³ HUPFFER, Haide Maria; ENGELMANN, Wilson. O princípio responsabilidade de H. Jonas como contraponto ao avanço (ir)responsável das nanotecnologias. **Revista Direito e Práxis**, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<http://www.e-publicacoes.uer.br/index.php/revistaceaju/article/view/26193/21068>>. Acesso em 26 ago. 2017. DOI: 10.1590/2179-8966/2017/26193.

⁹⁴ JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para uma civilização tecnológica**. Rio de Janeiro: PUC Rio, 2006, p. 49.

⁹⁵ MARTINEZ, Diego Stéfani Teodoro; ALVES, Osvaldo Luiz. Interação de nanomateriais com biosistemas e a nanotoxicologia: na direção de uma regulamentação. **Scientific Electronic Library Online – Scielo**. Ciência e Cultura. São Paulo, jul. 2013. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252013000300012&script=sci_arttext>. Acesso em 23 fev. 2017.

Essa é a base teórico-filosófica para o surgimento dos princípios da precaução e da prevenção, logo absorvidos pela responsabilidade civil⁹⁶, os quais serão abordados mais adiante.

Ainda no que se refere às consequências, segundo Diego Stéfani Teodoro Martinez

permite asseverar que os nanomateriais apresentarão impactos (positivos ou negativos) sobre todas as tecnologias e ciências da vida, visto que estão sendo planejados e construídos nanossistemas com a capacidade de interagir com os níveis inferiores da organização biológica, como o DNA e células.⁹⁷

Portanto, em meio a tantas oscilações, tem-se, pois, evidências de que não apenas os biosistemas, mas todos os organismos vivos e até mesmo o código genético dos seres humanos estão diante de inelutável alomorfia.

O projeto da União Europeia intitulado “NANoREG”, que teve início do ano de 2014, reuniu, recentemente, um grupo de 180 especialistas de vários países para debater a relevância da regulamentação – fim maior do projeto – e da necessidade de utilização do conhecimento gerado pela ciência nos últimos dez anos sobre nanotecnologia⁹⁸. No encontro, foram ressaltados aspectos importantes a respeito da evolução das pesquisas até então realizadas, como a conclusão sobre qual tipo de nanotubo é capaz de atravessar as barreiras biológicas e acumular-se nas células, por exemplo.

Entretanto, as dificuldades para que se obtenham resultados confiáveis começa na forma como devem ser feitos os testes. Estes são específicos para cada nanomaterial, o que faz com que os métodos sofram alterações e adaptações frequentes. Mesmo assim, pode-se avaliar que o estudo da nanotoxicidade ainda está bastante aquém do desejável e tem pauta muito mais restrita do que os demais estudos que envolvem nanopartículas. Endossa esta percepção pesquisa realizada por Antônio Carlos Guestaldi, engenheiro do Instituto de Química de Araraquara,

⁹⁶ LEVY, Daniel de Andrade. **Responsabilidade civil**: de um direito dos danos a um direito das condutas lesivas. São Paulo: Atlas, 2012, p. 128.

⁹⁷ MARTINEZ, Diego Stéfani et al. Op cit.

⁹⁸ OLIVEIRA, Marcos. Medidas Preventivas: estudos apresentam propostas para possíveis impactos de nanoproductos na saúde humana e no meio ambiente. Pesquisa Fapesp. Boletim Eletrônico **LQES NEWS**. Ano XVI – nº 362, de 16 de fevereiro de 2017, pág. 71. Disponível em <http://www.lqes.iqm.unicamp.br/images/em_pauta_novidades_2208_medidas_preventivas.pdf> Acesso em 23 fev. 2017.

que constatou que das 20.216 patentes internacionais sobre nanotecnologia encontradas até o ano de 2014, apenas 795 citavam a nanotoxicidade.⁹⁹

Por outro lado, de 2001 a 2017 foram encontrados 139 artigos publicados no portal virtual do Laboratório de Química do Estado Sólido – LQES do Instituto de Química da Unicamp abordando o tema “nanoriscos”, conforme segue¹⁰⁰:

Quadro 3 – Lista de Artigos Científicos

| <u>2017</u> |
|--|
| Uma melhor compreensão dos nanomateriais. Nos últimos seis anos, o projeto "Oportunidades e Riscos dos Nanomateriais" estudou intensamente o desenvolvimento, uso, comportamento e degradação de nanomateriais engenheirados, incluindo seu impacto nos seres humanos e no meio ambiente. |
| Aditivo alimentar de nanopartículas encontrado em doces, a gengiva pode alterar a estrutura e a função celular digestiva. Pesquisadores da Binghamton University e State University of New York, mostraram que a capacidade das células do intestino delgado de absorver nutrientes e atuar como barreira aos agentes patogênicos, é "significativamente diminuída" após exposição crônica à nanopartículas de dióxido de titânio, um aditivo alimentar comum encontrado em tudo, desde goma de mascar até pão. |
| Aditivo alimentar E171: primeiros achados da exposição oral a nanopartículas de dióxido de titânio. Cientistas mostraram, pela primeira vez, que E171 atravessa a barreira intestinal em animais e atinge outras partes do corpo. |
| Medidas preventivas. Estudos apresentam propostas para possíveis impactos de nanoprodutos na saúde humana e no meio ambiente. |
| Rastreamento a química da poeira doméstica. Pesquisadores têm encontrado um número cada vez maior de produtos químicos presentes na poeira e tentam entender como os compostos impactam a nossa saúde. |
| Simpósio Internacional sobre Avaliação de Toxicidade ISTA18. Evento internacional será realizado em Limeira, SP (Brasil) e contará com conferencistas do Brasil, Estados Unidos, Japão e Alemanha. |
| Nanotecnologia para eletromobilidade ambientalmente sustentável. Um olhar mais aprofundado sobre os impactos do ciclo de vida das baterias de íon-lítio e células de combustível de membrana de troca de prótons. |
| <u>2016</u> |
| Europeus para obter mais informações sobre nanomateriais. Melhor acesso às informações relevantes e compreensíveis sobre os nanomateriais: esse é o principal objetivo de um acordo assinado entre a ECHA (Agência Europeia para Química) e a Comissão do Observatório de Nanomateriais da União Europeia. |
| Ministério discute a regulamentação de produtos oriundos de nanotecnologia. Em reunião com o secretário de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, pesquisadores apresentaram a contribuição brasileira para a definição de protocolos internacionais. "Precisamos avançar neste tema para garantirmos que a sociedade se sinta segura ao utilizar produtos com nanotecnologia", disse Alvaro Prata. |
| Franceses investigam se corantes de guloseimas fazem mal à saúde. Para responder à pergunta, o ministério da Saúde francês está investigando se balas e outras tentações vendidas no país têm um corante à base de dióxido de titânio que pode fazer mal à saúde. |
| A nanotecnologia pode nos oferecer fraldas mais seguras e mais ecológicas e produtos sanitários. Avanços, graças às nanotecnologias, em produtos de higiene íntima para mulheres. |

⁹⁹ Idem.

¹⁰⁰ Biblioteca LQES de nanotecnologia – nanoriscos. Disponível em <http://www.lqes.iqm.unicamp.br/institucional/bibliotecas/bibliotecas_lqes_nanotecnologia_nanoriscos.html> Acesso em 06 set. 2017.

| |
|---|
| Nanofibras são melhores absorventes e bons para o meio ambiente, dizem os pesquisadores. |
| Quais produtos químicos estão em sua tatuagem? Autoridades europeias estão preocupadas com as tintas usadas nas tatuagens que podem ter sido aproveitadas de pinturas de carros, plásticos e indústrias de corantes têxteis. |
| Nanopartículas encontradas no cérebro humano podem causar Alzheimer. Artigo publicado na revista PNAS chama a atenção para o problema da poluição das grandes cidades e partículas de magnetita (óxido de ferro). |
| Descobrimos os perigos ocultos nas nanopartículas em ruas empoeiradas. Alta concentração de metais tóxicos e partículas numa das maiores cidades chinesas. |
| A UE autoriza o uso de óxido de zinco (nano e não-nano) em cosméticos. Seguindo a opinião do Comitê Científico de Segurança dos Consumidores publicado em 2012, a União Europeia (UE) autorizou o uso de óxido de zinco, na forma nano e não-nano, como filtro UV em produtos cosméticos. A União Europeia considera o uso do óxido de zinco seguro até uma concentração máxima de 25%. |
| Como as nanopartículas fluem pelo meio ambiente. A compreensão de como as nanopartículas permeiam o meio ambiente merecem ainda muitos estudos. A avaliação dos múltiplos fatores revela um quadro de elevada complexidade. |
| O impacto da roupa antioxidante em nanopartículas de prata no meio ambiente. Estudo da toxicidade de nanopartículas de prata frente ao zebrafish mostra que a dose e tamanho das nanopartículas, usadas no tratamento dos tecidos, são determinantes. |
| Citotoxicidade de nanomateriais. Trabalho realizado pelo LQES e LABLEISH (Unicamp) com óxido de grafeno (GO) e nanocompósito de óxido de grafeno com nanopartículas de prata (GOAg) mostram que estes nanomateriais são tóxicos para certos tipos de macrófagos. |
| Nova pesquisa mapeia nanopartículas no tecido usando imagem hiperespectral. Esta pesquisa apresenta um método para utilizar microscopia de campo escuro melhorada (EDFM) e imagem hiperespectral (HSI) para nanopartículas de imagem rápida e rápida em tecidos de estudos de toxicologia e mapear a distribuição de nanopartículas em amostras biológicas com base na composição elementar. |
| A OSHA lança fatos eletrônicos em várias línguas europeias. A Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho (OSHA) anunciou que duas das suas curtas diretrizes, fatos eletrônicos, "Nanomateriais no setor de saúde: riscos e prevenção ocupacional" e "Nanomateriais em trabalhos de manutenção: riscos e prevenção ocupacional" são agora disponíveis em vários outros idiomas do que o inglês. |
| Oceanos em 2050 vão ter mais plástico do que peixes, alerta Fórum de Davos. Segundo relatório, a proporção entre as toneladas de plástico e as toneladas de peixe registradas nos oceanos era de 1 para 5 em 2014. Em 2025, será de 1 para 3 e em 2050 irá evoluir de 1 para 1. |
| 2015 |
| Nanotubos de carbono encontrados nos pulmões de crianças parisienses. Pesquisadores da Universidade de Paris-Saclay encontraram nanotubos de carbono em células das vias respiratórias de crianças portadoras de asma que vivem na região parisiense. Os nanotubos poderão vir dos gases de escape veicular e entrar nos pulmões de cada um de nós. |
| Regulamentação de produtos com nanotecnologia divide opinião de pesquisadores. Audiência pública foi realizada na Comissão de Ciência e Tecnologia da Câmara dos Deputados em 25 de junho de 2015. |
| Unicamp participa de projeto europeu para a regulação da nanotecnologia. NanoBioss é um dos laboratórios credenciados pelo Projeto NanoReg da Comunidade Europeia. |
| SBPC e ABC pedem cautela na aprovação do projeto que cria a política nacional de nanotecnologia. Duas das mais importantes instituições da ciência brasileira se posicionam com relação ao projeto. |
| Pesquisa recentemente publicada pelo LQES é destaque em site de organização americana. Com o título de "Nanomaterials interact with agricultural pesticides, increasing toxicity to fish", a The Organic Center (EUA) comenta os resultados divulgados na sua seção Hot Science. |
| Interações fatais. Revista Pesquisa Fapesp destaca pesquisa realizada no INCT-Inomat envolvendo, LQES Unicamp, Secretaria da Pesca do Estado de São Paulo e LNNano. |

| 2014 |
|---|
| NanoBioss realiza seu primeiro Workshop de Progresso. Evento realizado no Instituto de Química da Unicamp reuniu pesquisadores ligados à Química, Biologia e Medicina. |
| Nanosafe: uma ampla janela para discussão dos riscos das nanotecnologias. Editor Científico do LQES participa do evento realizado em Grenoble e destaca alguns pontos altos. |
| Missão da Comunidade Europeia visita o Laboratório NanoBioss (IQ-Unicamp). A Missão teve como objetivo conhecer e avaliar as <i>facilities</i> do laboratório dentro da perspectiva da adesão do MCTI ao programa europeu NanoReg (Regulação da Nanotecnologia). |
| Brasil debate possível adesão a projeto de regulação em nanotecnologia. País está avançando nesta matéria mais precisa avançar muito mais em harmonia com a regulação internacional. |
| O CCRSERI publica parecer final relativo à nanoprata. A Comissão Europeia e o seu Comitê Científico dos Riscos para a Saúde Emergentes e Recentemente Identificados (CCRSERI) destacam os problemas de resistência microbiana. |
| Biodistribuição de nanotubos de carbono no organismo. Pesquisadores franceses utilizam nanotubos marcados com carbono 14 para localizar traços deste material em diferentes órgãos. |
| Nanotecnologia terá laboratório para controle de qualidade. O projeto será instalado em Pernambuco e conta com o apoio de importantes instituições brasileiras com atividade na área. |
| Nanomateriais: ainda é difícil a avaliação dos eventuais riscos. Agência francesa de segurança sanitária avalia riscos ligados aos nanomateriais e apela para a realização de novos estudos. |
| Universidade cria primeiro observatório de nanopartículas. Universidade de Coimbra (UC) criou o primeiro observatório de nanopartículas cujo principal objetivo é identificar as nanopartículas existentes e avaliar os seus efeitos na saúde humana e nos ecossistemas. |
| Nanotoxicidade do grafeno e óxido de grafeno. Trabalho de pesquisadores brasileiros é capa de revista da American Chemical Society. |
| Agências reguladoras vistas como despreparadas para nanotecnologia. Publicação foi realizada recentemente pela revista Plos One. |
| 2013 |
| Livro apresenta visão abrangente e aprofundada da nanotoxicologia... A obra foi escrita por 54 pesquisadores, sob a coordenação da Rede Brasileira de Nanotoxicologia CigeNanotox e teve lançamento mundial em novembro de 2013. |
| Uma corona indesejada. Nanopartículas podem transportar moléculas intrusas para o interior das células. Portal da Revista Pesquisa Fapesp destaca trabalho realizado no LQES. |
| Influência do efeito "Protein Corona" no transporte de moléculas para o interior de células. Pesquisa coordenada pelo LQES aponta para novas possibilidades de nanopartículas mesoporosas de sílica em terapias contra câncer. |
| A toxicidades das nanopartículas nos produtos de consumo estaria sendo subestimada? Pelo sim, pelo não..., há necessidade de estudos visando às reações das nanopartículas com as bactérias, e não apenas com a concentração das mesmas. |
| Ciência & Cultura: número temático sobre as nanotecnologias. Revista da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) aborda questões ligadas ao nanomundo. |
| Projeto de lei cria rotulagem de nanomateriais. De acordo com a proposta, rótulos devem trazer um símbolo que identifique a presença de produto ou processo nanotecnológico. |
| ABDI e Anvisa capacitam funcionários na área de nanotecnologia. Oficina Temática sobre Nanotecnologia e Regulamentação, para capacitação de funcionários da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). |
| Nanotoxicologia Ambiental : interação de nanoestruturas com microrganismos aquáticos. Revista Environmental Toxicology and Chemistry destaca (capa) trabalho realizado por pesquisadores da Unicamp. |
| Nanotubos e chumbo: combinação fatal. O número de maio da Revista Pesquisa Fapesp destaca trabalho realizado pelo LQES e Instituto de Pesca do Estado de São Paulo. |
| NanoBioss inicia suas atividades com Workshop. Laboratório Associado do SisNano (MCTI) está sediado no IQ-Unicamp. |
| França dá o primeiro passo para a rastreabilidade de nanopartículas. Desde 1º de janeiro, os |

| |
|---|
| fabricantes, importadores e distribuidores de nanopartículas devem declarar à Agência Nacional de Segurança Sanitária as quantidades e os usos destes materiais. |
| <u>2012</u> |
| Pesquisas do CIGENANOTOX, sediado no IQ-Unicamp, foram destaque no NANOSAFE 2012. O evento, um dos mais importantes na temática <i>segurança das nanotecnologias</i> , ocorreu em Grenoble (França), de 13 a 15 de novembro. |
| Nanotoxicologia - CIGENANOTOX realiza sua 1a. Reunião de Avaliação. A jornada reuniu no IQ-Unicamp pesquisadores e estudantes de pós-graduação para discutir o progresso dos estudos da interação de nanoestruturas com biosistemas. |
| Nanotoxicologia, perigos ainda desconhecidos. A utilização de nanomateriais está, cada vez mais, distribuída nos meios industriais e de pesquisa. Mas, o que realmente se sabe sobre os riscos ligados à sua utilização? Pouco, ainda. |
| Nanopartículas detectam a bioquímica da inflamação. A inflamação é a marca registrada de muitas doenças humanas, da infecção à neurodegeneração. |
| Nanopartículas que "surfam" no cérebro. Nanopartículas envolvidas com um polímero solúvel podem penetrar e se propagar no cérebro, servindo de vetor para uma nova geração de tratamentos. |
| Regulação da Nanotecnologia. Nanopartículas: declaração obrigatória em primeiro de janeiro de 2013! Na França. |
| Riscos sanitários dos nanomateriais: plataforma única para avaliação. As atividades estão concentradas no Namur Nanosafety Centre (Bélgica). |
| Grafeno: novo risco para o sistema respiratório. Estudos em ratos mostram que os macrófagos não dão conta, logo: inflamação! |
| <u>2011</u> |
| Nanopartículas passam através da barreira protetora do cérebro. As funções cerebrais poderiam ser perturbadas, em caso de exposição crônica às nanopartículas de dióxido de titânio. |
| Lançado o projeto NANOFIueGas. Órgãos governamentais franceses e empresa se unem para enfrentar os problemas da segurança no tratamento de resíduos contendo nanos. |
| Nanopartículas: método inédito para sua sondagem. A "velha centrifugação", conhecida há mais de 100 anos, "volta com tudo". |
| Nanotubos de carbono e sua interação com o meio ambiente e biosistemas. Quadragésima primeira tese do LQES aborda, de forma pró-ativa, os eventuais riscos da nanotecnologia. |
| Toxicologia das nanopartículas. Nanotubos de carbono marcados com radioisótopos expandem as possibilidades da nanotoxicologia. |
| Como as nanopartículas são tóxicas? Nova norma ISO, recém-publicada, ajuda na resposta à pergunta. |
| Experts estudam impacto ambiental de nanopartículas de prata em têxteis. Institutos, academia, indústria e organismos reguladores trabalham juntos para avaliar os efeitos das mesmas. |
| Nanopartículas para uma água pura. Pesquisadores da Universidade MacGill (Canadá) usam papel forrado com nanopartículas de prata para purificar água contaminada por bactérias. |
| Segurança Alimentar: nanopartículas e nisina para combater a Listéria. A nanotecnologia está chegando ao mundo dos alimentos. |
| <u>2010</u> |
| Nanopartículas de carbono contra bactérias. Pesquisadores russos estudaram a ação bactericida das nanopartículas de carbono e chegaram a importantes conclusões sobre o potencial destes materiais. |
| Nanotecnologia versus água insalubre, resultado: água potável! Saquinho cheio de nanopartículas, barato, permite acesso à água potável. |
| Nanopartículas: quanto mais conhecimento sobre elas, melhor! As consequências das nanopartículas sobre o ambiente e a saúde humana são alvos de estudos acurados. Detectores estão sendo desenvolvidos. |
| O Tratamento Jurídico dos Riscos Produzidos por Cosméticos Baseados em Materiais |

| |
|---|
| Nanoestruturados , de autoria de Fábio Neri Dutra. |
| Nanopartículas podem proteger contra radiação. As nanopartículas de melanina podem proteger a medula óssea dos efeitos nocivos da radioterapia. |
| Nanocatalisadores: mais "verde" a fabricação de produtos químicos. A idéia é reduzir o uso de metais pesados, custosos e tóxicos. |
| Detecção de toxinas em água? Use um econômico sensor de papel! Cientistas fazem uso de nanotecnologia para converter papel em um sensor que pode detectar toxinas na água potável. |
| <u>2009</u> |
| Na direção da avaliação de riscos de nanotubos de carbono. Pesquisa cooperativa envolvendo vários laboratórios da UNICAMP e UFC obtém resultados importantes sobre o comportamento destes materiais em meio aquático. |
| Nanotubos de carbono, se "ingeridos", causariam danos ao organismo. Método de marcação isotópica poderá permitir visualizar nanotubos no interior de organismos vivos. |
| Com pesquisa e sem alarde. Iniciativa internacional aposta em estudos de toxicidade para desenvolver nanomateriais seguros. |
| A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) promove conferência sobre nanotecnologias. A Conferência teve lugar na sede da Organização, com o objetivo de aprofundar as discussões sobre os potenciais benéficos e riscos das nanotecnologias para o meio ambiente. |
| Cientistas americanos se manifestam sobre marcos regulatórios para as nanotecnologias. Estudo revela: cientistas vêem os marcos regulatórios como proteções para a sociedade, público os vê como restrições limitando o uso de produtos consumíveis. |
| Nanoarmadilhas em águas turvas. Se os benefícios das nanotecnologias não precisam mais ser atestados, seu progresso poderá se fazer acompanhar de uma poluição das águas. Pesquisadores franceses desenvolvem um procedimento para resolver esse problema. |
| Confinar os nanotubos de carbono: essa é a recomendação. A recomendação vem do Alto Conselho de Saúde Pública francês. |
| Vem do Canadá a primeiríssima regra nacional obrigatória sobre a Nanotecnologia. Delegados ambientais canadenses prevêem necessitar de dados quantitativos, de utilização e de toxicidade. |
| <u>2008</u> |
| Desafio vencido: nanopartículas eliminadas da água. Prêmio internacional para equipe de pesquisa francesa. |
| Para certas nanopartículas, a pele não é obstáculo! Pesquisadores do Centro Médico da Universidade de Rochester (EUA) revelam que nanopartículas podem, sim, atravessar a pele. |
| Primeiro Congresso Internacional sobre Nanotoxicologia. A insuficiência atual da pesquisa sobre os efeitos biológicos das nanotecnologias foi tema da discussão realizada em congresso em Zurique, na Suíça. |
| Faz-se mister aperfeiçoar a preparação de nanotubos de carbono. Com este foco, pesquisadores do Conselho Nacional de Pesquisas do Canadá se lançam na procura dos segredos da formação dos nanotubos. |
| A saúde deve temer os <i>quantum dots</i> ? Estudos toxicológicos discutem sobre o poder de penetração, através da pele, de tais nanopartículas. |
| Nanopartículas no centro da arena de debates : perigosas, ou não, à saúde? É bastante lenha na fogueira e os debates seguem calorosos. O Instituto Nacional de Meio Ambiente Industrial e de Riscos (INERIS), França, informa que "os protocolos experimentais são cada vez mais pesados" e que é, portanto, "preciso se especializar" |
| Nanoprodutos continuam na pauta. A Comissão Européia conseguiria transmitir confiança? Discussão avança e se aprofunda no ambiente da Comunidade Européia. |
| Efeitos tóxicos dos nanotubos de carbono: pesquisadores optam por pru-dên-cia! O assunto está sendo examinado pelo REACH, tratado que regulamenta, na Comunidade Européia, a gestão de riscos químicos. |
| Nanotecnologias: o crescimento desta "bolha" deve ser controlado? Produtos de consumo que utilizam a nanotecnologia não cessam de chegar ao mercado. |

| |
|--|
| <p>Nanotubos de carbono e amianto : alguma coisa em comum? Sim ou Não? Frequentemente apresentados como o material miraculoso do século XX, ao lado de seu primo grafeno, os nanotubos de carbono poderiam ser também tão perigosos quanto o amianto.</p> |
| <p>Riscos potenciais ligados às nanotecnologias: financiamentos para pesquisa, Europa está na frente dos Estados Unidos. Europa investe quase o dobro dos Estados Unidos!</p> |
| <p>Nanotecnologias: convergência ou divergência? Discussão em Paris de relatório sobre os diferentes impactos da nanotecnologia levanta questões relacionadas com a convergência e ameaças à autonomia das ciências.</p> |
| <p>Abordagens para um Trabalho Seguro com Nanotubos de Carbono. Estudos referentes à Toxicologia e Segurança no trabalho com nanomateriais, desenvolvido pela Rede Nacional de Pesquisa em Nanotubos de Carbono - CNPq/MCT.</p> |
| <p>Estudos confirmam: partículas finas e poluição automobilística são nocivas à saúde humana. As conclusões vieram dos resultados do Programa PRIMEQUAL que analisou o ambiente da cidade de Paris. Com razoável chance de acerto, as conclusões seriam similares para outras grandes cidades do mundo.</p> |
| <p>Programa de ensaios sobre segurança de nanomateriais manufaturados é lançado pela OECD. Organização internacional ligada à cooperação econômica e desenvolvimento enfrenta o gigantesco desafio de criar testes de segurança para nanomateriais manufaturados.</p> |
| <p>Nanotubos de Carbono: "boas práticas" de caracterização são absolutamente fundamentais. Artigo de Oswaldo Luiz Alves discute a questão da pureza dos nanotubos de carbono e o recente guia prático publicado pelo NIST americano.</p> |
| <p><u>2007</u></p> |
| <p>Lançamento de uma consulta sobre o "Responsible NanoCode", um código de conduta para as empresas que atuam em Nanotecnologia. Organizações envolvidas esperam ter o código pronto em fevereiro de 2008. Por enquanto, o texto está em consulta mundial.</p> |
| <p>Cientistas estão preocupados com os riscos ambientais e de saúde da nanotecnologia. Trabalho publicado na revista Nature Nanotechnology aponta para este fato.</p> |
| <p>Percepção dos americanos sobre as nanotecnologias. 51% dos americanos não se sentem suficientemente informados para fazer um julgamento sobre os benefícios ou riscos das nanotecnologias.</p> |
| <p>Nanotecnologia chega aos produtos de uso comum. Segundo artigo da Gazeta Mercantil, Petroquímicas (brasileiras) investem em pesquisa para fazer frente à concorrência.</p> |
| <p>Devemos ou não ter medo das nanotecnologias? Surfando pela rede, cidadãos buscam tirar suas dúvidas quanto aos aspectos negativos, ou não, das nanotecnologias.</p> |
| <p>Substituição de substâncias perigosas: - mais uma das aplicações das nanotecnologias? Relatório da Comunidade Européia analisou em profundidade esta possibilidade e lança luzes sobre este tema pouquíssimo abordado pelas nanotecnologias.</p> |
| <p>Nanopartículas novamente na berlinda. Pesquisadores da Universidade da Califórnia, San Diego, concluem que nanopartículas de óxido de ferro não são tão biocompatíveis quanto se pensava.</p> |
| <p>Primeiro estudo ecotoxicológico do impacto das nanopartículas sobre o solo não mostra qualquer efeito negativo. Os resultados foram obtidos por pesquisadores americanos da Universidade de Purdue, Indiana (EUA).</p> |
| <p>Nanotubos de carbono "embebidos" em DNA menores que 200 nanômetros podem vir a apresentar riscos para a saúde. Estudo publicado na revista Advanced Materials mostra que nanotubos exofuncionalizados com tais dimensões podem penetrar nas células pulmonares.</p> |
| <p>Empresa inglesa prevê seis nanotecnologias que ajudarão a reduzir as emissões de carbono. As seis tecnologias, identificadas pela empresa Científica, instalada no Reino Unido, estão disponíveis atualmente ou estarão no mercado no decorrer dos dois próximos anos.</p> |
| <p>Entra em vigor na União Européia, em junho próximo, um rígido controle para os produtos químicos. O REACH tem por objetivo assegurar um elevado nível de proteção da saúde humana e do ambiente e garantir a livre circulação de substâncias químicas no mercado europeu.</p> |
| <p>Testes in vivo com nanotubos de carbono: primeiros resultados são encorajadores. Nanotubos foram injetados diretamente na circulação sanguínea.</p> |
| <p>Toxicidade de nanotubos de carbono: meio ambiente e saúde esperam respostas.</p> |

| |
|--|
| <p>Texto de Oswaldo Luiz Alves aborda a questão, tendo como pano de fundo programa recém-lançado na França.</p> |
| <p>2006</p> |
| <p>Berkeley (EUA) é a primeira cidade do mundo com legislação municipal para a Nanotecnologia. Prefeito de Berkeley sai na frente e envia para o City Council (espécie de Câmara Municipal) proposta de legislação para as nanotecnologias.</p> |
| <p>De olho na citotoxicidade dos nanohorms ("nanochifres"). Pesquisadores japoneses executam testes <i>in vitro</i> visando esclarecer a questão.</p> |
| <p>Instituto de Tecnologia de Dublin avalia a toxicidade das nanopartículas sobre as células humanas. Ampla programa de pesquisas visa o estudo da interação de nanoestruturas com células humanas. O primeiro estudo envolveu os nanotubos de carbono.</p> |
| <p>Nanotecnologias : Comitê de Ética do CNRS publica suas recomendações. Conselho Nacional de Pesquisas da França (equivalente ao CNPq brasileiro) lança documento dentro da perspectiva de uma "nanotecnologia responsável".</p> |
| <p>Até que ponto as nanopartículas podem representar riscos? Um novo projeto de pesquisa do governo alemão está investigando o efeito das nanopartículas em estágios de pesquisa e desenvolvimento sobre a saúde das pessoas e meio ambiente.</p> |
| <p>Nanotecnologia precisa de debate público. No lançamento do livro "Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente", foi defendida fortemente a idéia de que o desenvolvimento científico deve estar ancorado numa expressiva participação da sociedade.</p> |
| <p>Normalização das Nanotecnologias : os europeus estão saindo na frente. Agosto de 2006 marca o início do Projeto NANO-STRAND, que será coordenado pelo DIN (Deutsches Institut für Normung), da Alemanha.</p> |
| <p>Arquivo mundial recensará 30.000 produtos químicos. A idéia é ter o maior número de informações acerca dos efeitos dos produtos químicos sobre o homem e o meio ambiente e criar uma rede mundial de informações.</p> |
| <p>Sistema hormonal de homens e animais pode sofrer interferências de produtos químicos do meio ambiente. Estudo europeu realizado pela Universidade de Göttingen (Alemanha) chega a importantes conclusões sobre o tema e confirma algumas suspeitas.</p> |
| <p>Chips RFID: respeito à vida privada é bom e a gente gosta! "Vigilância" altamente eficiente dos estoques de produtos industriais é o que todo empresário deseja - os chips RFID já estão aí pra isso. Mas, espere aí : que nossa vida privada fique fora disso !</p> |
| <p>Fazendo nanotubos de carbono mais seguros. Pesquisadores ingleses do Centre for Drug Delivery, da Universidade de Londres, trazem a boa nova.</p> |
| <p>EPA (Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana) resolve "ir fundo" no estudo dos efeitos da nanotecnologia. Além da preocupação com as possíveis ameaças eventualmente associadas às nanopartículas, a agência tem interesse em usá-las na remediação ambiental.</p> |
| <p>NanoCare: saúde e meio ambiente sob vigilância. Conseqüências sobre a saúde e meio ambiente das nanopartículas fabricadas industrialmente estarão sob severa vigilância.</p> |
| <p>Primeira Reunião Internacional sobre Normalização das Nanotecnologias. Realizada em Londres, em novembro de 2005, foi pouco noticiada, mas mostrou que o Reino Unido quer a dianteira neste importante aspecto das N&N.</p> |
| <p>Nova Lei para Nano? Novo relatório diz que as leis existentes não protegem os consumidores e chama atenção para a necessidade de uma legislação para a nanotecnologia.</p> |
| <p>Screening para partículas tóxicas. Pesquisadores sugerem estratégia que poderia "dar um jeito" na questão das nanopartículas perigosas.</p> |
| <p>2005</p> |
| <p>Nanopartícula pode ser tóxica, diz estudo. Estrutura básica da nanotecnologia forçaria a constituição de radicais livres e ameaçaria células humanas. Conheça a opinião de Christine Evans-Pughe, do jornal inglês The Independent.</p> |
| <p>Partículas emitidas por motores diesel sob estrita vigilância. Nova técnica de medida garante a determinação de partículas poluentes, mesmo em concentrações muito pequenas.</p> |
| <p>Bactérias não são "muito chegadas" às nanopartículas. As discussões sobre os efeitos das nanopartículas sobre os ecossistemas continuam acaloradas. Concordâncias e discordâncias à</p> |

| |
|--|
| parte, o debate avança. |
| A normalização em nanotecnologia. Já não era sem tempo. A Alemanha sai na frente! |
| Um olhar sobre a multifuncionalidade das nanopartículas. Quantum dots de diversos tamanhos, combinados numa mesma nanopartícula, são capazes de identificar diferentes proteínas ou moléculas numa única observação. |
| 2004 |
| Nanopartículas liberadas na combustão do diesel ameaçam a saúde. Mais de 300 pesquisadores, reunidos na Escola Politécnica Federal de Zurique (Suíça), mostraram-se bastante sensibilizados com o problema e enfatizam a necessidade de medidas reguladoras e mais pesquisa científica sobre o assunto. |
| Uma no cravo e outra na ferradura : fulerenos poderão ser usados para inibir câncer de pele! Estudos recentes feitos por pesquisadores japoneses mostram a redução da expansão de melanomas. |
| Peixes "sentem na pele" os efeitos da nanotecnologia. A nanotecnologia chegou para romper limites, mas... devagar com o andar ! |
| Corpo humano e nanopartículas: influência e efeitos. Japão, um dos países que mais investe, quer respostas. Para obtê-las, funda um Instituto visando a estudar este controverso aspecto da Nanotecnologia. |
| 2001-2003 |
| Afinal, devemos ou não ter medo das nanotecnologias? O debate está aberto e, certamente, promete. |
| Glóbulos vermelhos artificiais: mais uma grande possibilidade da nanotecnologia. Possivelmente, num futuro próximo, as transfusões não mais estarão à mercê de estoques de sangue disponíveis. |

Fonte: Nanoriscos...¹⁰¹

Isto demonstra que já existe um considerável esforço da ciência em conhecer as possibilidades, dos riscos e do modo como seguramente inserir a nanotecnologia nos vários setores da indústria, por meio da pesquisa contínua, da geração de informações e da divulgação destas. No tocante ao descarte de nanomateriais – uma das questões de maior vulto – sopesados seus possíveis efeitos junto à natureza, Oswaldo Alves, fundador e coordenador científico do LQES no Instituto de Química da Unicamp, comenta “consequimos mostrar que nanotubos de carbono, quando em contato com pesticidas usados na lavoura, aumentam consideravelmente a toxicidade para peixes”¹⁰². A ideia implementada pelo cientista foi simular em laboratório um possível encontro, via descarte, de nanotubos e pesticidas em ambientes aquáticos. “Descobrimos que os nanotubos são excelentes

¹⁰¹ NANORISCOS. **LQES - Laboratório de Química do Estado Sólido**, Campinas, 2001-2017. Disponível em: <http://www.lqes.iqm.unicamp.br/institucional/bibliotecas/bibliotecas_lqes_nanotecnologia_nanoriscos.html>. Acesso em: 13 set. 2017.

¹⁰² ALVES, Oswaldo in OLIVEIRA, Marcos. Medidas Preventivas: estudos apresentam propostas para possíveis impactos de nanoproductos na saúde humana e no meio ambiente. Pesquisa Fapesp. Boletim Eletrônico **LQES NEWS**. Ano XVI – nº 362, de 16 de fevereiro de 2017, pág. 72. Disponível em <http://www.lqes.iqm.unicamp.br/images/em_pauta_novidades_2208_medidas_preventivas.pdf> Acesso em 19. fev. 2017.

concentradores de pesticidas, que ficam presos nas guelras e contaminam o peixe.”¹⁰³ De acordo com a pesquisa, o material isolado não foi capaz de indicar qualquer sinal de toxicidade aguda, até o limite de três miligramas por litro, “mas aparentemente causou uma redução no consumo de oxigênio e na eliminação de amônia pelos peixes”¹⁰⁴.

Já sobre nanosseguurança, Fernando Galembeck, professor do IQ-Unicamp e ex-diretor do Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano) alerta que “nos laboratórios, na pesquisa básica ou aplicada, é fácil controlar e destruir esses materiais porque as quantidades são muito pequenas, mas quando muda a escala para um sistema industrial a situação é outra”¹⁰⁵. Junto ao LNNano, Galembeck aduz ter praticado a diretriz de que¹⁰⁶

Nenhum nanoproduto deve ser desenvolvido tecnologicamente sem que os seus riscos toxicológicos e ambientais sejam avaliados, começando o mais cedo possível. Precisamos saber quais são os riscos ainda nas fases iniciais da pesquisa, porque o desenvolvimento tecnológico envolve grandes gastos.

Esta concepção de que os riscos devem ser avaliados precocemente, foi introduzida no *framework* apresentado no capítulo 7. Embora se reconheça as inúmeras possibilidades benéficas e revolucionárias da nanotecnologia, a nanosseguurança mostrou-se fator de primeira ordem no processo de gestão do risco. Na indústria automotiva, nanoproductos estão sendo desenvolvidos para aumentar a eficiência e a *performance* dos seguintes componentes veiculares¹⁰⁷:

¹⁰³ Ibidem.

¹⁰⁴ ALVES, Oswaldo in OLIVEIRA, Marcos. Medidas Preventivas: estudos apresentam propostas para possíveis impactos de nanoproductos na saúde humana e no meio ambiente. Pesquisa Fapesp. Boletim Eletrônico **LQES NEWS**. Ano XVI – nº 362, de 16 de fevereiro de 2017, pág. 72. Disponível em <http://www.lqes.iqm.unicamp.br/images/em_pauta_novidades_2208_medidas_preventivas.pdf> Acesso em 19 fev. 2017.

¹⁰⁵ GALEMBECK, Fernando in OLIVEIRA, Marcos. **Medidas Preventivas: estudos apresentam propostas para possíveis impactos de nanoproductos na saúde humana e no meio ambiente**. Pesquisa Fapesp. Boletim Eletrônico LQES NEWS. Ano XVI – nº 362, de 16 de fevereiro de 2017, pág. 72. Disponível em <http://www.lqes.iqm.unicamp.br/images/em_pauta_novidades_2208_medidas_preventivas.pdf> Acesso em 19. fev. 2017.

¹⁰⁶ Idem.

¹⁰⁷ COELHO, Margarida C. et al. Nanotechnology in automotive industry: research strategy and trends for the future – small objects, big impacts. **Journal of Nanoscience and Nanotechnology, Stevenson Ranch**, v. 12, n. 8, p. 6623, 2012. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22962798>>. Acesso em: 13 set. 2017.

Figura 1 – Exemplos de Aplicação Nanotecnológica Automotiva



Fonte: Coelho et al.¹⁰⁸

Em tese, trata-se de aperfeiçoamento destes itens (revestimento antirreflexo, materiais resistentes a arranhões, materiais mais leves, gestão de motor, injetor de combustível, conversores catalíticos e filtros de poluição), que resultará em maior segurança, economia de combustível e benefícios ambientais. De acordo com Nazanin Emami et al., “Nanomaterials for automotive applications are intended to pursue reductions in engines emissions, safe driving, quiet vehicles, self-healing body and windcreens. The idea of using nano-fluids to improve coolant performance was presented long time ago.”¹⁰⁹ Ou seja, a promessa da nanotecnologia neste setor apresenta-se (como também nos demais), amiúde, de maneira positiva e vasta, pois infindável o seu campo de aplicação e os avanços tecnológicos que podem ser alcançados, o que empolga os representantes de sua cadeia produtiva. Vertiginosamente, portanto, aumentam as reservas orçamentárias mundiais para investimento em pesquisa sobre nanotecnologia, que saltaria de 4,6 bilhões em 2005 para 1 trilhão em 2015¹¹⁰, conforme dados publicados pela supramencionada autora no *Journal Nanoscience and Nanotechnology*.

¹⁰⁸ Idem.

¹⁰⁹ Tradução nossa: “Nanomateriais para aplicações automotivas são destinadas a perseguir reduções em emissões de motores, condução segura, veículos silenciosos, auto-cura corpo e pára-brisas. A ideia de usar nano-fluidos para melhorar o desempenho de refrigerante foi apresentado há muito tempo”. COELHO, Margarida C.; TORRÃO, Guilhermina; EMAMI, Nazanin; GRÁCIO, José. Nanotechnology in Automotive Industry: Research Strategy and Trends for the Future – Small Objects, Big Impacts. **Journal of Nanoscience and Nanotechnology**. v. 12, 1-10, 2012, p. 01.

¹¹⁰ COELHO, Margarida C.; TORRÃO, Guilhermina; EMAMI, Nazanin; GRÁCIO, José. Nanotechnology in Automotive Industry: Research Strategy and Trends for the Future – Small Objects, Big Impacts. **Journal of Nanoscience and Nanotechnology**. v. 12, 1-10, 2012, p. 01.

No Brasil, o governo expandiu incentivos destinados a empresas inovadoras no período de 2009 a 2011, em que se verificou crescimento de 34,2% e mais ainda entre 2012 e 2014, quando o crescimento representou 40%, conforme dados da Pesquisa de Inovação – PINTEC¹¹¹. De acordo com esta fonte, “1,8% das empresas inovadoras brasileiras engajaram-se em atividades relativas à nanotecnologia nas empresas da Indústria, Eletricidade e Gás e Serviços Seleccionados em 2014”¹¹². Isto representou queda de 13,8% no número de empresas com atividade em nanotecnologia em relação ao período pesquisado anteriormente (2011)¹¹³.

As informações trazidas pelo relatório elaborado pelo PINTEC revelam ainda que no setor da Indústria, houve decréscimo no número de empresas que realizaram atividades em nanotecnologia, de 15,6%¹¹⁴. Nos Serviços Seleccionados, 27 empresas declararam ter realizado atividades relacionadas à produção, uso e pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia em 2014 (três vezes mais do que em 2011).¹¹⁵ Nas atividades de Eletricidade e Gás, o número de empresas que declararam ter desenvolvido ou utilizado nanotecnologias passou de 6 (seis) empresas para 5 (cinco) entre os períodos.¹¹⁶

Entretanto, a pesquisa indicou que a taxa de inovação para as 975 (novecentos e setenta e cinco) empresas que realizaram alguma atividade em nanotecnologia foi de 89,2%¹¹⁷. Este resultado mostra que, mesmo havendo diminuição no número de empresas que realizaram atividades em nanotecnologia entre 2011 e 2014, elas foram relativamente mais inovadoras em 2014, uma vez que, naquele ano (2011), 86,1% das empresas haviam sido inovadoras¹¹⁸.

¹¹¹ Pesquisa de inovação: 2014 / IBGE, Coordenação de Indústria. – Rio de Janeiro : IBGE, 2016. Disponível em <<http://www.pintec.ibge.gov.br/downloads/PUBLICACAO/PUBLICA%C3%87%C3%83O%20PINTEC%202014.pdf>> Acesso em 06 set. 2017.

¹¹² Idem.

¹¹³ Idem.

¹¹⁴ Idem.

¹¹⁵ Idem.

¹¹⁶ Idem.

¹¹⁷ Idem.

¹¹⁸ “O termo ‘inovação’ tem origem na obra ‘Teoria do Desenvolvimento Econômico’, escrita por Joseph A. Schumpeter, e publicada originalmente em inglês no ano de 1912. Esta foi a primeira obra a colocar a inovação no centro da dinâmica econômica. Schumpeter reconhece como principais formas de inovação: 1) introdução de novos produtos; 2) introdução de novos métodos de produção; 3) abertura de novos mercados; 4) desenvolvimento de novas fontes de suprimento para matérias primas e outros insumos; 5) criação de novas estruturas de mercado em uma indústria.” Inmetro, Inovação e Indústria. A evolução do conceito de inovação. Disponível em <<http://inovacao.inmetro.gov.br/como-o-inmetro-ve-a-inovacao/>> Acesso em 06 set. 2017. Já de acordo com a Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, que dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, em seu art. 2º, IV, inovar significa introduzir novidade ou aperfeiçoamento no ambiente produtivo e social que resulte em novos

Tais informações ressoam a imprescindibilidade de estudos envolvendo a avaliação do ciclo de vida dos nanomateriais empregados na indústria, inclusive importantes na definição dos investimentos que serão feitos previamente, semelhante ao divulgado no *Journal Nanoscience and Nanotechnology*¹¹⁹:

For the nanotechnology industry, the life-cycle stages of resource extraction, raw material production, nanoproducts manufacturing, transportation, use and end-of life can together be connected with significant costs and benefits to the manufacturers, customers, environment, and organizations. Impacts on human health, ecosystem, and effects of pollutants release are evaluated for each life cycle. Currently it is difficult to predict the gap between the launch of nanoproducts and the time when nanowastes reach the environment. Therefore collaboration between specialists, manufacturers, and economists is crucial to predict the amounts of nanowaste that will be disposed. In the field of nanotechnology assessment, LCA offers an analysis of the potential life-cycle implications, optimizing its economic, environmental and society benefits, and minimizing risks.

Aponta-se, deste modo, a necessidade de trabalho conjunto entre organizações, fabricantes, consumidores e especialistas a fim de que se possa mapear os estágios pelos quais a matéria terá de percorrer, desde sua extração, produção, transformação, fabricação de nanoproductos, uso e descarte, para que a manipulação nanotecnológica se torne menos ofensiva possível à saúde humana, com a minimização da emissão de poluentes, que também deve ser avaliada para cada ciclo de vida dos nanomateriais.¹²⁰

produtos, serviços ou processos ou que compreenda a agregação de novas funcionalidades ou características a produto, serviço ou processo já existente que possa resultar em melhorias e em efetivo ganho de qualidade ou desempenho. Disponível em <http://www.Planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.973.htm> Acesso em 06 set. 2017.

¹¹⁹ Tradução nossa: “Para a indústria de nanotecnologia, os estágios do ciclo de vida de extração de recursos, produção de matéria-prima, fabricação de nanoproductos, transporte, uso e fim de vida podem ser conectados com custos e benefícios significativos para os fabricantes, clientes, meio ambiente e organizações. Os impactos sobre a saúde humana, o ecossistema e os efeitos da liberação de poluentes são avaliados para cada ciclo de vida. Atualmente, é difícil prever a diferença entre o lançamento de nanoproductos e o tempo em que os nanowastes atingem o meio ambiente. Portanto, a colaboração entre especialistas, fabricantes e economistas é crucial para prever as quantidades de nanowaste que serão descartadas. No campo da avaliação da nanotecnologia, o LCA oferece uma análise das implicações potenciais do ciclo de vida, otimizando seus benefícios econômicos, ambientais e sociais e minimizando os riscos”. COELHO, Margarida C.; TORRÃO, Guilhermina; EMAMI, Nazanin; GRÁCIO, José. Nanotechnology in Automotive Industry: Research Strategy and Trends for the Future – Small Objects, Big Impacts. **Journal of Nanoscience and Nanotechnology**. v. 12, 1-10, 2012, p. 08.

¹²⁰ O Laboratório de Química em estado Sólido, da Universidade Estadual de Campinas, vem desenvolvendo pesquisas sobre variados nanomateriais, com destaque às publicações sobre riscos de diversos nanomateriais. No *link* a seguir se encontram publicações descrevendo

A toxicidade das nanopartículas dá-se, fundamentalmente, em função da própria toxicidade química dos materiais inclusos nas suas estruturas, cuja dimensão extremamente pequena permite-lhes penetrar na membrana celular, como ocorre quando na forma de nanotubos¹²¹. Uma vez inaladas, as nanopartículas não encontram empecilho para acessar livremente a corrente sanguínea, podendo, inclusive, contornar a barreira hematoencefálica, bem como outros órgãos do corpo, conforme estudo dos pesquisadores do Centro de Tecnologia Mecânica e Automação do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro em Portugal e do Departamento de Ciências da Engenharia e Matemática da Luleå, Universidade de Tecnologia da Suécia¹²².

A seguir se apresenta quadro expositivo de fatos históricos de singular importância para a nanotecnologia:

Quadro 4 – Histórico da Nanotecnologia

| Ano | Fato |
|------|---|
| 1959 | Richard Feynman proferiu a palestra “There’s a plenty of room at the bottom” para a American Chemical Society, no Instituto de Tecnologia da Califórnia (EUA). No seu discurso ele propôs que era possível a manipulação átomo por átomo. Infelizmente nas duas décadas seguintes as ideias de Feynman ainda não haviam sido concretizadas. |
| 1974 | O pesquisador da Universidade de Tóquio, Norio Taniguchi, atribui o nome nanotecnologia ao campo da engenharia em escala submicrométrica. |
| 1981 | O microscópio de varredura por tunelamento (STM) foi inventado pelos pesquisadores da IBM, Gerd Binnig e Henrich Röhrer |
| 1981 | Primeiro artigo científico publicado sobre nanotecnologia por K. Eric Drexler, pesquisador do Instituto de Tecnologia de Massachusetts – MIT |
| 1986 | O Instituto Foresight é estabelecido para auxiliar no desenvolvimento e promoção da nanotecnologia, promovendo conferências a respeito; publicação do livro “The engines of creation” por K. Eric Drexler, com teorias que ainda continuam revolucionando a nanotecnologia; Richard Smalley, da Universidade de Rice, descobre os “buckminster” fulerenos ou “buckyballs”; invenção do microscópio de força atômica |

cientificamente os riscos de algumas nanopartículas: <http://lqes.iqm.unicamp.br/institucional/bibliotecas/bibliotecas_lqes_nanotecnologia_nanoriscos.html> Acesso em 26 ago. 2017. Ao se analisar estas publicações, resta evidente a importância da formulação do *framework*, a fim de se conduzir com um mínimo de preocupação com a segurança a produção industrial a partir da nano escala.

¹²¹ COELHO, Margarida C.; TORRÃO, Guilhermina; EMAMI, Nazanin; GRÁCIO, José. Nanotechnology in Automotive Industry: Research Strategy and Trends for the Future – Small Objects, Big Impacts. **Journal of Nanoscience and Nanotechnology**. v. 12, 1-10, 2012, p. 06.

¹²² COELHO, Margarida C.; TORRÃO, Guilhermina; EMAMI, Nazanin; GRÁCIO, José. Nanotechnology in Automotive Industry: Research Strategy and Trends for the Future – Small Objects, Big Impacts. **Journal of Nanoscience and Nanotechnology**. v. 12, 1-10, 2012, p. 06.

| | |
|------|---|
| | (AFM), também pelos pesquisadores da IBM, Gerd Binnig e Henrich Röhrer |
| 1996 | Richard Smalley desenvolve um método de produção de nanotubos de diâmetros uniformes |
| 1997 | A primeira empresa em nanotecnologia é criada – a Zyvex |
| 1997 | Primeiro dispositivo nanomecânico baseado na estrutura da molécula de DNA é criado por Ned Seeman |
| 1999 | Os cientistas Mark Reed e James M. Tour criam um interruptor (chave) do “computador molecular” usando uma única molécula |
| 2000 | Pesquisadores da Universidade de Rice desenvolveram métodos de transformação de nanotubos de carbono em estruturas rígidas multicomponentes |
| 2001 | Pesquisadores da IBM desenvolvem métodos para o crescimento de nanotubos |

Fonte: DURÁN, Nelson et al.¹²³

Sobre as possibilidades futuras para o uso da nanotecnologia, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA publicou estudo intitulado “Megatendências Mundiais 2030: o que entidades e personalidades internacionais pensam sobre o futuro do mundo?” que levantou 4 (quatro) megatendências, dentre as quais está o “crescimento dos investimentos e aplicação no campo da nanotecnologia e biotecnologia”¹²⁴. As “sementes de futuro” relacionadas a esta megatendência, nos exatos termos da pesquisa, são:

Quadro 5 – O Futuro da Nanotecnologia

| | |
|--|--|
| | Até 2030, manutenção da revolução tecnológica, integrando a biotecnologia, a nanotecnologia, as TIC e as tecnologias dos materiais em ritmo acelerado (tendência). |
| | Até 2030, manutenção dos avanços e aplicações tecnológicas no campo da engenharia dos materiais, principalmente nos setores eletrônicos, construção de aeronaves, automóveis e construção civil (tendência). |
| | Os biomateriais de alta funcionalidade serão desenvolvidos e estarão no mercado até 2030? |

¹²³ DURÁN, Nelson; MATTOSO, Luiz Henrique Capparelli; MORAIS, Paulo Cezar de. **Nanotecnologia: Introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação**. São Paulo: Artliber Editora, 2006, p. 18.

¹²⁴ MEGATENDÊNCIAS mundiais 2030: o que entidades e personalidades internacionais pensam sobre o futuro do mundo?: contribuição para um debate de longo prazo para o Brasil / organizadora: Elaine C. Marcial. – Brasília, DF: Ipea, 2015, p. 110. Disponível em <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/151013_megatendencias_mundiais_2030.pdf> Acesso em 06 set. 2017.

| | |
|--|---|
| Crescimento dos investimentos e aplicação no campo da nanotecnologia e biotecnologia | (Incerteza). |
| | Até 2030, manutenção dos avanços e aplicações no campo da nanotecnologia com propriedades melhoradas dos materiais, principalmente para usos em dispositivos computacionais de saúde, para monitoramento humano, liberação controlada de fármacos e próteses robóticas; revestimento e embalagens e monitoramento do meio ambiente (tendência). |
| | Desenvolvimento de embalagem inteligente para alimentos e bebidas com base em nanotecnologia, até 2030 (surpresa inevitável). |

Fonte: MEGATENDÊNCIAS...¹²⁵

3.2 O Ciclo de Vida dos Nanomateriais

Para que se possa, verdadeiramente, preservar os seres humanos e o meio ambiente dos efeitos deletérios que porventura venham a ser ou já tenham sido introduzidos por produtos fabricados a partir da nanotecnologia, primordial que esta preservação ocorra durante todo o ciclo de vida dos nanomateriais, sob pena de responsabilização de todos os envolvidos na sua cadeia produtiva.

A responsabilidade compartilhada entre fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e até entre o Poder Público, durante todo o ciclo de vida dos produtos expostos ao consumo, foi implantada pela Lei 12.305/2010, conhecida como Lei de Política Nacional de Resíduos Sólidos, que assim estabeleceu:

Art. 30. É instituída a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a ser implementada de forma individualizada e encadeada, abrangendo os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos

¹²⁵ MEGATENDÊNCIAS mundiais 2030: o que entidades e personalidades internacionais pensam sobre o futuro do mundo?: contribuição para um debate de longo prazo para o Brasil / organizadora: Elaine C. Marcial. – Brasília: Ipea, 2015, p. 110. Disponível em <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/151013_megatendencias_mundiais_2030.pdf> Acesso em 06 set. 2017.

de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, consoante as atribuições e procedimentos previstos nesta Seção.¹²⁶

Neste sentido, a norma prevê que ao longo das etapas que se seguem desde a concepção do produto, como desenvolvimento, obtenção de matérias-primas e insumos, consumo, descarte e logística reversa, haverá responsabilidade de todos e até mesmo do consumidor, no que pertine ao modo como segrega e desfaz-se dos resíduos que produz. Esta concepção contempla precisamente o que assevera José Rubens Morato Leite ao advertir que:

A tarefa de atuar preventivamente deve ser vista como uma responsabilidade compartilhada, exigindo a atuação de todos os setores da sociedade, cabendo ao Estado criar instrumentos normativos e política ambiental preventiva [...]. Outrossim, cabe a todos os cidadãos o dever de participar, de forma proativa, influir nas políticas ambientais, evitar comportamentos nocivos ao ambiente e aditar outras medidas preventivas, visando a não prejudicar o direito ao meio ambiente saudável.¹²⁷

Nesta senda, percebe-se que a atuação preventiva que deve haver em relação aos aspectos nocivos ao meio ambiente, por afetar a todos os cidadãos, deve ser, de todos, objeto de responsabilidade, eis que ações profiláticas e conscientes beneficiarão à coletividade presente e futuramente. Cabe, outrossim, ao Estado, a criação de mecanismos que estimulem e promovam este comportamento.

Além disso, incontroverso tenha a Lei 12.305/2010, como uma de suas finalidades, concretizar um dos princípios da atividade econômica elencados na Constituição Federal de 1988, precisamente no artigo 170, inciso IV, o qual determina:

Art. 170. A ordem econômica, fundada na valorização do trabalho humano e na livre iniciativa, tem por fim assegurar a todos existência digna, conforme os ditames da justiça social, observados os seguintes princípios:

¹²⁶ BRASIL. **Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em 22 fev. 2017.

¹²⁷ LEITE, José Rubens Morato. **Direito Constitucional ambiental brasileiro**. José Gomes Canotilho, José Rubens Morato Leite, organizadores. 3. ed. rev. São Paulo: Saraiva, 2010, p. 195.

VI – defesa do meio ambiente, inclusive mediante tratamento diferenciado conforme o impacto ambiental dos produtos e serviços e de seus processos de elaboração e prestação.¹²⁸

De igual maneira, incontestemente tenha como fulcro corporificar as disposições da Lei Maior sobre a proteção ao meio ambiente, como a que apresenta o artigo 225 nos seguintes termos:

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.¹²⁹

Não obstante o louvável objetivo, o que se tem verificado é, lamentavelmente, uma expressiva falta de recursos financeiros e de corpo técnico por parte dos municípios, os quais, segundo a Lei, são competentes para gerir e implantar os métodos a serem executados em seu território no que tange ao compartilhamento da responsabilidade, bem como à destinação dada para os resíduos produzidos dentre as suas fronteiras e as formas de fazê-lo.

A insuficiência dos municípios tem se constituído em óbice que perdura e impede torne-se realidade as disposições do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, o qual é oriundo do já antigo Projeto de Lei Nº 354 de 27 de outubro de 1989. Até a primeira metade do ano corrente, quase três mil municípios e o Distrito Federal ainda não haviam conseguido cumprir as determinações¹³⁰.

Especialistas apontam que a Lei 12.305/2010 também não foi clara ao dispor da responsabilidade de cada ente, não havendo consenso neste sentido, nem capacidade de gestão do Poder Público para organizá-lo, o que mais uma vez tende a postergar o cumprimento da norma¹³¹. Assim mesmo, especula-se que dentre

¹²⁸ BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm>. Acesso em 01 jul. 2017.

¹²⁹ Idem.

¹³⁰ POLÍTICA Nacional do Eterno Adiamento. **Instituto Humanitas UNISINOS**, São Leopoldo, 15 de julho de 2015. Disponível em <<http://www.ihu.unisinos.br/noticias/544615-politica-nacional-do-eterno-adiamento>>. Acesso em 22 fev. 2017.

¹³¹ “Política Nacional de Resíduos Sólidos. Logística Reversa e Responsabilidade Compartilhada”. Entrevista com Dan Moche Schneider e Diogo Tunes Alvares da Silva. [20 março 2013]. **Instituto Humanitas UNISINOS**, São Leopoldo, 20 de março de 2013. Disponível em <<http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/518595-politica-nacional-de-residuos-solidos-cada-elo-defende-seus-interesse-s-entrevista-especial-com-dan-moche-schneider-e-diogo-tunes-alvares-da-silva>>. Acesso em 12 jan. 2017.

outros motivos, como o de enfrentar a precariedade e a informalidade na qual vivem os catadores de materiais recicláveis, a racionalidade da lei 12.305/2010 repercutiu de uma necessidade verificada após a vertiginosa multiplicidade de novas tecnologias que passaram a preocupar pelo modo como eram descartadas junto à natureza, assiduamente de maneira incorreta, o que poderia, inclusive, prejudicar o já arriscado trabalho dos catadores.

O certo é que materiais nanoestruturados não poderiam ser simplesmente encaminhados à reciclagem como os demais e nem deixados à margem da logística reversa. Deveriam, pois, ter seu descarte planejado e controlado, segundo a coerência legislativa, por todos aqueles que participaram de seu processo de produção e, portanto, maximizaram seus lucros, e até mesmo por aqueles que usufruíram da utilidade destes itens, como os consumidores. Evidentemente, trata-se este de um plano ideal.

Com base em todo aparato que está sendo produzido por meio da nanotecnologia, de se esperar um alto volume de resíduos tóxicos que serão descartados na natureza, cuja forma inadequada poderá até mesmo alterar os biosistemas:

está cada vez mais evidente que a redução do tamanho dos materiais leva ao surgimento de novas propriedades físicas e químicas, devido ao aparecimento de efeitos quânticos de tamanho e fenômenos de superfícies (6; 7). Ou seja, um material com seu tamanho reduzido à escala nanométrica pode apresentar propriedades eletrônicas, mecânicas e térmicas diferentes quando em seu estado microscópico (sólido estendido ou *bulk*)¹³²

Neste passo e de acordo com o que já se esposou, os materiais nanotecnologicamente modificados, apresentam comportamento diferente daquele já conhecido pela ciência. Ao certo, ainda não existem estudos suficientes, em especial que versem sobre nanotoxicidade, capazes de detalhar este comportamento e qual seu impacto junto aos organismos vivos. O que se sabe, entretanto, é que as propriedades destes materiais costumam ser potencializadas em escala nanométrica. Efeitos potencializados podem também intensificar a

¹³² MARTINEZ, Diego Stéfani Teodoro; ALVES, Osvaldo Luiz. Interação de nanomateriais com biosistemas e a nanotoxicologia: na direção de uma regulamentação. **Scientific Electronic Library Online – Scielo**. Ciência e Cultura. São Paulo, jul. 2013. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252013000300012&script=sci_arttext>. Acesso em 01 jul. 2017.

destruição, quiçá em larga escala, de maneira nunca antes vista. Daí a premência em tratar-se da logística reversa e da responsabilização conjunta dos agentes econômicos envolvidos, eis que:

a nanotoxicidade surge na medida em que diversificados nanomateriais são sintetizados, manipulados e descartados em diferentes ambientes, sejam naturais, urbanos ou industriais, sem o devido controle e regulamentação. Alguns motivos para atenção e cautela com os nanomateriais são: a) crescente produção industrial (aumento do risco de exposição); b) elevada área superficial devido tamanho nanométrico (alta reatividade química); c) enorme diversidade composicional e estrutural (sínteses, preparações, modificações, funcionalizações, heterogeneidade e impurezas); d) ensaios toxicológicos tradicionais não estão adaptados e padronizados para nanomateriais.¹³³

A nanotoxicidade, portanto, é um temeroso exemplo de risco do desenvolvimento que poderá emergir do descarte incorreto dos materiais junto ao meio ambiente, seja ele urbano ou industrial. Urge, por conseguinte, sejam implantados sistemas de controle, regulamentação e fiscalização pertinazes no sentido de refrear, o quanto antes, o avanço e a difusão dos efeitos tóxicos eventualmente lançados pelas nanopartículas¹³⁴.

Por isso, há que se considerar, em que pese os percalços da implementação, a instituição da responsabilidade compartilhada, cujo principal atributo é obrigar a maior cautela na elaboração e no descarte dos materiais, dada a possibilidade sancionatória que percorrerá toda a vida útil dos produtos.

Ademais, não se desconhece do fomento, sobretudo em função da escassez de recursos naturais – instado pelo Poder Público e por algumas mídias – ao emprego de tecnologias de produção “limpa” em meio às indústrias e etc¹³⁵. Isto

¹³³ MARTINEZ, Diego Stéfani Teodoro; ALVES, Osvaldo Luiz. Interação de nanomateriais com biosistemas e a nanotoxicologia: na direção de uma regulamentação. **Scientific Electronic Library Online – Scielo**. Ciência e Cultura. São Paulo, jul. 2013. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252013000300012&script=sci_arttext>. Acesso em 01 jul. 2017.

¹³⁴ “É importante mencionar que a presença dos nanomateriais no ambiente não significa que haverá sempre a manifestação e observação de efeitos adversos ou nocivos (tóxicos) a ele associados.” MARTINEZ, Diego Stéfani Teodoro; ALVES, Osvaldo Luiz. Interação de nanomateriais com biosistemas e a nanotoxicologia: na direção de uma regulamentação. **Scientific Electronic Library Online – Scielo**. Ciência e Cultura. São Paulo, jul. 2013. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252013000300012&script=sci_arttext>. Acesso em 01 jul. 2017.

¹³⁵ WILLERS, Camila Daniele; RODRIGUES, Luciano Brito; SILVA, Cristiano Alves da. **Avaliação do ciclo de vida no Brasil: uma investigação nas principais bases científicas nacionais**.

trouxe às empresas demanda crescente por métodos que possam avaliar as consequências ambientais de suas decisões no processo de produção¹³⁶. No entanto, esta não é tarefa simples. Foi preciso o desenvolvimento de critérios comuns para comparação, bem como para criação de abordagem completa daquilo que passou a ser chamado “ciclo de vida” do produto.¹³⁷ Trata-se, pois, de uma abordagem “do berço ao túmulo”, que avalia os sistemas de produção.¹³⁸

Esta avaliação foi padronizada pela *International Organization for Standardization* (ISO), que elaborou a ISO 14040 sobre a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), no Brasil publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.¹³⁹ No caso da nanotecnologia, deve ser destacado o trabalho da ABNT/CEE-089 - *Comissão de Estudo Especial de Nanotecnologia*¹⁴⁰, que acompanha as discussões sobre a normalização da nanotecnologia por parte da ISO. Chama a atenção que nesta página da ABNT não se encontra nenhuma publicação ou evidência de trabalho produzido por esta Comissão de Estudo Especial.

No caso dos nanomateriais, há uma complexidade maior em se avaliar os riscos potenciais, em função de que há pouco conhecimento acerca das rotas de exposição das nanopartículas e seu respectivo impacto. Quanto à emissão de nanopartículas, existem duas fontes: naturais e antrópicas. As fontes naturais referem-se a materiais como o sal marinho e a poeira vulcânica. Já as fontes antrópicas decorrem de ação humana e, assim, inserem-se nos processos industriais e queima de combustível fóssil, por exemplo¹⁴¹. As nanopartículas provenientes de fontes antrópicas subdividem-se em engenheiradas, ou seja, manufaturadas para incorporação em materiais (nanocompósitos e nanomateriais em geral) e em não-engenheiradas, as quais provêm principalmente da queima de combustíveis fósseis¹⁴².

Scientific Eletronic Library Online – Scielo, Itapetininga, BA, n. 2, v. 23, abr./jun. 2013. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/prod/v23n2/aop_t6_0009_0533.pdf>. Acesso em 01 jul. 2017.

¹³⁶ Idem.

¹³⁷ Idem

¹³⁸ Idem.

¹³⁹ Idem.

¹⁴⁰ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT/CEE – 089 – Comissão de Estudo Especial de Nanotecnologia. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/cee-89>> Acesso em 26 ago. 2017.

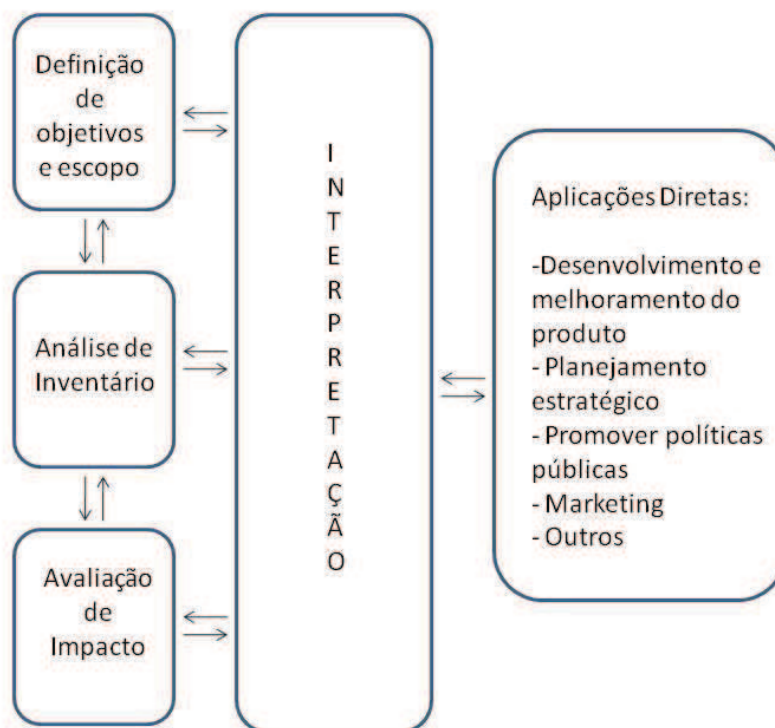
¹⁴¹ PASCHOALINO, Matheus P.; MARCONE, Glauciene P. S.; JARDIM, Wilson F.. Os nanomateriais e a questão ambiental. **Scientific Eletronic Library Online – Scielo**. Quím. Nova, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 421-430, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422010000200033&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 17 mar. 2017.

¹⁴² Idem.

As nanopartículas engenheiradas, com efeito, constituem-se na principal fonte de aporte destes materiais no meio ambiente, pelo que se deve conferir especial atenção ao processo de manufatura, transporte, armazenamento e descarte, dada a predisposição existente em todas estas etapas à propagação de fragmentos nanotecnológicos através de contato direto ou indireto com nanomateriais¹⁴³.

O quadro abaixo mostra a avaliação do ciclo de vida para produtos a serem comercializados, de acordo com a ISO 14040: 2006:

Quadro 6 – Estágios da Avaliação do Ciclo de vida



Fonte: BUENO, Carolina de Castro; JESUS, Katia Regina Evaristo de.¹⁴⁴

Ademais, procurando formular regulamentação para os nanomateriais, a Agência de Proteção Ambiental Americana – US EPA, buscou classificá-los como

¹⁴³ PASCHOALINO, Matheus P.; MARCONE, Glauciene P. S.; JARDIM, Wilson F.. Os nanomateriais e a questão ambiental. **Scientific Electronic Library Online – Scielo**. Quím. Nova, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 421-430, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422010000200033&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 17 mar. 2017.

¹⁴⁴ BUENO, Carolina de Castro; JESUS, Katia Regina Evaristo de. **Emprego e adaptação do método GMP-RAM para avaliação dos riscos das nanotecnologias**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, n. 62, dez. 2011. Disponível em <http://www.cnpma.embrapa.br/download/boletim_62.pdf>. Acesso em 01 jan. 2017.

“substâncias químicas emergentes”, incluindo-as, assim, no inventário da TSCA (*Toxic Substances Control Act*), caso venham a não se inserir no catálogo de substâncias químicas e até então conhecidas e avaliadas.¹⁴⁵ Na União Europeia, por meio da REACH CA. (*Registration, Evaluation, Authorisation & restriction of Chemicals Competent Authorities*) também há um subgrupo de trabalho que tem como finalidade regulamentar a manufatura, importação, comercialização e o uso de nanomateriais, no intento de evitar impactos sociais negativos. Desta maneira, “o sistema REACH abrange as etapas de registro, avaliação, autorização e restrições para a comercialização de uma substância em nanoescala, seja ela constituinte minoritário de uma matriz ou presente como componente majoritário”.¹⁴⁶

Oportuno referir os apontamentos do *Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks*¹⁴⁷:

Embora metodologias de avaliação de riscos para a avaliação dos riscos potenciais das substâncias e materiais convencionais para o homem e para o ambiente sejam amplamente utilizadas e geralmente aplicáveis aos nanomateriais, os aspectos específicos relacionados com os nanomateriais ainda carecem de maior desenvolvimento. Isto irá continuar a acontecer até que a informação científica disponível seja suficiente para caracterizar os efeitos nocivos dos nanomateriais sobre o homem e o ambiente. A metodologia para estimativas de exposição e identificação de perigo precisa ser desenvolvida, validada e normalizada. O maior risco e, portanto, preocupação, é considerada como sendo associada à presença ou ocorrência de partículas livres insolúveis (não vinculados) em uma solução líquida ou partículas aerotransportadas¹⁴⁸.

Assim, faz-se necessário o aprimoramento das informações científicas, que validadas, poderão ser corretamente normatizadas, combatendo os riscos que da

¹⁴⁵ PASCHOALINO, Matheus P.; MARCONE, Glauciene P. S.; JARDIM, Wilson F.. Os nanomateriais e a questão ambiental. **Scientific Eletronic Library Online – Scielo**. Quím. Nova, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 421-430, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422010000200033&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 17 mar. 2017.

¹⁴⁶ Idem.

¹⁴⁷ RISK Assessment of Products of Nanotechnologies. **Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks – SCENIHR**. European Commission. 19 jan. 2009. Disponível em: <http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/scenihr_o_023.pdf>. Acesso em 21 mar. 2017.

¹⁴⁸ BUENO, Carolina de Castro; JESUS, Katia Regina Evaristo de. **Emprego e adaptação do método GMP-RAM para avaliação dos riscos das nanotecnologias**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, n. 62, dez. 2011. Disponível em <http://www.cnpma.embrapa.br/download/boletim_62.pdf>. Acesso em 01 jan. 2017.

exposição às partículas livres possam emanar, tendo em vista a sua capacidade de, até mesmo, serem transportadas pelo ar.

A ISO/TC 229 (ISO/Technical Committee) procurou padronizar três aspectos fundamentais para a certificação de nanomateriais, sendo eles: a) terminologia e nomenclatura, b) caracterização e c) avaliação de risco sobre saúde, segurança e ambiente¹⁴⁹. Este trabalho, segundo Matheus Paschoalino

envolve um conjunto de ações e metas para viabilizar, através de grupos de trabalho representados por órgãos de metrologia e padronização de 36 países, a elaboração de protocolos padrão no período de 2005 a 2010 referentes aos três aspectos citados anteriormente. A ISO/TC 229 tem como um dos principais desafios uniformizar as definições acerca do tema nanotecnologia e afins, de modo que as transações comerciais sejam as mais transparentes possíveis. Além disso, pretende estabelecer métodos precisos para a medição das propriedades dos nanomateriais, de modo que seja avaliada a qualidade do processo de produção, bem como estabelecer protocolos de utilização pelo consumidor. Participam efetivamente da ISO/TC 229 20 países cada um com a sua representação específica, dentre eles Japão, Coreia, Estados Unidos e Brasil, cujo órgão responsável é o INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial). Outros 8 países, incluindo Argentina e Venezuela, participam como observadores.

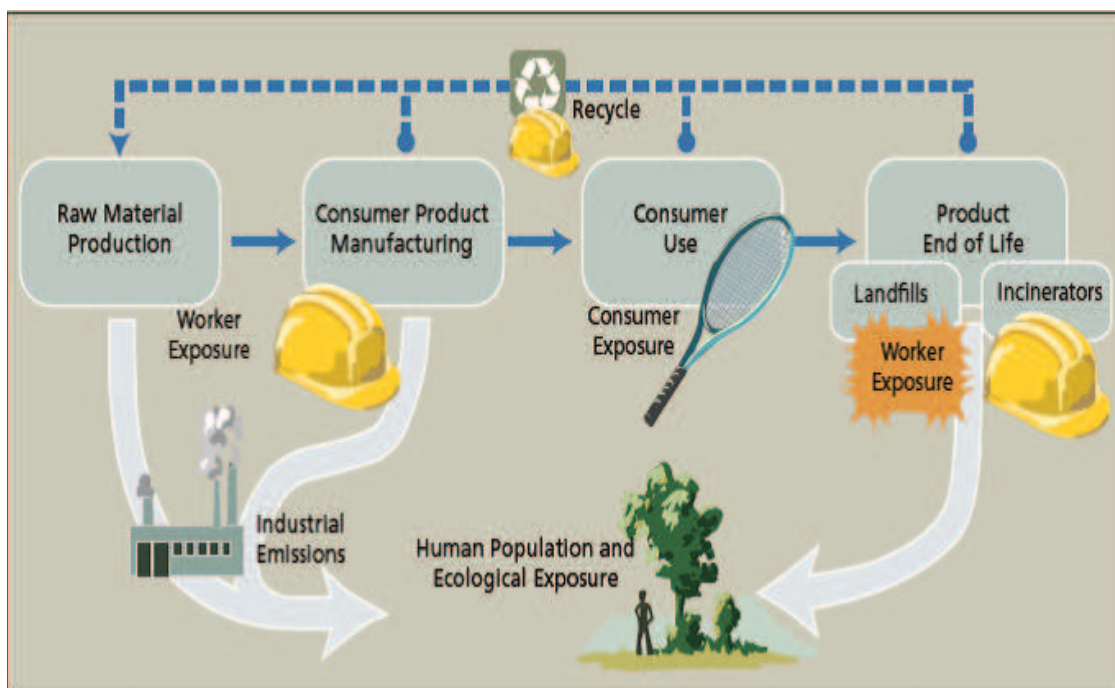
De se destacar que se trata de um trabalho de pesquisa elaborado entre 36 países para a confecção de protocolos que padronizarão a terminologia, características e riscos dos nanomateriais, tendo como um dos nortes a transparência nas transações comerciais, inclusive com a elaboração de protocolos de utilização pelo consumidor.

Para melhor conhecimento destes riscos, inicialmente, mostra-se relevante mapeá-los, visualizando-se onde eles estão alocados mais exatamente. A avaliação do ciclo de vida destas partículas é uma poderosa ferramenta utilizada para esta finalidade, na medida em que buscará identificar seu curso. Desta forma, poder-se-á mais detidamente analisar o grau de exposição do meio ambiente e do ser humano à uma provável ameaça e isto converge e contribui naturalmente para a redução desta, desde que, a partir da sua identificação, sejam implementadas maneiras de amenizá-la. Abaixo colaciona-se figura construída pela Agência de Proteção

¹⁴⁹ PASCHOALINO, Matheus P.; MARCONE, Glauciene P. S.; JARDIM, Wilson F.. Os nanomateriais e a questão ambiental. **Scientific Eletronic Library Online – Scielo**. Quím. Nova, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 421-430, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422010000200033&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 17 mar. 2017.

Ambiental dos Estados Unidos, que considera as fases de produção, exploração e despejo, ou reciclagem. Ou seja, o percurso desde a extração até o fim da vida útil de uma nanopartícula:

Figura 2 – Ciclo de Vida das Nanopartículas



Fonte: THE LIFE...¹⁵⁰

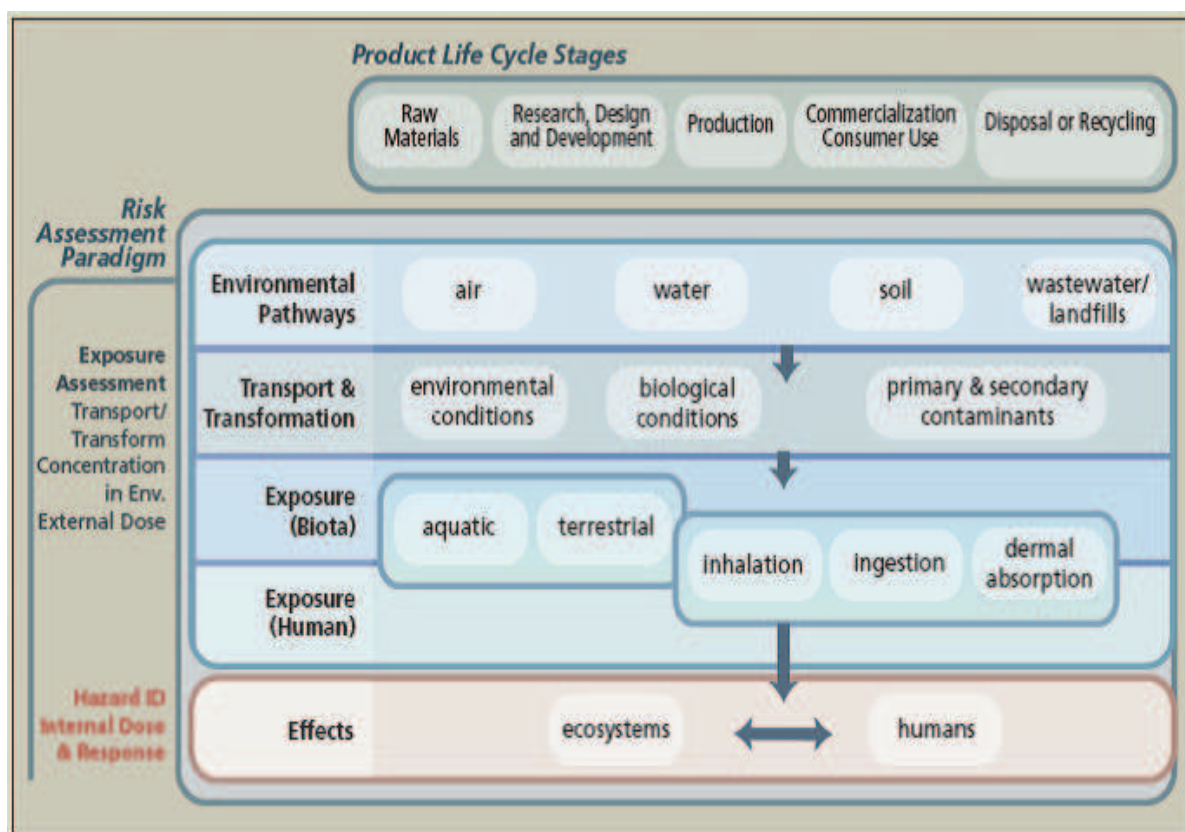
Na figura acima enfatiza-se a exposição do trabalhador, que está presente tanto no início quanto no fim da vida útil, mas também expõe-se o quanto toda a sociedade está envolvida, tem e permanecerá tendo contato com nanopartículas, e assim seria ainda que não consumisse diretamente materiais com elas produzidos, eis que as emissões industriais também as despejam pelo ar e não se sabe até que

¹⁵⁰ THE LIFE cycle perspective on risk assessment. Life cycle assessment is a comprehensive way to evaluate a nanomaterial and/or nanotechnology-enabled product at each step on product development, use, and disposal. This approach allow scientists, industry, and interested stakeholders to identify when a worker might be exposed to a nanomaterial (shown here as yellow hard hats). Where industrial emissions should be evaluated (lower left figure), and where in the life cycle consumers and the general public might experience an exposure. (tradução nossa: A perspectiva do ciclo de vida na avaliação de risco. A avaliação do ciclo de vida é uma forma abrangente de avaliar um produto nanomaterial e / ou nanotecnologia habilitado em cada etapa no desenvolvimento, uso e disposição do produto. Essa abordagem permite que os cientistas, a indústria e os interessados interessados identifiquem quando um trabalhador pode estar exposto a um nanomaterial - mostrado aqui em amarelo. Onde as emissões industriais devem ser avaliadas - figura inferior esquerda - e onde, no ciclo de vida, os consumidores e o público em geral possam experimentar uma exposição). EPA 100/807/001, February 2007, <http://epa.gov/osa>. NR Fuller of Sayo-Art provided revised image graphics in **KEY Concepts in the 2011 National Nanotechnology Initiative**: Environmental, Health, and Safety Research Strategy. Disponível em <https://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/2011_brochure_ehsresearchstrategy.pdf> Acesso em 20 mai 2017.

ponto os próprios itens já produzidos a partir da manipulação nanotecnológica podem desprender-se e dispersar-se pela atmosfera.

A imagem a seguir mostrará o risco em função da integração com diversos fatores externos e de acordo com todas as etapas do ciclo de vida dos nanoproductos.

Quadro 7 – Riscos da Exposição Ambiental e Humana



Fonte: THE RISK...¹⁵¹

A figura acima mostra, primeiramente, as etapas do ciclo de vida do produto, compreendendo matéria prima, projeto e desenvolvimento de pesquisa, produção, comercialização, uso pelo consumidor e eliminação ou reciclagem.

¹⁵¹ THE RISK assessment paradigm combined with nanomaterial life cycle stages incorporates the key risk assessment components – exposure assessment, hazard identification, and dose-response (left-hand column) – with nanomaterial life cycle stages – from raw materials through commercialization and end of product life (across the top) and the environmental exposure – effects pathways. (tradução nossa: O paradigma de avaliação de risco combinado com os estágios do ciclo de vida dos nanomateriais incorpora os principais componentes da avaliação de risco - avaliação da exposição, identificação do perigo e dose-resposta [coluna da esquerda] - com estágios do ciclo de vida dos nanomateriais - das matérias-primas através da comercialização e final da vida do produto [em cima do topo] e a exposição ambiental - vias de efeitos). NEHI and N.R. Fuller of Sayo-Art in **KEY Concepts in the 2011 National Nanotechnology Initiative: Environmental, Health, and Safety Research Strategy**. Disponível em <https://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/2011_brochure_ehsresearchstrategy.pdf> Acesso em 20 mai 2017.

Subsequentemente, aponta o paradigma de avaliação do risco, através da averiguação da exposição humana e ambiental. Traz o percurso ambiental através do ar, da água, do solo e das águas residuais ou aterros sanitários. O transporte e possível contaminação primária e secundária. A exposição ambiental do meio aquático e terrestre que pode culminar na exposição humana e ecossistêmica, concomitantemente, causando efeitos recíprocos.

Vislumbra-se, pois, que longe de qualquer dúvida está o fato de que o ecossistema e os humanos sofrerão os efeitos desta exposição, seja pela inalação, pela ingestão ou pela absorção dérmica, em função do inevitável contato que farão as nanopartículas ao longo do seu ciclo de vida, com a água, com o ar e com o solo.

3.3 Critérios da Responsabilidade

O primeiro dado relevante ao se tratar da responsabilidade nanotecnológica é que não há regulamentação específica quanto ao tema na legislação brasileira. Entrementes, debates legislativos já foram iniciados, uma vez que tramitam no Congresso Nacional o Projeto de Lei nº 5133/2013 e o Projeto de Lei nº 6741/2013¹⁵².

Na Assembleia Legislativa do Rio Grande do Sul, igualmente, tramita o Projeto de Lei nº 19/2014¹⁵³, que trata essencialmente da obrigatoriedade e regulamentação de rotulagem dos produtos constituídos através de tecnologia nano. Da mesma forma, está em curso na Assembleia Legislativa de São Paulo o Projeto de Lei nº 1456/2015, que tem como fulcro tornar obrigatória a rotulagem de produtos de nanotecnologia e de produtos que dela fazem uso¹⁵⁴.

Oportunamente, interessante referir que informar quanto a existência de nanotecnologia na composição dos produtos nos rótulos dos mesmos integra uma percepção e clamor internacional, no sentido de firmar-se regulamento sobre o tema em todos os países. É o que propala o *Center For Food Safety* (CFS), organização

¹⁵² O atual presidente da Câmara dos Deputados, Rodrigo Maia, criou Comissão Especial destinada a proferir parecer ao Projeto de Lei nº 5.133, de 2013, em 05 de abril de 2017. Os autos do Projeto de Lei nº 6.741/2013 foram apensados ao Projeto de Lei nº 5.133/2013. Disponível em <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=567257>> Acesso em 18 ago 2017.

¹⁵³ JUSTIFICATIVA PL 19 de 2014. Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br/legislativo/ExibeProposicao/tabid/325/SiglaTipo/PL/NroProposicao/19/AnoProposicao/2014/Origem/Px/Default.aspx>>. Acesso em 20 abr. 2017.

¹⁵⁴ Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. Disponível em <<http://www.al.sp.gov.br/propositura/?id=1286924>> Acesso em 18 de ago. 2017.

sem fins lucrativos que trabalha na defesa do meio ambiente natural, de trabalho e da saúde humana, por exemplo, ao citar que “regulations must require labeling of nanomaterials from which consumers can be exposed”¹⁵⁵.

O Projeto¹⁵⁶ faz referência ao fato de que crescem os investimentos na área, que se mostra demasiadamente promissora. Seguindo a lógica capitalista, corre o risco de concentrar seu potencial econômico entre poucas grandes corporações, dada a ascensão da procura por patentes. Ainda refere da ausência de estudos acerca do impacto, além da ausência de informação e controle dos nanoprodutos vendidos, o que pode acarretar na contaminação do solo e dos lençóis freáticos. Considerando o artigo 5º, XIV da Constituição Federal, a proposta tem o condão de permitir a sociedade que conheça os riscos aos quais se expõe.

No que tange à maneira como as informações são transmitidas ao público consumidor, Anita Makri argumenta, em artigo publicado na Revista Nature¹⁵⁷, que a forma utilizada pela ciência para comunicar a mídia popular, não raras vezes, deixa o público vulnerável a falsas certezas. O cuidado com a publicação de informações incompletas é um dos pontos para os quais atenta a escritora¹⁵⁸, no sentido de que tal procedimento faz com que se perca a credibilidade diante do público. Afirma que cientistas, comunicadores, instituições e financiadores devem trabalhar para mudar a maneira como a ciência socialmente relevante é apresentada para a sociedade¹⁵⁹. Grande parte do que o público consumidor conhece em termos de inovação científica causa-lhe admiração; os potenciais consumidores sentem-se extasiados com tantas possibilidades ou diante das respostas a grandes questões existenciais proporcionadas¹⁶⁰. Trata-se de uma ciência vendível, familiar¹⁶¹. Entretanto, os cientistas podem influenciar o que está sendo apresentado¹⁶². E, ainda que não

¹⁵⁵ Tradução nossa: “Os regulamentos devem exigir a rotulagem de nanomateriais a que podem os consumidores estar sendo expostos”. **ABOUT Nanotechnology**. Center For Food Safety. Disponível em <<http://www.centerforfoodsafety.org/issues/682/nanotechnology/about-nanotechnology>> Acesso em 01 jul. 2017.

¹⁵⁶ **ABOUT Nanotechnology**. Center For Food Safety. Disponível em <<http://www.centerforfoodsafety.org/issues/682/nanotechnology/about-nanotechnology>> Acesso em 01 jul. 2017.

¹⁵⁷ MAKRI, Anita. World view: a personal take on events. Give the public the tools to trust scientists. **Revista Nature**, de 19 jan. 2017. v. 541, p. 261.

¹⁵⁸ Idem.

¹⁵⁹ Idem.

¹⁶⁰ Idem.

¹⁶¹ Idem.

¹⁶² Idem.

tenham todas as respostas, a transparência pode ajudar mais do que prejudicar, de acordo com Makri¹⁶³.

Pensando-se sob o aspecto social, irrefutavelmente, a todos interessa a regulação. No entanto, ponderando-se de modo pragmático, não se pode obliterar que a regulação do Estado, frequentemente, resulta em maior dispêndio para as empresas, que passam a aumentar o seu rol de obrigações, tendo de adaptar suas atividades às novas exigências. Isto pode significar desestímulo para o desenvolvimento da nanociência, caso haja excessivo regramento da produção.

Talvez poucos hesitem em aquiescer quanto a conveniência da regulação. Trata-se de uma necessidade. Mas a partir de quais critérios? Qual o conhecimento dos legisladores sobre a sistemática da produção em escala nanométrica? O que percebem sobre os riscos potenciais que a nanotecnologia oferece? Como protegerão o organismo humano e o meio ambiente de um perigo desconhecido, de vez que nem mesmo dentre os cientistas há este conhecimento?

A consequência deste impasse pode colocar-se a partir das declarações de Fernando Galembeck, diretor do Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano), ao criticar o Projeto de Lei 6741/2013 em audiência pública conjunta das comissões de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável e de Ciência e Tecnologia, Comunicação e Informática da Câmara dos Deputados. Avaliou que “a legislação proposta é muito abrangente, ela é simplista. Ela põe num mesmo saco coisas muito diferentes e isso não pode dar certo”¹⁶⁴.

O projeto procura, pois, estatizar, na medida do possível, o desenvolvimento das pesquisas nanotecnológicas, eis que o controle passaria integralmente às mãos do Estado, que teria de autorizá-las. O projeto prevê multas por eventuais inconvenientes que chegam a 1,5 milhão. Segundo cientistas, trata-se de restrição à inovação.¹⁶⁵ Vislumbra-se que resta muito a ser debatido.

A despeito dos embargos do processo legislativo, alguns critérios norteadores do Direito são utilizados para que se possa obter reparação caso deflagradas falhas

¹⁶³ MAKRI, Anita. World view: a personal take on events. Give the public the tools to trust scientists. **Revista Nature**, de 19 jan. 2017. v. 541, p. 261.

¹⁶⁴ BRASIL, Emanuelle. Pesquisadores criticam projeto de regulamentação de nanotecnologia. **Câmara Notícias**. Brasília, DF, 25 jun. 2015. Disponível em <<http://www2.camara.leg.br/camara/noticias/noticias/CIENCIA-E-TECNOLOGIA/491084-REGULAMENTACAO-DE-PRODUTOS-CO-M-NANOTECNOLOGIA-DIVIDE-OPINIAO-DE-PESQUISADORES.html>>. Acesso em 01 jul. 2017.

¹⁶⁵ Idem.

que causem dano ao meio ambiente, ao consumidor ou a quaisquer agentes com quem as nanopartículas possam ter organicamente interagido, causando malefícios.

Neste prisma, nasce a primeira grande dificuldade: a comprovação denexo causal. Se até o momento não foi possível diagnosticar com precisão da toxicidade dos nanomateriais e seu potencial lesivo, por certo que a presença de nexo causal, como um dos elementos necessários à caracterização do dever de reparar, revelar-se-á uma prova diabólica e impossível de ser produzida na atual conjuntura.

A dificuldade é tamanha que, por certo, em um primeiro momento, sequer a relação entre uma anomalia e a ação de nanopartículas será, de imediato, assimilada e percebida por suas potenciais vítimas. As pesquisas são embrionárias e ainda não permitem esta relação com clareza. Trata-se, pois, do risco social das nanotecnologias, dada a problemática da associação entre doenças futuras e o trabalho com ou consumo de produtos à base de nanopartículas.

É por esta razão que Wilson Engelmann propõe critérios específicos a serem adotados neste particular, dispondo sobre a reponsabilidade civil para o futuro, com a flexibilização do nexo causal e/ou independente de dano.¹⁶⁶ Afere então que “no caso das pesquisas em escala nano, a responsabilidade civil será objetiva. No entanto, a configuração do nexo causal poderá ser dificultada, dado o ineditismo dos contornos das nanotecnologias”¹⁶⁷, o que justifica a flexibilização.

Notadamente, a responsabilidade advinda da manipulação nanotecnológica tem natureza objetiva, como já referido, não apenas em função da carga obrigacional imposta pelo artigo 931 do Código Civil, mas também em função de dispositivos como o artigo 927 caput e parágrafo único do Código Civil e artigo 12 do Código de Defesa do Consumidor.

Os avanços tecnológicos produzem grande quantidade de novos riscos e as leis não são produzidas da mesma forma efusiva que estes avanços, para que possam respaldá-los. O Direito costuma atrasar-se em relação às mudanças sociais. As lacunas legislativas, por vezes, são preenchidas a critério do juiz ou, ainda, através de portarias e normas internacionais criadas por órgãos nem sempre atrelados ao legislativo, mas que lhe usurpam essa tarefa, criando regras em função

¹⁶⁶ ENGELMANN, Wilson; BORJES, Isabel Cristina Porto; GOMES, Taís Ferraz. **Responsabilidade civil e nanotecnologias**. São Paulo: Atlas, 2014, p. 93.

¹⁶⁷ Idem, p. 98.

de demanda de mercado. É esta realidade que, imagina-se, encontrarão as controvérsias futuras que envolvam nanotecnologia.

Nos idos de 1897, Raymond Saleilles, jurista francês, revolucionou os conceitos de responsabilidade civil ao introduzir a teoria do risco, para tratar de problemas decorrentes de acidentes de trabalho.¹⁶⁸ Foi, no entanto, através de Louis Josserand, jurista francês, decano da Faculdade de Direito de Lyon até 1935 e coautor do projeto do Código de Obrigações e Contratos libaneses, quem melhor teceu seus contornos devido à sua inequívoca adesão à teoria que desta forma sintetizou¹⁶⁹:

Por essa concepção nova, quem cria um risco deve, se esse risco vem a verificar-se à custa de outrem, suportar as consequências, abstração feita a qualquer falta cometida. Assim, não é cometer uma falta criar, com autorização dos poderes públicos, um estabelecimento incômodo, insalubre ou perigoso, ruidoso ou pestilencial; entretanto, não é obrigado a indenizar os vizinhos, lesados pelo funcionamento desse estabelecimento, danos e juros? Não é cometer uma falta fazer uma companhia ferroviária transitar seus trens nos trilhos: ela obteve para esse fim uma concessão dos poderes públicos e realiza um serviço público: não obstante, se as trepidações dos trens comprometem a solidez das casas marginais, se o fumo das locomotivas enegrece uma lavanderia estabelecida precedentemente perto da via férrea, se as fagulhas das locomotivas ateam fogo às flores e às plantações, não será de toda justiça conceder uma reparação às vítimas desses prejuízos? “Qui casse les verres les paie” (quem cria um risco deve suportar a efetivação dele). Assim, o ponto de vista objetivo toma o lugar do ponto de vista subjetivo, e o risco toma o lugar da culpa, essa espécie de pecado jurídico.

É precisamente nesse contexto que se encontram as bases para a consolidação da responsabilidade nanotecnológica. Não se trata, pois, de barrar a evolução, mas de clarificar sobre o fato de que todo e qualquer dano que da nanotecnologia possa advir, deverá ser objetivamente reparado, pois não pode aquele que se beneficia e tem lucro com determinada atividade comercial estar imune ao dever de indenizar a quem esta atividade eventualmente prejudica. Saleilles referia que a revolução conduz a responsabilidade a novos destinos, eis

¹⁶⁸ MELO, Nehemias Domingos de. **Da culpa e do risco**: como fundamentos da responsabilidade civil. 2. ed. rev. atual e aumentada. São Paulo: Atlas, 2012, p. 28.

¹⁶⁹ JOSSERAND, Louis. **Evolução da responsabilidade civil**. Revista Forense 86. Ano XXXVIII. – Rio de Janeiro, abril de 1941, p. 556-557.

que a verdade de ontem não é mais a de hoje¹⁷⁰. E, conforme já se disse, as incertezas construirão a responsabilidade voltada para o futuro, um futuro que hoje sequer pode ser formulado mentalmente, mas que se sabe repleto de novos riscos produzidos pelo próprio homem.

Interessante perceber que a teoria do risco nasceu em meio às relações de trabalho, em função da dificuldade e da insuficiência de meios aos quais pudesse o empregado valer-se para provar a culpa do empregador¹⁷¹. Assim, após a Revolução Industrial, prosperou o pensamento de que a teoria subjetiva não mais era capaz de atender às necessidades das vítimas acidentadas em razão de suas atividades¹⁷². Arnaldo Rizzardo reporta-se ao tema nos seguintes termos:¹⁷³

No curso da Revolução Industrial, as injustiças sociais e a exploração do homem pelo homem levaram à inspiração de ideias de cunho social, favorecendo o aprofundamento e a expansão da teoria da responsabilidade objetiva, com vistas a atenuar os males decorrentes do trabalho e dar maior proteção às vítimas de doenças e da soberania do capital.

Ainda concernente à emergência da responsabilidade objetiva, Rizzardo acrescenta que¹⁷⁴

No século XIX esboçou-se o movimento jurídico contrário à fundamentação subjetiva da responsabilidade. Sentiu-se que a culpa não abarcava os numerosos casos que exigiam reparação. Não trazia solução para as várias situações excluídas do conceito de culpa. Foi a origem da teoria objetiva, que encontrou campo favorável na incipiente socialização do direito, em detrimento do individualismo incrustado nas instituições.

Percebe-se que, na atualidade, novamente, passamos por período de tal efervescência no progresso tecnológico, que não seria exagero inferir acerca da incapacidade atual da responsabilidade objetiva, de responder às futuras porfias estabelecidas pela nanotecnologia. A teoria do risco, para a proteção das vítimas que não dispunham de condições para, subtraiu destas a obrigatoriedade da comprovação de culpa, mantendo-a apenas no que diz respeito ao dano e à sua

¹⁷⁰ JOSSERAND, Louis. **Evolução da responsabilidade civil**. Revista Forense 86. Ano XXXVIII. – Rio de Janeiro, abril de 1941, p. 548.

¹⁷¹ MELO, Nehemias Domingos de. **Da culpa e do risco**: como fundamentos da responsabilidade civil. 2. ed. rev., atual e aumentada. São Paulo: Atlas, 2012, p. 29.

¹⁷² Idem.

¹⁷³ RIZZARDO, Arnaldo. **Responsabilidade Civil**. Rio de Janeiro: Forense, 2011, p. 30.

¹⁷⁴ Idem, p. 26.

relação com a atividade desempenhada. Ocorre que, presentemente, há que se transformar também em prova de caráter quase inacessível a que se refere ao nexo de causalidade, ou seja, a prova da relação do dano com a atividade, com o produto consumido ou com a substância com a qual se teve contato. Nos dizeres Rizzardo “a relação verificada entre determinado fato, o prejuízo e um sujeito provocador”¹⁷⁵. Isto porque a nanotecnologia atua de forma não perceptível aos sentidos humanos, o que coloca a todos em uma situação de completa vulnerabilidade frente aos seus circunstanciais efeitos.

Por este ângulo, Nehemias Domingos de Melo expende¹⁷⁶:

Constatado que **determinadas atividades geridas pelo homem oferecem uma probabilidade de riscos a terceiros**, vindo a representar um perigo de dano, **justifica-se que, no campo da responsabilidade civil, seja dado um tratamento jurídico diferenciado para essas atividades**. Assim, atividades potencialmente perigosas, tais como manuseio de armas e explosivos, energia nuclear, exploração de minas, enfim, **atividades que oferecem grandes probabilidades de risco para a saúde e para a integridade físico-psíquica das pessoas**, em especial dos operários que nelas trabalham, **devem ter tratamento diferenciado, no que diz respeito ao campo da responsabilidade civil**. Nessas circunstâncias, **aqueles que desenvolvem atividades potencialmente perigosas devem acautelar-se** para que a atividade não venha a causar danos a outrem, porquanto se ocorrerem, **não poderão se escusar do dever indenizatório**, argumentando simplesmente a inexistência de culpa, pois, conforme tese esposada acima, **sua responsabilidade será objetiva**. (grifo nosso).

Uma vez que a nanotecnologia versa sobre atividade que conduz a uma série de novos riscos, pois, nas palavras de Beatriz María Díaz-Soler et al¹⁷⁷:

Alongside the benefits, the use of nanotechnology throws up a series of new challenges and risks. Due to the rapid progress of nanotechnology, engineered nanomaterials (ENMs) will increasingly come into contact with biological systems in the human body.

¹⁷⁵ RIZZARDO, Arnaldo. **Responsabilidade Civil**. Rio de Janeiro: Forense, 2009, p. 71.

¹⁷⁶ MELO, Nehemias Domingos de. **Da culpa e do risco: como fundamentos da responsabilidade civil**. 2ª ed. rev., atual e aumentada. São Paulo: Atlas, 2012, p. 30.

¹⁷⁷ Tradução nossa: Paralelamente aos benefícios, o uso da nanotecnologia traz uma série de novos desafios e riscos. Devido ao rápido progresso da nanotecnologia, os nanomateriais de engenharia (ENMs) entrarão cada vez mais em contato com sistemas biológicos no corpo humano. DÍAZ-SOLER, Beatriz María; LÓPEZ-ALONSO, Mónica; MARTÍNEZ-AIRES, María Dolores. Nanosafety practices: results from a national survey at research facilities. **Journal of Nanoparticle Research** (2017). Publicado em 06 mai. 2017. Disponível em <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11051-017-3867-x>> Acesso em 19 ago.2017, p. 169.

É clara a necessidade de tratamento especial no âmbito da responsabilidade civil. Não se trata de abstrair a causalidade como um dos elementos de maior importância nessa análise, mas de ter em conta que sua flexibilidade talvez deva ser considerada, mesmo por que, de acordo com Bruno Miragem¹⁷⁸

Com a redução da importância da culpa na responsabilidade civil, a investigação sobre o nexo de causalidade assume ainda maior importância. E não se trata de uma investigação puramente fática, relacionando simplesmente os fatos que desencadearam a consequência danosa. Necessariamente, a identificação dos fatos e a avaliação de sua contribuição para o resultado danoso exigirão juízos de valoração e escolha de certos eventos em detrimento de outros.

Mais precisamente, em se tratando de atividades ligadas à nanotecnologia, o nexo de causalidade pode ser aplicado tal como distingue o supracitado autor ao discorrer sobre as condições específicas para a imputação de responsabilidade por dano ambiental, algo bastante suscetível neste seguimento. Examina que¹⁷⁹:

Na responsabilidade por dano ambiental, a investigação sobre o nexo de causalidade entre a atividade desenvolvida por aquele quem se definirá como autor do dano nem sempre exigirá certeza fática quanto à sua contribuição decisiva para a realização do resultado. Isso porque, pelas características do dano, nem sempre será possível determinar, segundo as teorias explicativas clássicas do nexo de causalidade, a relação de causa e efeito entre a atividade desenvolvida e o dano verificado. O dano ambiental, conceitualmente, admitirá múltiplas causas, nem todas elas perfeitamente verificáveis após sua ocorrência. É da interação entre elas que pode se produzir o dano. Aqui se costuma fazer referência à flexibilização ou relativização do nexo de causalidade. Esta, contudo, não parece ser a melhor expressão. Isso porque o que ocorre na responsabilidade civil por dano ambiental é a distinção entre a “causalidade naturalística”, a exigir certeza da vinculação lógica de causa e efeito entre determinada conduta ou atividade e o dano, e a “causalidade jurídica”, que, contemplando os interesses e fatos em exame, admitirá a definição de “probabilidade” de ocorrência do dano. Nesse sentido, considerando-se a multiplicidade de causas que contribuem, inclusive em níveis desiguais, por vezes, com a realização do dano, não se exigirá que seja “certa” a associação entre a conduta e atividade e o dano, mas apenas que seja “provável”.

¹⁷⁸ MIRAGEM, Bruno Nubens Barbosa. **Direito civil: responsabilidade civil**. São Paulo: Saraiva, 2015, p. 222.

¹⁷⁹ Idem, p. 473-474.

As futuras eventuais características dos danos causados pela nanotecnologia, presumivelmente, deparar-se-ão com a insuficiência de certeza fática quanto à contribuição decisiva do autor do dano. E, da mesma forma como indicado por Miragem, isto ocorrerá pela própria idiosincrasia dessa espécie de dano. O autor menciona da flexibilização ou relativização do nexos de causalidade, porém, destacando como maior acerto falar-se em “causalidade jurídica”, a qual admite a probabilidade de ocorrência do dano no exame dos fatos, ou seja, permite a falta de certeza quanto a associação entre conduta e atividade e o dano, desde que quanto ao último haja “probabilidade” de incidência. Assim, a causalidade jurídica distingue-se da causalidade naturalística, na medida em que esta exige certeza na vinculação entre causa e efeito, diferentemente daquela que aceita a presunção do vínculo.

Outro fator que também poderá trazer subsídios para futura responsabilização no âmbito nanotecnológico diz quanto ao direito de informação, que deve ser preservado não apenas na relação estabelecida entre empresários e sociedades empresárias e o consumidor, mas também entre as próprias instituições empresariais.

3.3.1 O Direito à Informação

A liberdade de escolha é um pressuposto básico para o entabular de qualquer negócio jurídico válido, eis que expressa uma vontade livre de vícios de consentimento. Para que, verdadeiramente, haja a vontade livre, necessário se faz a existência de simetria de informações entre as partes que compõe este negócio.

Sabe-se que uma das razões para as quais, em uma relação de consumo, haja tutela dos direitos do consumidor, está no fato de que este é considerado vulnerável diante do fornecedor. A desigualdade de informações das quais dispõe um em relação ao outro, está no cerne desta chamada “vulnerabilidade” que, portanto, enseja proteção jurídica. Esta posição desfavorável pode produzir diferentes efeitos, dentre eles, o de conduzir o consumidor à aquisição de algo que, talvez, não fosse de seu alvedrio, se lhe fossem disponibilizadas informações mais

qualificadas. Sobre o assunto, discorre, de forma crítica, o Dr. Dennis Verbicaro et al¹⁸⁰:

O aprimoramento da oferta através do acesso a um melhor conteúdo informacional pelo consumidor favorecerá o exercício responsável de sua liberdade de escolha e, por conseguinte, a elevação dos níveis de qualidade dos bens de consumo. Abre-se, portanto, espaço para a modernização social, de modo que as preferências e necessidades do consumidor sejam sopesadas e discutidas em condições de igualdade no debate político.

A imposição de padrões culturais com forte apelo consumista em escala global é consequência lógica do advento da técnica na ciência moderna, uma vez que o desenvolvimento tecnológico trouxe a reboque a ruína progressiva da cultura teórica e da autorreflexão do pensamento, a autodestruição do esclarecimento e a consequente massificação de comportamentos de consumo erráticos e padronizados.

Por outro lado, defende-se o desenvolvimento de uma maior capacidade do consumidor de intervir na formatação do mercado de consumo, impingindo ao segmento empresarial o ônus de se adaptar às suas necessidades e não o contrário, rompendo-se com a tradicional manipulação da vontade do consumidor, que acabaria não desenvolvendo suas necessidades de consumo autênticas, pois todas ou, na melhor das hipóteses, a grande maioria delas seria forjada pelos detentores dos meios de produção.

Antes, portanto, que se possa pensar na responsabilização a que a falha informacional pode acarretar, importa perceber que a adequação das informações prestadas pode resultar, até mesmo, na elevação dos níveis de qualidade dos bens de consumo através do desenvolvimento de necessidades de consumo autênticas, sem a imposição de padrões culturais, por vezes, urdida pelo próprio desenvolvimento tecnológico. Notadamente, é preciso que sejam produzidas informações suficientemente capazes de instruir a escolha do consumidor, também em atenção ao princípio da boa-fé e da transparência¹⁸¹.

Por seu turno, em se tratando de novas tecnologias, o dever de informação previsto no artigo 5º, inciso XIV da Constituição Federal, assim como no artigo 6º,

¹⁸⁰ VERBOCARO, Dennis; ALCÂNTARA, Ana Beatriz Quintas Santiago. A (in)Eficácia do Dever Informacional nas Relações de Consumo: como superar a desconfiança recíproca entre consumidores e fornecedores no ambiente pré-contratual? **Revista Eletrônica Direito e Sociedade**. Centro Universitário do Pará – CESUPA. Disponível em <<http://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/redes/article/view/3440/pdf>> Acesso em 18 ago. 2017.

¹⁸¹ Sobre a emergência de novos direitos decorrentes da revolução nanotecnológica, se poderá consultar: ENGELMANN, Wilson. O Direito em face das Nanotecnologias: novos desafios para a Teoria Jurídica no século XXI. In: WOLKMER, Antonio Carlos; LEITE, José Rubens Morato (Org.). **Os “novos” direitos no Brasil: natureza e perspectivas – uma visão básica das novas conflituosidades jurídicas**. 3. Ed. São Paulo: Saraiva, 2016, p. 435-461.

inciso III e artigo 31 do Código de Defesa do Consumidor é um dos primeiros aspectos que poderá definir as bases da responsabilização dos atores econômicos presentes no ciclo de vida dos produtos, consubstanciado na preservação dos direitos do consumidor.

Cláudia Lima Marques traça importante paralelo entre o dever de informação e o princípio da boa-fé, ao explicar que

Informar é “dar” forma, é colocar (in) em uma “forma” (in-forma-r), aquilo que um sabe ou deveria saber (o expert) e o que o outro (leigo) ainda não sabe (consumidor). A informação é, pois, uma conduta de boa-fé do fornecedor e como direito do consumidor (Art. 6, III) conduz a um dever (anexo de boa-fé) de informar do fornecedor de produtos e serviços. Daí que o dever de informar é um dever de conduta ou de comportamento positivo (*caveat venditor* superando o *caveat emptor*), onde o silêncio é violação o dever ou enganabilidade.¹⁸²

Visualizada a informação e o dever de informar em si como uma obrigação de fazer, ou seja, uma conduta positiva atrelada à boa-fé, compreendida como aquilo que se pode esperar legitimamente da parte contrária, neste caso, o fornecedor, o supramencionado trecho conduz ao conceito de violação positiva dos contratos. Trata-se, portanto, de omitir-se, violando o devido cumprimento de algo esperado, como o de informar acerca das peculiaridades, características e riscos dos produtos.

Gize-se que o direito à informação se estabelece com a noção de que o consumidor, anteriormente à compra, deve ter todo o conhecimento necessário sobre o objeto, para que conscientemente possa decidir se irá ou não o adquirir. De acordo com Cláudia Lima Marques, o direito à informação assegura igualdade material e formal para o consumidor frente ao fornecedor, pois o que caracteriza o consumidor é justamente seu *déficit* informacional.¹⁸³

Estudo realizado recentemente pela revista francesa “60 millions de consommateurs” e publicado pelo Instituto Nacional do Consumo afirma que alguns doces industrializados estão sendo produzidos com nanopartículas de dióxido de titânio, sem que esta informação conste na embalagem dos produtos. Os pesquisadores questionam o efeito para a saúde destes elementos químicos,

¹⁸² MARQUES, Cláudia Lima; BENJAMIN, Antonio Herman V.; MIRAGEM, Bruno. **Comentários ao Código de Defesa do Consumidor**. 4. ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2013, p. 283.

¹⁸³ Idem.

porque “traspassam com facilidade as barreiras fisiológicas”¹⁸⁴ e, além disso, em janeiro do ano corrente “um instituto francês levantou suspeitas sobre este aditivo – dióxido de titânio (E171) – na forma nano, ao concluir que uma exposição crônica ao E171 favorecia o crescimento de lesões pré-cancerosas em ratos”¹⁸⁵. De acordo com Patricia Chairopoulos, coautora do estudo, “quando uma substância estranha se mete em uma célula, podemos supor que pode haver danos ou uma desregulação de algumas destas células”¹⁸⁶. O E171 na forma de nanopartículas foi detectado sistematicamente nos 18 produtos doces testados pela revista francesa, em proporções diferentes: “representou 12% desse aditivo nos biscoitos Napolitain de Lu, 20% nos chocolates M&M’s e 100% nos bolos da marca francesa Monoprix Gourmet¹⁸⁷”. Em que pese apontem a presença de E171 nas etiquetas, não há qualquer menção à nanopartículas, o que fez com que os pesquisadores lamentassem a falta de transparência das empresas.¹⁸⁸

No atual mercado da nanotecnologia, de se notar que a “transparência informativa” terá relevância, sobretudo, no que tange à responsabilidade civil das empresas, as quais por meio desta referência inserida em suas mercadorias, não terão imposta a reparação pelo descumprimento do dever de informação – que configura a ilicitude sem dano, respaldada pelo artigo 186 do Código Civil corrente¹⁸⁹ – caso exponham à venda produto à base de nanotecnologia.

O Instituto de Saúde e Proteção do Consumidor da Comissão Europeia trouxe discussões sobre o esquema de rotulagem que deveria ser implementado aos produtos que contivessem nanomateriais comercializados na Europa. Constatou-se – no que tange a cosméticos – que “o ingrediente que for inserido a

¹⁸⁴ NANOPARTÍCULAS são detectadas em vários doces industrializados. **Jornal Estado de Minas**. Disponível em <http://www.em.com.br/app/noticia/internacional/2017/08/24/interna_internacional,894819/nanoparticulas-sao-detectadas-em-varios-doces-industrializados.shtml> Acesso em 01 set. 2017.

¹⁸⁵ Idem.

¹⁸⁶ Idem.

¹⁸⁷ Idem.

¹⁸⁸ Idem.

¹⁸⁹ ENGELMANN, Wilson; BORJES, Isabel Cristina Porto; GOMES, Taís Ferraz. **Responsabilidade civil e nanotecnologias**. São Paulo: Atlas, 2014, p. 92.

partir da nano escala deverá informar isso depois do ingrediente”, recomendação existente desde 2013.¹⁹⁰

No entanto, a mera informação no rótulo do produto, neste cenário, não trará benefícios ao consumidor, embora possa desonerar a empresa, substancialmente porquanto a maior parte do público alvo ignora o assunto, desconhece tanto do que se trata quanto quais seriam seus riscos (não se olvidando que este último inclui também comerciantes, fabricantes e os próprios cientistas). Conforme Jiyoun Kim et al¹⁹¹,

The general public, however, is still unfamiliar with many emerging technologies, e.g., nanotechnology, stem cell research, and a synthetic biology. Hence, its attitudes are uninformed by any memory-based information about these issues. Thus, the public must rely heavily on whatever information regarding an issue they are given.

Já existem muitos produtos sendo vendidos com o emprego da nanotecnologia e isto vem sendo comemorado pela mídia, tendo em vista os “milagres” que estes são capazes de produzir. A atitude e a escolha dos consumidores frente a estes são desinformadas, ao passo que ainda não familiarizados com tal inovação, o que, em um primeiro momento, fará com que se orientem exclusivamente pelas notícias que os fornecedores decidirem tornar públicas.

As inovações estão sendo bem-vistas e tendo boa receptividade, além de cada vez mais ofertadas a partir de promessas extraordinárias. A informação restrita ao fato de que o produto contém nanotecnologia não tem o condão de desestimular sua aquisição, de fazer com que o consumidor tome algum cuidado específico e nem mesmo de lhe proporcionar condições de decidir se adquire ou não o produto nestas circunstâncias. Pelo contrário, fomenta o consumo que tem se mostrado

¹⁹⁰ ENGELMANN, Wilson; MAFALDO, Camila. Nanorregulação – condições e possibilidades para a sua estruturação. **Nanocosméticos e o direito à informação**. Organizador: Wilson Engelmann. Erechim: Deviant, 2015, p. 93.

¹⁹¹ Tradução nossa: O público em geral, no entanto, ainda não está familiarizado com muitas tecnologias emergentes, por exemplo, nanotecnologia, pesquisa com células-tronco e uma biologia sintética. Portanto, suas atitudes são desinformadas por qualquer informação baseada em memória sobre esses problemas. Assim, o público deve confiar fortemente em qualquer informação sobre uma questão que a ele é dada. KIM, Jiyoun; AKIN, Heather; BROSSARD, Dominique; XENOS, Michael; SCHEUFELE, Dietram A. Selective perception of novel science: how definitions affect information processing about nanotechnology. **Journal of Nanoparticle Research**. Publicado em 03 mai. 2017. Disponível em <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11051-017-3837-3>> Acesso em 18 ago. 2017.

crescente, aumenta o contato do ser humano com os objetos nanoestruturados e, assim, não o protege de risco futuro algum.

Resta claro, portanto, que a mera referência no rótulo do produto de que o mesmo foi fabricado com nanotecnologia não traz resultados eficazes atualmente e não reduzirá a exposição do consumidor e do meio ambiente aos riscos. Mas o que poderia protegê-los? A ciência, ao menos, quanto aos prováveis futuros riscos, quanto às transformações causadas pela nanotecnologia, quanto às formas em meio as quais se pode intentar obstar a ocorrência de dano ou, ainda, algo como “os prováveis danos são estes” e não há como impedi-los. Em contraste com os benefícios, isto certamente não seria capaz de inibir expressivamente o consumo, haja vista o que acontece com o cigarro. Contudo, o objetivo do direito à informação é formar um público consciente sobre o que consome. Do contrário, ter-se-á tão somente prevenção do risco que a empresa corre de ter de indenizar pela omissão concernente à tecnologia usada, pois que ao informar, desobriga-se, passando a ser do consumidor a responsabilidade pelo que lhe acontecer após a escolha de produto que sabia nanotecnológico, não podendo alegar desconhecimento.

Sob este prisma, poderia sugerir-se que a ideia de informar o consumidor simplesmente sobre ser o produto criado com a inserção de nanomateriais e que destes emanam riscos ainda desconhecidos, poderia transferir a responsabilidade pela aquisição e pelos seus efeitos ao consumidor que “ciente de que não há ciência” nem mesmo por parte do fabricante quanto aos perigos daquele item, ainda assim decidiu comprá-lo.

Todavia, evidencia-se que com base no artigo 931 do Código Civil de 2002, mesmo havendo a informação, caso haja dano, a responsabilidade do fabricante será objetiva, eis que o mesmo é garante da estrutura dos materiais que produz e expõe ao mercado.

Outro dado deve ser considerado em se tratando das informações esconças e passageiras. Pesquisas apontam que menos de trinta por cento dos consumidores lêem o rótulo dos produtos que adquirem. Uma pesquisa do Instituto Akatu, por exemplo, demonstrou que de 2006 a 2012, “caiu o nível de consciência da população em relação ao consumo e à sustentabilidade”¹⁹². E mais: se fosse feito

¹⁹² APENAS 27% dos brasileiros leem rótulo antes de comprar. **Invent. Conhecimento Estratégico**. São Paulo, 30 mar. 2013. Disponível em: <<http://www.inventtrade.com.br/novidades/apenas-27e-dos-brasileiros-leem-rotulos-antes-de-comprar>>. Acesso em 01 jul. 2017.

estudo sobre quantas das pessoas que lêem os rótulos conseguem compreender o conteúdo dos esclarecimentos ali expostos, é bastante concebível que este número fosse ainda mais reduzido.

De tais reflexões, infere-se que a divulgação e o trabalho de instruir a população deve ser ostensivo. As empresas devem mostrar efetivo empenho em expender o conhecimento e os efeitos do que está sendo produzido. Nesta direção,

Denota-se que a sociedade consumidora também deve estar informada sobre o significado da palavra *nano* em produtos que venha a adquirir. Da mesma forma, os trabalhadores que manipulam ou virão a manipular produtos nanotecnológicos deverão conhecer os potenciais riscos que os perseguem. Diversos países estão desenvolvendo legislações específicas acerca da manipulação de nanomateriais, mas pouco tem sido feito no sentido de educar sobre o que é e os reais riscos à saúde e ao meio ambiente dos produtos da nanotecnologia.¹⁹³

Assim, é preciso promover o consumo consciente, efetivando-se o direito à informação das mais variadas formas possíveis, para que o objetivo da norma seja verdadeiramente alcançado. Interessante contrastar esta realidade com a que se averiguou outrora, com relação ao tabaco. De acordo com Wilson Engelmann,

O caso das ações de indenização fundadas no uso do tabaco também poderá servir como paradigma à proteção dos danos advindos da nanotecnologia. Na realidade, a positivação sobre a necessidade do dever de informação às empresas do tabaco deu-se com o advento da Constituição Federal de 1988, que, além do cigarro, estendeu a bebidas alcoólicas, agrotóxicos, medicamentos e terapias a necessidade de informação, nos termos do disposto no §4º do artigo 220. Porém, somente em 1996, ou seja, oito anos após a promulgação da Constituição vigente, se passou a regulamentar o §4º do artigo 220 da Constituição Federal, pelo advento da Lei nº 9.294, que estabeleceu o dever de informação de advertência escrita e/ou falada sobre os malefícios do fumo nas propagandas, embalagens, pôsteres, painéis, jornais e revistas.¹⁹⁴

No mesmo passo, apreende-se que a arrebatadora diferença é que sempre se soube dos danos derivados dos cigarros, dos efeitos adversos e das doenças que poderiam ocasionar. Mais ainda, no caso do cigarro, nunca houve promessa de benefícios milagrosos, de efeitos incríveis ou de potencialização de funções, como

¹⁹³ ENGELMANN, Wilson; BORJES, Isabel Cristina Porto; GOMES, Taís Ferraz. **Responsabilidade civil e nanotecnologias**. São Paulo: Atlas, 2014, p. 79.

¹⁹⁴ Idem.

está havendo agora no que tange às nanotecnologias. Ou seja, mais do que com a supressão das informações alusivas aos riscos, a nanotecnologia está sendo apresentada ao público como algo louvável, resultado do avanço de pesquisas feitas para aumentar as possibilidades de cada indivíduo, que podem estear-se na longevidade, na capacidade de realização de múltiplas tarefas simultaneamente, no incremento da atividade comercial, no aperfeiçoamento dos medicamentos. Quer dizer, o cigarro nunca foi visto com tamanho deslumbre nem de forma tão positiva. E, mesmo assim, as pessoas conhecendo os malefícios do tabaco, não deixaram de consumi-lo por isso.

No caso da nanotecnologia, há forte tendência no sentido de que haja cada vez maior disseminação. Analisando-se sob o enfoque econômico, ou seja, como comportam-se economicamente as partes neste pormenor, concluir-se-á que o uso da nanotecnologia tende a expandir-se. A teoria da escolha racional aduz que os indivíduos tendem a escolher a melhor alternativa que suas restrições permitem, o que é chamado de “maximização”¹⁹⁵. Assim, os consumidores maximizam a utilidade (isto é, a felicidade ou satisfação) e as empresas maximizam os lucros.¹⁹⁶ A nanotecnologia proporciona exatamente isto, maior satisfação do consumidor em virtude do poder das inovações e, ao mesmo tempo, ampliação dos lucros da empresa que fabrica, que distribui, que comercializa e até que também utiliza nanomateriais na sua atividade. Parece, pois, que todos os setores da cadeia produtiva estão sendo devidamente atendidos em suas necessidades. Isto dá margem para que se crie efêmera deturpação e subestimação dos cuidados que precisam ser tomados em meio às transações comerciais, mormente no que diz respeito ao dever de informação ostensiva que deve ser rigorosamente observado pelo setor corporativo.

3.3.2 A Precaução: um Princípio e sua Aplicação Prática

O princípio da precaução e também da prevenção, desenvolveram-se, como sinalizou-se noutro momento desta pesquisa, a partir do pensamento do filósofo alemão Hans Jonas sobre a ética para o futuro, tendo como enfoque as transformações tecnológicas. Até esse momento, a ética importava-se tão somente

¹⁹⁵ COOTER, Robert; ULLEN, Thomas. **Direito & economia**. 5 ed. – Porto Alegre: Bookman, 2010, p. 36.

¹⁹⁶ Idem.

com as relações entre os homens, sendo tradicionalmente antropocêntrica. Conforme o filósofo, “a atuação sobre os objetos não humanos não constituía uma questão de relevância ética”¹⁹⁷. Mais precisamente:

[...] nenhuma ética anterior tinha de levar em consideração a condição global da vida humana e o futuro distante e até mesmo a existência da espécie. Com a consciência da extrema vulnerabilidade da natureza à intervenção tecnológica do homem surge a ecologia [...]. Repensar os princípios básicos da ética. Procurar não só o bem humano, mas também o bem de coisas extra-humanas, ou seja, alargar o conhecimento dos “fins em si mesmos” para além da esfera do homem e fazer com que o bem humano incluísse o cuidado delas.¹⁹⁸

Neste cenário novo e repleto de incertezas proporcionado pelas inovações tecnológicas e seu incontestável poder transformador, travam-se os novos passos da ética de acordo com Hans Jonas. Este propõe a “heurística do temor”, através da qual se deve, em situações de incerteza, escolher o pior prognóstico possível, o que auxilia na mais acertada identificação de medidas preventivas e no agir de modo a não obstar a futura possibilidade da vida humana¹⁹⁹, ou seja, permite que a tecnologia guie-se e evolua de modo compatível com a existência do homem e do meio ambiente como hoje se conhece. É sob tais fundamentos filosóficos que se sustentam os princípios abordados doravante.

O princípio da precaução tem origem no Direito Alemão²⁰⁰. Segundo Paulo de Bessa Antunes,

Foi na década de 70 do século XX que o Direito Alemão começou a se preocupar com a necessidade de avaliação prévia das consequências sobre o meio ambiente dos diferentes projetos e empreendimentos que se encontravam em curso ou em vias de implantação. Daí surgiu a ideia de precaução. A concepção foi incorporada no projeto de lei de proteção da qualidade do ar que, finalmente, foi aprovado em 1974 e que estabelecia controles para uma série de atividades potencialmente danosas, tais como ruídos, vibrações e muitas outras relacionadas à limpeza atmosférica. Na sua formulação original, o princípio estabelecia que a *precaução* era desenvolver em todos os setores da economia processos que

¹⁹⁷ JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para uma civilização tecnológica**. Rio de Janeiro: PUC Rio, 2006, p. 24.

¹⁹⁸ JONAS, Hans. **Técnica, medicina e ética. Sobre a prática do princípio responsabilidade**. São Paulo: Paulus, 2013, p. 46.

¹⁹⁹ Idem, p. 37.

²⁰⁰ ANTUNES, Paulo de Bessa. **Direito Ambiental**. 12^a. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Editora Lumen Juris, 2010, p. 28.

reduzissem significativamente as cargas ambientais, principalmente aquelas originadas por substâncias perigosas.²⁰¹

Apura-se, deste modo, que nos anos 70, consoante o referido autor, lançaram-se as atenções sobre o futuro do meio ambiente na Alemanha, tendo em vista os processos plausivelmente perigosos advindos da dinâmica econômica deste período. As medidas de precaução foram estabelecidas através de lei que teve por objeto a tutela da qualidade do ar.

Este momento histórico no qual se inicia um pensamento atento às circunstâncias pósteras do meio ambiente, que certamente diferentes em função dos processos de produção, sobretudo industriais, influenciou a comunidade internacional e, outros países, dentre os quais se inclui o Brasil, passaram a trazer para seu direito interno o “Vorsorgeprinzip” ou Princípio da Precaução²⁰².

Com efeito, Cristiane Derani refere que “precaução ambiental é necessariamente modificação do modo de desenvolvimento da atividade econômica”.²⁰³ Ou seja, a iniciativa alemã fez nascer uma nova perspectiva, uma nova lógica centrada na adoção de certos procedimentos no curso da produção, voltados à redução dos impactos negativos internos e externos, importantes para a continuidade das condições ambientais que, mais do que se pensava, também influenciam a economia. Aos poucos a sustentabilidade passa a ser vista como necessidade. A preocupação com a equidade intergeracional, ou seja, com a manutenção do meio ambiente para as presentes e futuras gerações ganha espaço em diversos países.

No mesmo prisma, José Rubens Morato Leite ratifica:

O princípio da precaução tem sua origem no direito alemão a partir do conceito de *vorsorgeprinzip*, do ordenamento jurídico, que exige a atuação mesmo antes de qualquer dano efetivo. [...] Esse princípio apareceu em meados de 1960, quando as questões ambientais se tornaram um grande tema político na Alemanha, tendo sido posteriormente, em 1970, positivado.²⁰⁴

²⁰¹ ANTUNES, Paulo de Bessa. **Direito Ambiental**. 12^a. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Editora Lumen Juris, 2010, p. 28.

²⁰² Idem.

²⁰³ DERANI, Cristiane. **Direito ambiental econômico**. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2008, p. 150.

²⁰⁴ LEITE, José Rubens Morato. **Direito Constitucional ambiental brasileiro**. José Gomes Canotilho, José Rubens Morato Leite, organizadores. 3. ed. rev. São Paulo: Saraiva, 2010, p. 196.

Deste modo, o jurista avança que anteriormente à década de 70, instauraram-se no país germânico os debates acerca do princípio da precaução, o qual exige a adoção de providências anteriores à efetivação de um dano. Sugere, pois, determinada capacidade de previsibilidade e de estratégia.

Paulo de Bessa Antunes alude de modo semelhante sobre a atuação prévia à efetivação de dano, acrescentando que “a prevenção do que ainda não ocorreu é muito complexa, pois o futuro pode não ser exatamente como imaginamos que será”.²⁰⁵ É de suma relevância ponderar-se acerca do fato de que as ações precautivas são adotadas com base na realidade atual. Estas ações são pensadas tendo como norte as condições correntes para um futuro imaginado, sobre o qual não se tem qualquer certeza ou controle. Daí se pode antever o quão desafiadora é a tarefa de estabelecer critérios de precaução efetivos.

Cristiane Derani alega que a aplicação deste princípio vai além da consecução de simples medidas para afastar o perigo²⁰⁶. Afirma que “na verdade, é uma ‘precaução contra o risco’, que objetiva prevenir já uma suspeição de perigo ou garantir uma suficiente margem de segurança de perigo. O emprego deste princípio está anterior à manifestação de perigo”.²⁰⁷

José Gomes Canotilho expõe a lógica basilar do princípio ao explicar que “as ações sobre o meio ambiente devem evitar sobretudo a criação de poluições e perturbações na origem e não apenas combater posteriormente os seus efeitos sendo melhor prevenir a degradação ambiental do que remediá-la à *posteriori*”²⁰⁸. A lucidez deste posicionamento encontra-se no fato notório de que é extremamente mais complexo e custoso devolver ao meio ambiente seu *status quo ante* (nem sempre viável) do que prevenir a destruição do mesmo através de medidas preventivas. Infere, pois, que deve haver espaço para a adoção de intervenções preventivo-antecipatórias em vez de repressivo-mediadoras.²⁰⁹

Pressupõe-se, assim, vital a assunção da conduta *in dubio pro ambiente*, através da qual o ambiente deve prevalecer em contraste a uma atividade de perigo ou risco, impondo o dever de redução da emissão de poluentes, ainda que não haja

²⁰⁵ ANTUNES, Paulo de Bessa. **Direito Ambiental**. 12^a. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Editora Lumen Juris, 2010, p. 30-31.

²⁰⁶ DERANI, Cristiane. **Direito ambiental econômico**. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2008, p. 150.

²⁰⁷ Idem.

²⁰⁸ CANOTILHO, José Gomes. **Direito Constitucional ambiental brasileiro**. José Gomes Canotilho, José Rubens Morato Leite, organizadores. 3. ed. rev. São Paulo: Saraiva, 2010, p. 193.

²⁰⁹ Idem, p. 195.

certeza científica ou liame de causalidade entre o dano e os efeitos da poluição.²¹⁰ De toda forma, “é preciso evitar mesmo aquilo que não necessariamente ocorreria, pelo simples fato de que talvez possa ocorrer”²¹¹.

Em mesmo sentido posiciona-se Cass R. Sunstein, ao aduzir²¹²:

Thus, the Ministerial Declaration of the Second International Conference on the Protection of the North Sea, held in London in 1987, sensibly suggests: "Accepting that, in order to protect the North Sea from possibly damaging effects of the most dangerous substances, a precautionary approach is necessary which may require action to control inputs of such substances even before a causal link has been established by absolutely clear scientific evidence".

The widely publicized Wingspread Statement, produced during a meeting of environmentalists in 1998, goes much further: "When an activity raises threats of harm to human health or the environment, precautionary measures should be taken even if some cause and effect relationships are not established scientifically. In this context the proponent of the activity, rather than the public, should bear the burden of proof".

A gestão do risco, nestas condições, é algo do qual as empresas não podem furtar-se. Os princípios da precaução e da prevenção complementam-se e, conjuntamente, compõem as bases desta gestão²¹³. Nas palavras de Teresa Ancona Lopez, “a precaução diz respeito aos riscos-potenciais, como, por exemplo, riscos à

²¹⁰ CANOTILHO, José Gomes. **Direito Constitucional ambiental brasileiro**. José Gomes Canotilho, José Rubens Morato Leite, organizadores. 3. ed. rev. São Paulo: Saraiva, 2010, p. 196-197.

²¹¹ LEVY, Daniel de Andrade. **Responsabilidade civil: de um direito dos danos a um direito das condutas lesivas**. São Paulo: Atlas, 2012, p. 128.

²¹² Tradução nossa: Assim, a Declaração Ministerial da Segunda Conferência Internacional sobre Proteção do Mar do Norte, realizada em Londres em 1987, sugere sensivelmente: "Aceitando que, para proteger o Mar do Norte de efeitos possivelmente prejudiciais das substâncias mais perigosas, é necessária uma abordagem precautiva que pode exigir uma ação para controlar os insumos dessas substâncias mesmo antes de uma ligação causal ter sido estabelecida por evidências científicas absolutamente claras". A Declaração Wingspread amplamente divulgada, produzida durante uma reunião de ambientalistas em 1998, vai muito mais longe: "Quando uma atividade suscita ameaças de danos à saúde humana ou ao meio ambiente, medidas cautelares devem ser tomadas mesmo que algumas relações de causa e efeito não estejam estabelecidas cientificamente. Neste contexto, o proponente da atividade, em vez do público, deve suportar o ônus da prova". SUNSTEIN, Cass R. Irreversible and Catastrophic. **Cornell Law Review**. v. 91. Publicado em 04 mai. 2006. Disponível em <<http://scholarship.law.cornell.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3029&context=clr>> Acesso em 17 ago. 2017.

²¹³ Na prática, se verifica a dificuldade da aplicação do princípio da precaução, notadamente quando se trata do Poder Judiciário. No julgamento do RE 627.189/SP se verifica a utilização da retórica e da boa vontade dos magistrados, mas, ao final, se propugna a aplicação do texto normativo. Sobre este acórdão, conferir: ENGELMANN, Wilson. Os desafios jurídicos da aplicação do princípio da precaução. In: **Revista dos Tribunais**, São Paulo, v. 981, ano 106, p. 387-491, julho 2017.

saúde com o consumo de alimentos geneticamente modificados; a prevenção, a riscos constatados, como aqueles que vêm das instalações nucleares”²¹⁴.

Para José Gomes Canotilho, a precaução tem lugar no momento em que se tratando de atividade de alto risco, dela possa resultar degradação irreversível, duradoura ou, ainda, nos casos em que os benefícios oriundos da atividade são desproporcionais considerado o impacto negativo ao meio ambiente.²¹⁵ Seria aplicada em um estágio inicial da avaliação dos riscos, de acordo com o entendimento de que a degradação deve ser combatida antes de concluída, conferindo ao princípio função antecipatória, inibitória e cautelar.²¹⁶ Neste contexto, o risco é abstrato e, muitas vezes, embaraçoso visualizá-lo e prevê-lo. Já a prevenção encontra-se atrelada ao impedimento da repetição de atividade cujo perigo já é conhecido e tem atuação mais ampla e genérica.²¹⁷

Segundo Cristiane Derani, o princípio da precaução indica uma atuação racional para com os bens ambientais, com a mais cuidadosa apreensão possível dos recursos naturais.²¹⁸ A autora alude que este instituto tem uma “dimensão pacificadora, firmando-se com o postulado de atuar previamente contra um risco [...], principalmente valendo-se de planejamento e controle prévio de produtos”.²¹⁹ Partindo do conceito de que precaução é cuidado, julga que do seu implemento deve corresponder o afastamento do perigo, a segurança das gerações futuras e a sustentabilidade ambiental das atividades humanas.²²⁰

A supracitada jurista assenta seu entendimento na ideia de que as ações precaucionais “traduzem a busca pela proteção da existência humana, seja pela proteção de seu ambiente, seja pelo asseguramento da integridade da vida humana”.²²¹ E completa: “o alcance deste princípio depende substancialmente da forma e da extensão da cautela econômica, correspondente à sua realização”²²².

Incontroverso tenha esta passagem apontado um dado sabidamente relevante: um bom planejamento precautivo depende substancialmente da

²¹⁴ LOPEZ, Teresa Ancona. **Princípio da precaução e evolução da responsabilidade civil**. São Paulo: Quartier Latin, 2010, p. 79.

²¹⁵ CANOTILHO, José Gomes. **Direito Constitucional ambiental brasileiro**. José Gomes Canotilho, José Rubens Morato Leite, organizadores. 3. ed. rev. São Paulo: Saraiva, 2010, p. 193.

²¹⁶ Idem, p.194.

²¹⁷ Idem.

²¹⁸ DERANI, Cristiane. **Direito ambiental econômico**. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2008, p. 150.

²¹⁹ Idem, p. 151.

²²⁰ Idem, p. 152.

²²¹ Idem.

²²² Idem.

significância econômica que representará para que a sociedade empresária o adote. Quer dizer, sabe-se que os recursos naturais são finitos. Os recursos financeiros também o são. Será que toda empresa apresentará condições de investimento tanto em pesquisa de inovação quanto em pesquisa para precaução de riscos ambientais destas inovações? Ou será que estará disposta a investir em precaução, ainda que não lhe falem recursos? O que a obriga? É preciso amplificar a visão das empresas acerca dos efeitos financeiros que o não investimento em precaução lhe podem acarretar.

Exemplo disto se sucedeu com uma empresa de mineração localizada na região de Mariana em Minas Gerais. Na tarde do dia cinco de novembro do ano de dois mil e quinze, romperam-se duas barragens pertencentes à empresa, espalhando uma quantidade imensa de lama tóxica principalmente por entre a cidade de Bento Rodrigues. Destruiu-se moradias, escolas, comércio, hospitais, muitos faleceram, afluentes e vegetação desapareceram e a biodiversidade foi completamente arrasada. À empresa foi atribuída responsabilidade objetiva, naturalmente.

Afora o prejuízo financeiro, como multa em milhões de reais e a determinação do Governo de que a sociedade empresária reconstrua as cidades devastadas (e ainda que não o faça em função de artifícios jurídicos ou de outra ordem), a questão é: o dano ambiental é reversível? A biodiversidade, as árvores, os rios e os animais poderão ser reconstruídos? As vidas ceifadas serão devolvidas? Facilmente verifica-se a irreversibilidade dos danos. Consoante ao que até então esposado, portanto, tem-se claro que houve falha por parte da empresa ao não aplicar medidas de precaução ou ao aplicá-las de forma insuficiente, pois do contrário, a dimensão do desastre ter-se-ia atenuado. Porém, trata-se de escolha tomada pela empresa, em meio a circunstância as quais se desconhece, mas constantemente associada a estratégias econômicas e às respectivas prioridades de cada instituição.

Reflete este o pensamento de Joaquim Gomes Canotilho ao expressar que “talvez a maior crítica que se possa fazer à inércia geral na implantação da gestão de risco seja relativa à extrema colisão entre direitos e interesses, bem como à complexa sociedade em que se vive”.¹ Infere-se, deste modo, que muitas vezes a lógica do mercado não é a lógica da excessiva cautela, pois uma aponta em sentido contrário à outra.

Sobre o assunto, Paulo Affonso Leme Machado argumenta que

O princípio da precaução, para ser aplicado efetivamente, tem que suplantar a pressa, a rapidez insensata e a vontade de resultado imediato [...]. Não é possível o confronto com esses comportamentos porque estão corroendo a sociedade contemporânea. O princípio da precaução não significa a prostração diante do medo, não elimina a audácia saudável, mas equivale à busca de segurança do meio ambiente, indispensável para dar continuidade à vida.²²³

Transferindo-se o mesmo raciocínio ao emprego da nanotecnologia adotada por um grande número de empresas, de igual modo é possível concluir o quanto nefasto pode ser a não inserção de procedimentos precaucionais na produção mercadológica. Os efeitos da falta de cautela antes de deflagrado o dano podem ser a falência da empresa, a insuficiência de recursos frente ao volume dos prejuízos, a evasão de investidores, além do agravamento das condições de existência de todos os seres vivos. Sabendo-se da potencialidade lesiva dos nanomateriais, de suma importância sejam internalizadas estratégias para gestão e redução de riscos. Assim, de acordo com José Gomes Canotilho, o desdobramento da precaução exige: “implantação de pesquisas no campo ambiental, melhoramento e desenvolvimento de tecnologia ambiental, [...] e sistematização das organizações no plano de uma política de proteção ambiental [...]”²²⁴. De acordo com o autor, no Brasil, tal desdobramento tem condão antecipatório, inibitório, pró-ativo.

Não se ignora do importante incremento ao desenvolvimento das relações sociais, do provável aprimoramento da qualidade de vida, das propriedades dos objetos considerada a potencialização de suas utilidades permitidas pela introdução da manipulação nanométrica. No entanto, importante se possa harmonizar os anseios mercadológicos e a velocidade das inovações tecnológicas e de sua produção com o bem-estar de quem opera tais produções e do público que irá consumi-las, flagrantemente por uma questão de continuidade lógica e não de estagnação.

De acordo com o *Center for Food Safety* (CFS), Europa e Canadá tomaram medidas no sentido de regular o uso da nanotecnologia,²²⁵ com base no fato de que para colher seus potenciais benefícios futuros, será preciso, primeiramente,

²²³ MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Princípio da precaução e o direito ambiental**. Parecer juntado aos autos da ação civil pública nº 1998.00.027682-0, proposta pelo Idec contra a União Federal perante a 6ª Vara Federal da Seção Judiciária do Distrito Federal.

²²⁴ CANOTILHO, José Gomes. **Direito Constitucional ambiental brasileiro**. José Gomes Canotilho, José Rubens Morato Leite, organizadores. 3. ed. rev. São Paulo: Saraiva, 2010, p. 200.

²²⁵ ABOUT Nanotechnology. **Center For Food Safety**. Disponível em <<http://www.centerforfoodsafety.org/issues/682/nanotechnology/about-nanotechnology>> Acesso em 01 jul. 2017.

dissolver ou mitigar os inauditos riscos que origina. A precaução, portanto, serviria como instrumento para impor-se mecanismos de fiscalização obrigatórios²²⁶, jungidos à seara nanotecnológica, resguardando a segurança dos trabalhadores, bem como a saúde pública e o meio ambiente. Conforme a CFS, que defende a regulação da nanotecnologia em todos os países com a participação pública, isto deve ocorrer de acordo com as diretrizes resultantes de pesquisa específica e criteriosa, que possibilite planos de ação imediatos com o fim de evitar exposições nocentes²²⁷.

No que tange à avaliação dos riscos, Gerd Winter avalia que a intervenção do Poder Público não se direcionaria exatamente à identificação e posterior afastamento dos riscos de determinada atividade. Como exemplo, aduz que a pergunta “causaria A um dano?” seria contraposta à indagação “precisamos de A?”.²²⁸

Não se estaria, pois, na dependência do esclarecimento do risco para iniciar-se a prática precaucional, cuja identificação “torna-se escorregadia no campo político e técnico-científico”²²⁹, mas de questionar a “razão de existir” da atividade, para que se iniciasse a prática do princípio da precaução.

Assim, de acordo com estes autores, vislumbra-se apropriada uma análise racional de necessidade, a partir da qual será preciso decidir a respeito da conveniência do que será produzido, sob o ponto de vista da melhoria ou prejudicialidade da qualidade de vida, para que se escolha correr o risco ou não. Gerd Winter menciona que “não se partiria de uma potencialidade de dano pura e simplesmente, mas de trazer à discussão a própria razão da atividade em pauta: a necessidade, o objetivo do que se pretende empreender”.²³⁰

À vista disso, não se pode ignorar a complexidade que se denota no campo das nanotecnologias para consumir-se o método predecessor do princípio da precaução. Se convive presentemente com o uso indiscriminado, de modo geral, de produtos nanotecnológicos, que vem ocorrendo em larga escala. O princípio da precaução trata das providências que devem ser tomadas antes que se deflagre o

²²⁶ ABOUT Nanotechnology. **Center For Food Safety**. Disponível em <<http://www.centerforfoodsafety.org/issues/682/nanotechnology/about-nanotechnology>> Acesso em 01 jul. 2017.

²²⁷ Idem.

²²⁸ WINTER, Gerd. **Desenvolvimento sustentável, OGM e responsabilidade civil na União Europeia**. Campinas, São Paulo: Millennium, 2009, p. 22.

²²⁹ DERANI, Cristiane. **Direito ambiental econômico**. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2008, p. 152.

²³⁰ Idem.

dano incerto. Porém, se os riscos e os possíveis danos ainda são desconhecidos até mesmo da nanociência, como se pode saber que não estão ocorrendo? Como se sabe que, neste momento, não se estão operando mutações genéticas em organismos humanos que apenas mais tarde irão eclodir? Afinal, o que se está precavendo? Sobretudo, se os genes humanos já estiverem sendo alterados, devido ao contato inevitável, o que se está precavendo? Como se sabe que, de fato, é futuro o dano que pode ser produzido? Ainda não se conhecem as exteriorizações danosas da nanotecnologia, nem sob que forma podem se manifestar. Isto torna, aparentemente, abstrusa a adoção da precaução.

Oportuno expor, à vista disso, o que preleciona Patrick de Araújo Ayala²³¹:

Não se exige [...] a demonstração exaustiva e completa sobre a existência de riscos, sua identificação e especificação, caracterização, ou demonstração segura sobre a extensão de seus efeitos, apreciação que se submete a um juízo de verossimilhança, que orienta a formação científica da convicção da atribuição da qualidade de periculosidade ao comportamento. Se a certeza não é pressuposto para uma atuação precaucional, procurar conhecer da melhor forma possível e permitida, os graus de incerteza que permeiam a decisão, é condição de relevante consideração na aplicação do princípio.

Acrescenta José Rubens Morato Leite que “os riscos nunca serão totalmente eliminados, pois a cognição humana é sempre restrita, se visualizada com as necessidades do sistema ecológico. Além disso, a certeza científica é sempre dinâmica e mutável no tempo.”²³²

A partir disto, pode-se compreender que conviver com riscos é algo inevitável atualmente e, na verdade, sempre foi, durante toda a nossa existência. Mas a questão central é a exposição a novos riscos, desta vez desconhecidos e, por isso mesmo, não controlados. A nanotecnologia representa um novo horizonte, uma nova realidade que modificará, aos poucos, a nossa forma de vida e nos fará dela dependentes em questão de tempo. Representará aumento na qualidade de vida em alguma medida. Será provavelmente descoberta a cura para diversas doenças, novos medicamentos farão parte de nossa rotina, novos cosméticos produzirão

²³¹ AYALA, Patrick de Araújo; LEITE, José Rubens Morato. **Direito ambiental na sociedade de risco**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2004, p. 12.

²³² LEITE, José Rubens Morato. **Direito Constitucional ambiental brasileiro**. José Gomes Canotilho, José Rubens Morato Leite, organizadores. 3. ed. rev. São Paulo: Saraiva, 2010, p. 198-199.

efeitos nunca antes experimentados, eletroeletrônicos com funcionalidades ainda mais sofisticadas serão produzidos, nosso trabalho será cada vez mais ágil, realizaremos, cada vez mais, um maior número de tarefas ao mesmo tempo, ou seja, haverá um avanço extraordinário e inevitável. Mas é necessário conhecer o que estamos colocando em risco em nome de tamanho progresso, para que o perigo seja controlado, minimizado e, na medida do possível, combatido através de providências específicas.

Outros impasses, no entanto, podem erguer-se em meio à corrida nanotecnológica, escapando mesmo à alçada efetiva do princípio da precaução, que se mostra insuficiente para autores como Matthew T. Wansley, professor de Direito na Universidade de Harvard, segundo o qual²³³:

The manifesto of the Precautionary model is the Precautionary Principle. It states, in one famous formulation, that, “[w]hen an activity raises threats of harm to human health or the environment, precautionary measures should be taken even if some cause and effect relationships are not fully established scientifically.” How the Precautionary Principle should be operationalized is not immediately obvious, in part because its advocates support it for various reasons.

Em que pese sua referência ao já mencionado dever de que sejam tomadas medidas cautelares, ainda que não se tenha estabelecido cientificamente relação de causa e efeito entre uma determinada tecnologia e a ameaça de dano à saúde, Wansley critica a funcionalidade do princípio da precaução, em razão de que a forma como deve ser aplicado não é imediatamente óbvia. Refere também que alguns dos defensores deste princípio apelam para intuições morais deontológicas, outros argumentam que a regulamentação através da análise custo-benefício requer a atribuição de preço à vida humana e, noutra senda, há os que recorram a razões empíricas para a defesa de uma abordagem preventiva, com base nas incertezas inerentes às previsões científicas sobre como o ambiente natural responderá às

²³³ Tradução nossa: O manifesto do modelo de precaução é o Princípio de Precaução. Ele afirma, em uma formulação famosa, que "quando uma atividade suscita ameaças de danos à saúde humana ou ao meio ambiente, devem ser tomadas medidas cautelares mesmo que algumas relações de causa e efeito não estejam plenamente estabelecidas cientificamente". Como o princípio da precaução deve ser operacionalizado não é imediatamente óbvio, em parte porque seus defensores o apoiam por razões diversas. WANSLEY, Matthew T. Regulation of emerging risks. **Vanderbilt Law Review**. Disponível em <<https://www.vanderbiltlawreview.org/wp-content/uploads/sites/89/2016/03/Regulation-of-Emerging-Risks.pdf>> Acesso em 18 ago. 2017.

mudanças²³⁴. Alude, outrossim, a riscos que os defensores do princípio, segundo afirma, acreditam possam causar danos irreversíveis ou catastróficos, tanto que a dispensa de uma abordagem preventiva poderia resultar em desastre²³⁵. Entretanto, a operacionalidade, por vezes, reveler-se-á intrincada:²³⁶

With the diversity of arguments supporting the Precautionary model, it is unsurprising that there is no consensus on how to operationalize it. What action does the Precautionary Principle require when a technology, like nuclear power, both causes and mitigates risks to the environment or when a new technology, like genetically modified foods, has the potential to both benefit and harm human health? Critics of the Precautionary Principle argue that the Principle is indeterminate in these risk-risk tradeoff scenarios, in which regulators cannot simply choose the course of action that avoids all health or environmental costs.

Em conformidade com o que expõe, Wansley sustenta que há falta de consenso sobre como operacionalizar o princípio, o que prejudica sua eficácia. Neste sentido, indaga sobre que medidas afinal o princípio da precaução requer diante de uma tecnologia que causa e mitiga riscos para o meio ambiente ou quando uma nova tecnologia tem potencial para beneficiar e prejudicar a saúde humana? O jurista propõe, em seu estudo, o modelo experimental para solucionar questões como essas. Infere que, apesar de suas limitações, a precaução oferece pensamento preventivo importante para a regulação de riscos emergentes. Já o modelo experimentalista oferece alternativa um tanto distinta. Neste, as agências de regulação estão habilitadas a impor moratórias sobre tecnologias emergentes de risco, enquanto os reguladores organizam experimentos para aprender sobre os

²³⁴ WANSLEY, Matthew T. Regulation of emerging risks. **Vanderbilt Law Review**. Disponível em <<https://www.vanderbiltlawreview.org/wp-content/uploads/sites/89/2016/03/Regulation-of-Emerging-Risks.pdf>> Acesso em 18 ago. 2017.

²³⁵ Idem.

²³⁶ Tradução nossa: Com a diversidade de argumentos que sustentam o modelo de Precaução, não é surpreendente que não haja consenso sobre como operacionalizá-lo. Que medidas o Princípio de Precaução requer quando uma tecnologia, como a energia nuclear, causa e mitiga riscos para o meio ambiente ou quando uma nova tecnologia, como alimentos geneticamente modificados, tem potencial para beneficiar e prejudicar a saúde humana? Os críticos do Princípio de Precaução argumentam que o Princípio é indeterminado nesses cenários de risco-risco, nos quais os reguladores não podem simplesmente escolher o curso de ação que evita todos os custos de saúde ou ambientais. WANSLEY, Matthew T. Regulation of emerging risks. **Vanderbilt Law Review**. Disponível em <<https://www.vanderbiltlawreview.org/wp-content/uploads/sites/89/2016/03/Regulation-of-Emerging-Risks.pdf>> Acesso em 18 ago. 2017.

riscos que representam e os meios para mitigá-los²³⁷. As experiências coordenadas pela agência acelerariam a promulgação de regras empiricamente informadas²³⁸. A compreensão trazida pelo jurista desafia a sabedoria convencional de que se deve adiar a regulação até que se possa prever com confiança os efeitos de novas tecnologias de risco²³⁹. Ocorre que, seguindo este raciocínio, depreende que as empresas são capazes de frustrar a regulamentação.

A ausência de regulação e a habilidade sancionatória *ex post* trazida pela responsabilidade civil diante de inovações potencialmente nocivas, sem qualquer controle de cunho precaucional, pode proporcionar riscos.²⁴⁰ A aplicação da responsabilidade civil, com sua característica ulterior, estabelece limitações as quais, em conformidade com Wasley, podem, mesmo, fazê-la ineficaz diante de riscos dispersos em um público amplo, riscos causados por fontes difusas e mais ainda no tocante a riscos futuros²⁴¹. Não obstante, sua efetividade se dá a partir de lesões que foram ou deveriam ser previsíveis para os seus produtores, o que, no direito americano, é argumento de defesa, ao passo que acontecimentos imprevisíveis ou obscurecidos pela incerteza não ensejam condenação. Somado a isto²⁴²,

Firms innovating with new risky technologies are more likely to be start-ups than established incumbents. If the risky technology turns out to cause significant injuries, the market for the firm's product may evaporate and the firm may be bankrupt by the time that all injured plaintiffs are able to sue.

Ou seja, ainda há chance de que a instituição investidora, constituída na forma de *start-up*, venha a dissipar-se caso seja capaz de produzir resultados lesivos importantes e não tenha forças financeiras para repará-los. Mesmo havendo

²³⁷ WANSLEY, Matthew T. Regulation of emerging risks. **Vanderbilt Law Review**. Disponível em <<https://www.vanderbiltlawreview.org/wp-content/uploads/sites/89/2016/03/Regulation-of-Emerging-Risks.pdf>> Acesso em 18 ago. 2017.

²³⁸ Idem.

²³⁹ Idem.

²⁴⁰ Idem.

²⁴¹ Idem.

²⁴² Tradução nossa: As empresas que inovam com novas tecnologias de risco são mais propensas a serem *start-ups* do que os operadores estabelecidos. Se a tecnologia de risco resultar em ferimentos significativos, o mercado do produto da empresa pode evaporar e a empresa pode estar quebrada no momento em que todos os autores lesados podem processar. WANSLEY, Matthew T. Regulation of emerging risks. **Vanderbilt Law Review**. Disponível em <<https://www.vanderbiltlawreview.org/wp-content/uploads/sites/89/2016/03/Regulation-of-Emerging-Risks.pdf>> Acesso em 18 ago. 2017.

seguro em que se possa basear a solvência dos responsáveis, é improvável que seguradoras cubram riscos emergentes²⁴³, caso não os possam classificar minimamente com alguma margem de confiança.²⁴⁴

O jurista faz, ainda, crítica a autorregulamentação de mercado, destacando que²⁴⁵

Market innovation may not produce information useful for regulation for three reasons. First, much of the information relevant to regulation—what pollutants are being emitted, what carcinogens are in the byproducts, who might be exposed, what symptoms are being observed—may be held by risk-creating firms or entities.¹⁰⁴ Second, because risk-creating firms have an interest in influencing public perceptions about the risks of their activities, they have the incentive to conceal unfavorable information about those risks, selectively reveal more favorable information, or at least prolong uncertainty to the extent it serves their regulatory interests. Third, even if market innovation does reveal some information about the risk, the uncontrolled market action lacks even the most rudimentary controls of experimentation, so inferring causal effects may be exceedingly difficult. [...] Market activity is not the deliberate product of a neutral experimenter aiming to learn about a new technology. It is the spontaneous, decentralized activity of firms seeking to profit from bringing a new technology to market. Experimental conditions are designed, or at least should be designed, to achieve accurate results, whereas it would be absurd to suggest that firms should be neutral about what benefits and risks their new technological innovations bring.

²⁴³ WANSLEY, Matthew T. Regulation of emerging risks. **Vanderbilt Law Review**. Disponível em <<https://www.vanderbiltlawreview.org/wp-content/uploads/sites/89/2016/03/Regulation-of-Emerging-Risks.pdf>> Acesso em 18 ago. 2017.

²⁴⁴ Idem.

²⁴⁵ Tradução nossa: A inovação de mercado não pode produzir informações úteis para a regulamentação por três razões. Em primeiro lugar, grande parte das informações relevantes para a regulamentação - quais os poluentes que estão sendo emitidos, o que os agentes cancerígenos estão nos subprodutos, que podem estar expostos, quais os sintomas que estão sendo observados - podem ser mantidos por empresas ou entidades que criam riscos. Em segundo lugar, porque o risco As empresas criadoras têm interesse em influenciar as percepções do público sobre os riscos de suas atividades, eles têm o incentivo para esconder informações desfavoráveis sobre esses riscos, revelar de forma seletiva informações mais favoráveis ou pelo menos prolongar a incerteza na medida em que atende seus interesses regulatórios. Em terceiro lugar, mesmo que a inovação do mercado revele alguma informação sobre o risco, a ação de mercado descontrolada não possui até mesmo os controles mais rudimentares da experimentação, pelo que os efeitos causais inferentes podem ser extremamente difíceis. [...] A atividade do mercado não é o produto deliberado de um experimentador neutro com o objetivo de aprender sobre uma nova tecnologia. É a atividade espontânea e descentralizada das empresas que procuram lucrar com o lançamento de uma nova tecnologia. As condições experimentais são projetadas, ou pelo menos devem ser projetadas, para obter resultados precisos, ao passo que seria absurdo sugerir que as empresas deveriam ser neutras sobre os benefícios e riscos que suas novas inovações tecnológicas trazem. WANSLEY, Matthew T. Regulation of emerging risks. **Vanderbilt Law Review**. Disponível em <<https://www.vanderbiltlawreview.org/wp-content/uploads/sites/89/2016/03/Regulation-of-Emerging-Risks.pdf>> Acesso em 18 ago. 2017.

Isto é, a inovação de mercado não traz informações úteis sobre a forma como deve ser produzida a regulação, uma vez que informações importantes como o alto índice de poluentes emitidos, os agentes cancerígenos presentes nos subprodutos a que podem estar expostos trabalhadores e consumidores e os sintomas produzidos, podem ser mantidas longe do conhecimento público, eis que “as empresas têm interesse em influenciar as percepções públicas sobre os riscos de suas atividades”²⁴⁶, ou seja, têm incentivos para não divulgar aquilo que se lhes afigure desfavorável, ou para revelar de forma seletiva²⁴⁷, ou, ainda, para prolongar a incerteza, “na medida em que isso atenda seus interesses”²⁴⁸. Não se pode, portanto, crer que a atividade de mercado é produto de “um experimentador neutro com o objetivo de aprender sobre uma nova tecnologia”.²⁴⁹

É bem verdade que seria ingênuo supor que as ações empresariais, sejam elas vinculadas ao modelo da precaução, ao modelo experimental ou a qualquer outro modelo que vise encontrar soluções para a ausência de regulação ou mesmo para a mitigação de futuros danos ou desastres, estejam imbuídas da mais completa neutralidade quanto aos seus próprios interesses. As companhias, de forma geral, visam a maximização dos lucros e a redução das perdas, em uma lógica bastante conhecida. E, mesmo quando do uso do princípio da precaução, existe foco na prevenção de perdas financeiras futuras.

Diferente do que apresentou Matthew T. Wansley, embora com algumas semelhanças, o Direito brasileiro não é tão protetivo à classe empresária, eis que não basta a alegação de imprevisibilidade do dano para haver exclusão de responsabilidade. Isto acontece, sabidamente, em função do artigo 931 do CC e do risco do desenvolvimento a ele intrínseco, teoria que, diversamente ao que ocorre em solo norte-americano, não é argumento de defesa e sim de acusação. No Brasil, as sociedades empresárias e empresários são também responsáveis por aquilo que não podiam prever.

²⁴⁶ WANSLEY, Matthew T. Regulation of emerging risks. **Vanderbilt Law Review**. Disponível em <<https://www.vanderbiltlawreview.org/wp-content/uploads/sites/89/2016/03/Regulation-of-Emerging-Risks.pdf>> Acesso em 18 ago. 2017.

²⁴⁷ Idem.

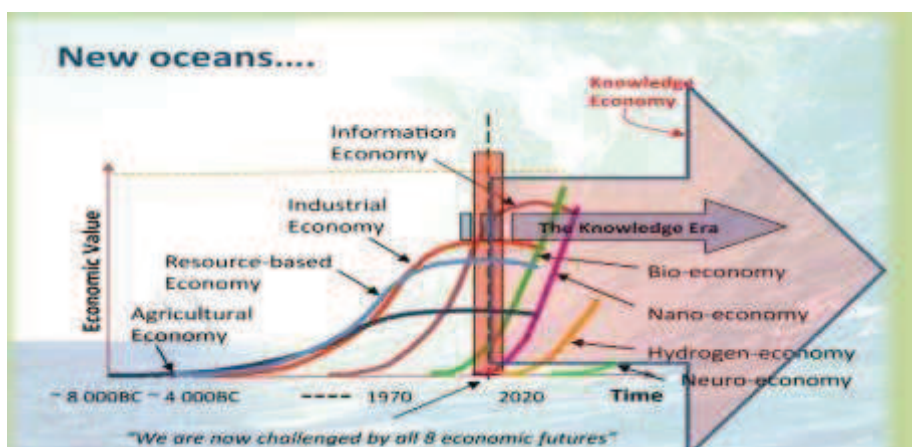
²⁴⁸ Idem.

²⁴⁹ Idem.

Tomando-se por base a indagação feita por Wansley – “que medidas o princípio da precaução requer quando diante de tecnologia que causa riscos ao meio ambiente ou tem potencial para beneficiar e prejudicar a saúde humana?” - a qual apontou não ser o princípio da precaução capaz de responder de maneira óbvia, gize-se, a presente pesquisa tem a pretensão de responder por meio do *framework* proposto no capítulo 7, alicerçado em seus preceitos acautelatórios.

Todos estes aspectos que percorrem o tema da prevenção e da precaução são efetivamente atuais e demandam uma série de considerações e debates que precisam de espaço tanto no ambiente acadêmico, quanto no ambiente jornalístico e familiar, eis que importa a toda sociedade e têm efeitos decisivos relativamente ao futuro que se está produzindo. A emergência de tais reflexões está no fato de que o crescimento econômico das organizações – privadas e estatais, é uma realidade e provoca, paulatinamente, o surgimento de uma nova economia, conforme se pode ver na figura a seguir:

Figura 3 – Novas Economias

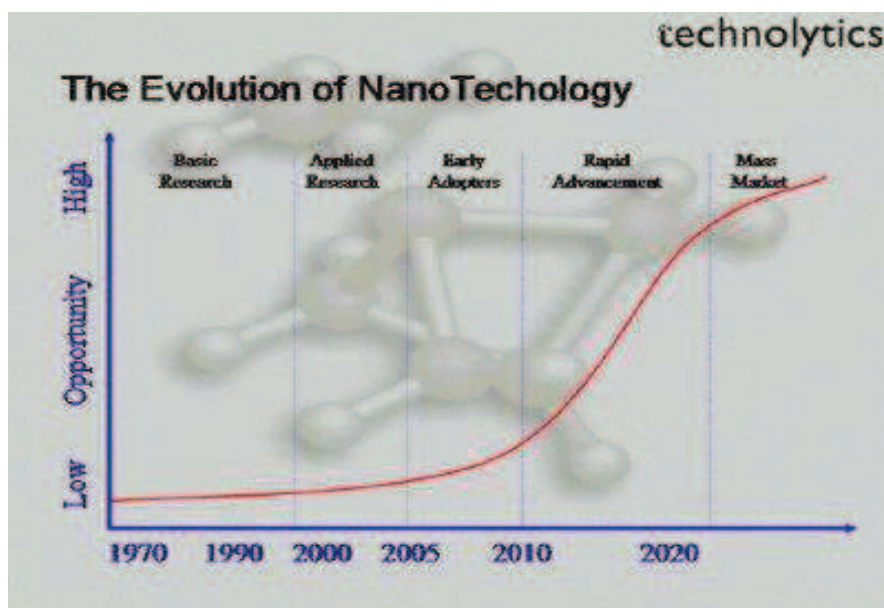


Fonte: BOTHA, Anthon.²⁵⁰

Ademais, a projeção a seguir mostra que o mercado de consumo de produtos de nanotecnologia em massa ainda está por vir:

²⁵⁰ Cedida por: **Dr Anthon Botha**, PhD in Physics and is Managing Director of TechnoScene (Pty) Ltd and Executive Director of Innovation Lab (Pty) Ltd. IAMOT, 2015: <http://www.iamot2015.com/documents/FutureThinkingAndMOT-IAMOT2015.pdf>.

Gráfico 1: Evolução da Nanotecnologia



Fonte: COLEMAN, Kevin.²⁵¹

Na imagem a seguir se pode verificar a quantidade de produtos com nanotecnologia já disponíveis no mercado consumidor global (dados de outubro de 2016):

Imagem 1 – Dados Statnano A



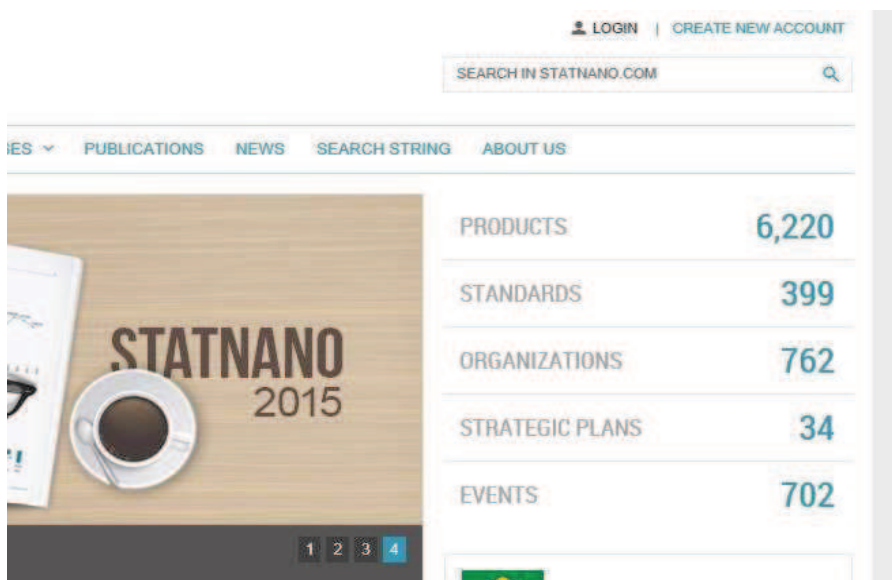
Fonte: Nanotechnology...²⁵²

²⁵¹ COLEMAN, Kevin. Nanotechnology and the fight against terrorism. Advanced Nanotech Lab. Publicado em 19 jul. 2016. Disponível em <<https://antlabindia.wordpress.com/>> Acesso em 01 jul 2017.

²⁵² Nanotechnology Products Database. Disponível em <<http://product.statnano.com/>> Acesso em 01 jul. 2017.

Após um mês, já é possível verificar, no mesmo espaço virtual, aumento substancial no número de produtos, em conformidade com os seguintes dados relativos a novembro de 2016:

Imagem 2 – Dados Statnano B



The screenshot shows the Statnano website interface. At the top right, there are links for 'LOGIN' and 'CREATE NEW ACCOUNT'. Below that is a search bar labeled 'SEARCH IN STATNANO.COM'. The main navigation menu includes 'PUBLICATIONS', 'NEWS', 'SEARCH STRING', and 'ABOUT US'. A large banner image on the left features a coffee cup and the text 'STATNANO 2015'. To the right of the banner is a table with the following data:

| | |
|-----------------|-------|
| PRODUCTS | 6,220 |
| STANDARDS | 399 |
| ORGANIZATIONS | 762 |
| STRATEGIC PLANS | 34 |
| EVENTS | 702 |

Fonte: Nanotechnology...²⁵³

Em janeiro de 2017 já se pode verificar dados ainda mais elevados, que representam aumento no número de produtos nano de aproximadamente 12,6% em dois meses:

Imagem 3 – Dados Statnano C



The screenshot shows the 'Nanotechnology Products Database' website. The page features a navigation bar with 'HOME', 'ABOUT US', 'ORGANIZATION', 'CONTACT', and 'PUBLICATIONS'. Below the navigation bar is an 'INTRODUCTION' section. A large banner image at the bottom of the page displays the following statistics:

| | | |
|---------------|----------------|--------------|
| 7004 PRODUCTS | 1055 COMPANIES | 51 COUNTRIES |
|---------------|----------------|--------------|

²⁵³ Nanotechnology Products Database. Disponível em <<http://product.statnano.com/>> Acesso em 01 jul. 2017.

Fonte: Nanotechnology...²⁵⁴

Esses indicadores fornecidos constantemente pelo sítio “statano.com” ou *Nanotechnology Products Database*, revelam a efusiva profusão de nanoproductos pelo mundo, que tende a dominar progressivamente os mais diversos setores da economia.

Dados coletados em 13 de julho de 2017, demonstram, por outro lado, pequena retração no número de produtos nano, com redução de 1,82%, diferente do número de empresas que introduziram a nanotecnologia em sua atividade produtiva, cujo aumento foi de 26,3%:

Imagem 4 – Dados Statnano D



Fonte: Nanotechnology...²⁵⁵

Como também se pode observar, o setor automotivo ocupa importante espaço, representando cerca de 6,6% do total de nanoproductos registrados no mundo atualmente. O Brasil ainda não está entre o rol de países que possuem companhias reconhecidas como fabricantes do setor, conquanto algumas universidades brasileiras destaquem-se na produção de artigos científicos sobre nanotecnologia, sendo, dentre elas, a Universidade de São Paulo – USP a mais bem colocada:

²⁵⁴ Nanotechnology Products Database. Disponível em <<http://product.statnano.com/>> Acesso em 01 jul. 2017.

²⁵⁵ Nanotechnology Products Database. Disponível em <<http://product.statnano.com/>> Acesso em 13 jul. 2017.

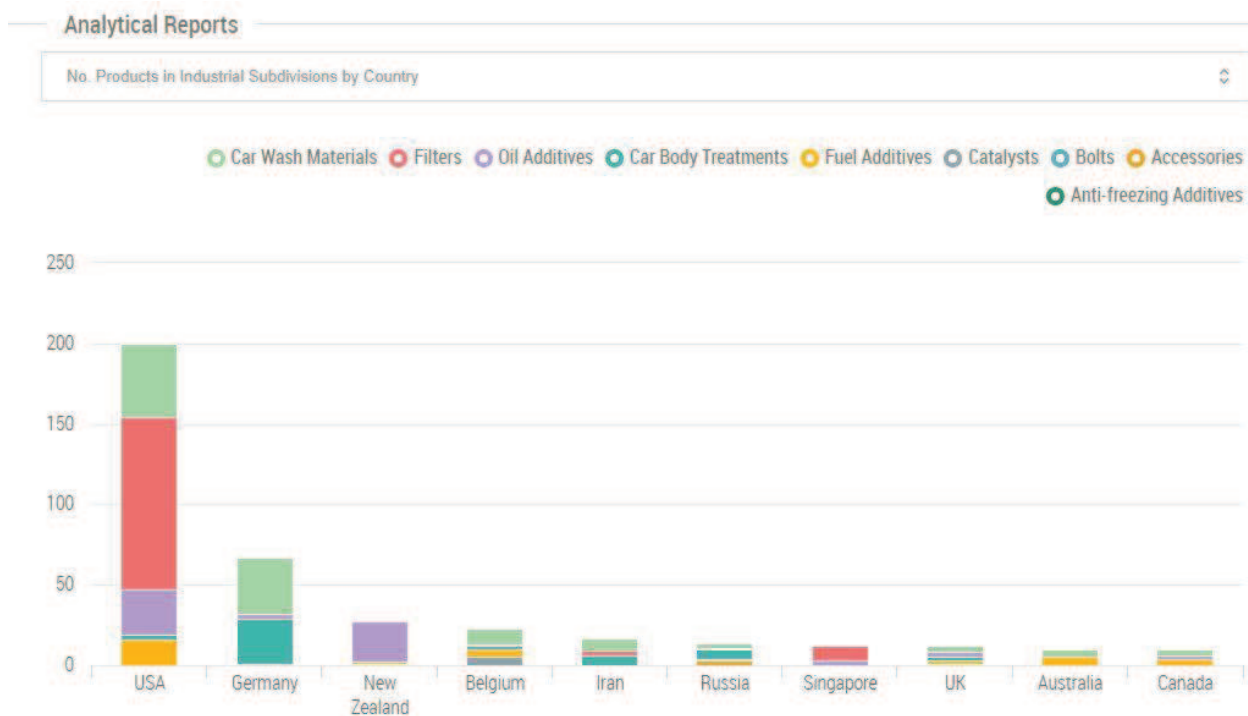
Imagem 5 - Dados Statnano E



Fonte: Nanotechnology...²⁵⁶

O gráfico a seguir mostra o número de produtos fabricados no ramo automotivo, dividido por países, de acordo com o quê e qual a média produzida:

Gráfico 2 – Aplicação de Nanoprodutos no Setor Automotivo por Países

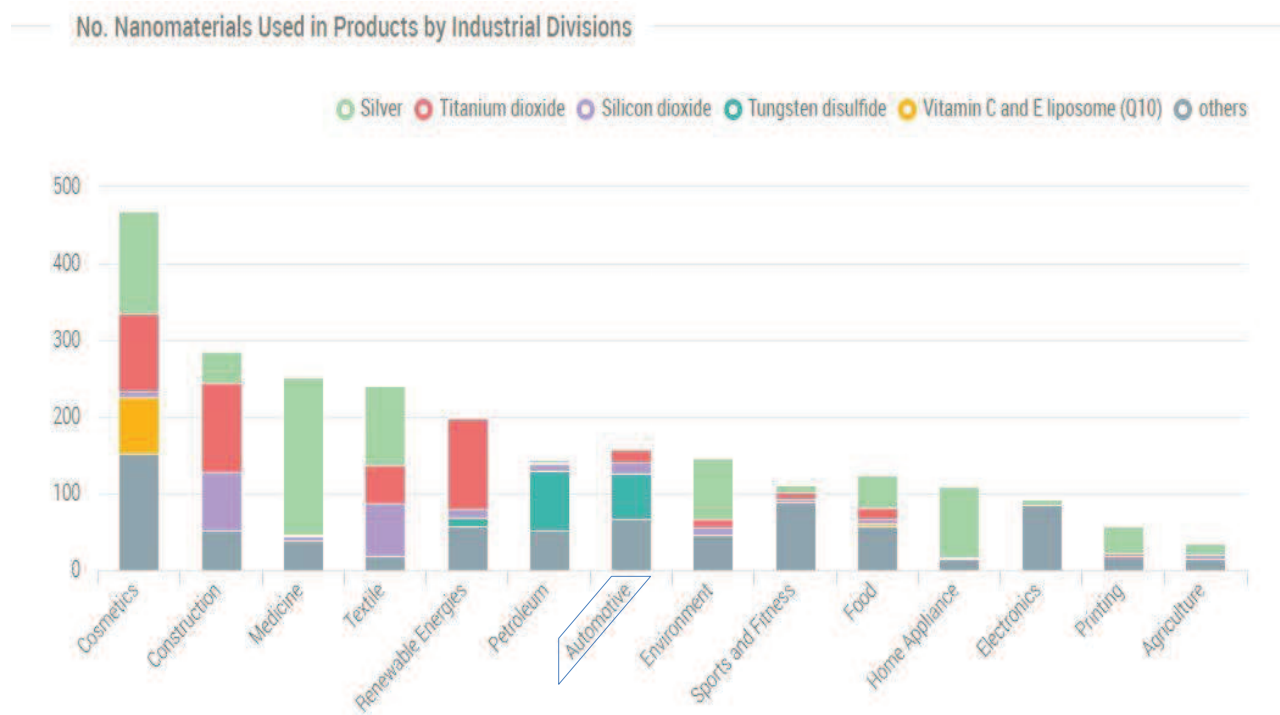


Fonte: Nanotechnology...²⁵⁷

²⁵⁶ Nanotechnology Products Database. Disponível em <<http://product.statnano.com/>> Acesso em 13 jul. 2017.

Sequencialmente, pode-se verificar os materiais mais utilizados em escala nano para o desenvolvimento dos itens identificados no gráfico anterior:

Gráfico 3 – Nanomateriais Utilizados no Setor Automotivo



Fonte: Nanotechnology...²⁵⁸

Os elementos com maior frequência encontrados na fabricação de nanoprodutos no setor automotivo são dióxido de titânio, dióxido de silício e dissulfureto de tungstênio, de acordo com o *Statnano*.

²⁵⁷ Nanotechnology Products Database. Disponível em <<http://product.statnano.com/>> Acesso em 13 jul. 2017.

²⁵⁸ Nanotechnology Products Database. Disponível em <<http://product.statnano.com/>> Acesso em 13 jul. 2017.

4 A GESTÃO DE RISCOS COMO DEVER IMPLÍCITO AO ARTIGO 931 DO NOVO CÓDIGO CIVIL: A IMPORTÂNCIA DA CONSTRUÇÃO DO *FRAMEWORK*

Toda atividade empresarial envolve riscos. O risco é algo inerente à praticamente toda e qualquer ação humana e à própria vida, portanto. Niklas Luhmann, em sua obra traduzida para o espanhol com o título *Sociología del riesgo*, já afirmava *no existe ninguna conducta libre de riesgo*²⁵⁹. No que diz respeito às teorias sobre o que abrange o termo “risco”, consoante Jenny Steele²⁶⁰:

In particular, theorists using the term "risk" are divided in whether the most significant thing about this term is thought to be the threat or uncertainty which it implies, or else (on the contrary) the means of responding to threats and uncertainties which its use brings with it. Consequently, they are divided on the question of whether "risk" encapsulates the weakness of human decision-makers in the face of hazards and the unknown, thus compromising the power to act; or whether it encapsulates the very opposite, the route by which human beings may achieve control over their own destinies, providing the means to action and decision.

Há, pois, dúvidas baseadas em saber se o núcleo do termo encerra, mais apropriadamente, as noções de ameaça ou de incerteza que lhes são imanentes ou, ainda, se diz quanto às alternativas para responder às ameaças e incertezas nele contidas. A autora aborda também o risco como um recurso da tomada de decisão²⁶¹ e coteja o cerne do risco a algo, em princípio, simples: “That is, we are faced with a situation of 'risk' when circumstances may (or importantly, may not) turn out in a way that we do not wish for.”²⁶² Quer dizer, circunstância em que se avista abertura para

²⁵⁹ LUHMANN, Niklas. **Sociología del riesgo**. Universidad Iberoamericana / Universidad de Guadalajara. Colección Labirinto de cristal. Coord. Carlos Sedano. Traducción: Silvia Pappe, Brunhilde Erker, Luis Felipe Segura. Coord. de traducción: Javier Torres Nafarrate. 1992, p. 72.

²⁶⁰ Tradução nossa: “Em particular, os teóricos que usam o termo “risco” estão divididos em saber se a coisa mais importante sobre este termo é a ameaça ou a incerteza que ela implica, ou então (pelo contrário) os meios de responder às ameaças e incertezas que o seu uso traz consigo. Conseqüentemente, eles estão divididos sobre a questão de saber se o “risco” encapsula a fraqueza dos tomadores de decisão humanos diante dos perigos e do desconhecido, comprometendo assim o poder de agir; ou se encapsula o oposto, a rota pela qual os seres humanos podem alcançar o controle de seus próprios destinos, proporcionando os meios para ação e decisão”. STEELE, Jenny. **Risks and legal theory**. Legal Theory Today. Hart Publishing. Oxford and Portland Oregon. 2004, p. 03.

²⁶¹ Idem, p. 08.

²⁶² Tradução nossa: “Ou seja, somos confrontados com uma situação de ‘risco’ quando as circunstâncias podem (ou, o mais importante, não podem) sair de uma maneira que não desejamos. STEELE, Jenny. **Risks and legal theory**. Legal Theory Today. Hart Publishing. Oxford and Portland Oregon. 2004, p. 06.

que algo indesejado ocorra. Notadamente, isto conduzirá à necessidade ou o dever de tomar-se qualquer decisão com maior cautela.

Todavia, quando se está diante da atividade denominada “empresa”, tem-se uma organização voltada ao desenvolvimento, fabricação, distribuição ou comércio de produtos ou serviços, e que, por meio da construção de processos de trabalho organizados, pode projetar desde a concepção da matéria prima até a obtenção de mão-de-obra especializada, promovendo a circulação de mercadorias em uma sociedade, com o fito de lucro. É da idiossincrasia da empresa, portanto, constituir-se de um emaranhado de decisões que direcionam seus rumos a todo instante e podem resultar em expressivo proveito financeiro ou, mesmo, na própria ruína. Luhmann, relativamente ao aspecto econômico jungido à definição de risco, acrescenta²⁶³:

En nuestros días el concepto de riesgo aparece en las especialidades científicas más diversas e inclusive en las ciencias más variadas. Al manejo estadístico tradicional de los cálculos de riesgo se añade ahora la investigación económica, que debe a un bosquejo de Frank Knight sugerencias de gran importancia. Originalmente se trata allí de una justificación de la ganancia empresarial por medio de la función de la absorción del margen de inseguridad. Ciertamente la idea no era nueva: se encuentra ya en Fichte, referida a la propiedad básica y a la diferenciación en estamentos. Sin embargo, en un contexto económico moderno se logra con ello, de una manera bastante ingeniosa, una vinculación de las teorías macro y microeconómicas. No obstante, la distinción de Knight entre riesgo e inseguridad se ha convertido desde entonces en una especie de dogma inamovible, con la consecuencia de que cualquier innovación conceptual se expone inmediatamente a la objeción de no hacer uso correcto de la idea.

O sociólogo, aduzindo sobre as diversas concepções de risco adotadas nas mais diversas especialidades e ciências, reporta-se à área econômica na qual é comum que o setor empresarial utilize-se de cálculos para análise da margem de insegurança de suas atividades, na tentativa de dissipá-la tanto quanto a técnica permitir, evitando que o lucro seja afetado por uma externalidade negativa aleatória. Trata-se de cálculo do problema de como os danos poderiam ser evitados, sem que se tenha de abrir mão das oportunidades. Nesta perspectiva, contempla que²⁶⁴

²⁶³ LUHMANN, Niklas. **Sociología del riesgo**. Universidad Iberoamericana / Universidad de Guadalajara. Colección Labirinto de cristal. Coord. Carlos Sedano. Traducción: Silvia Pappé, Brunhilde Erker, Luis Felipe Segura. Coord. de traducción: Javier Torres Nafarrate. 1992, p. 61.

²⁶⁴ Idem, p. 62.

Según una opinión muy extendida, el concepto de riesgo sería un concepto que ha de determinarse en oposición a la noción de seguridad. En la retórica política, esto tiene la ventaja de que quien se pronuncia en contra de empresas demasiado riesgosas aparece como alguien que sinceramente considera de gran importancia el valor de la seguridad, como alguien que se tiene en alta estima. Esto conduce rápidamente (en ocasiones demasiado rápidamente) a la idea de que, en realidad, se quiere y se desea la seguridad, pero que bajo las condiciones actuales del mundo no puede hacerse otra cosa que aventurarse y correr riesgos.

Con ello la forma del riesgo se convierte en una variante de la distinción favorable-desfavorable. Una versión algo más refinada se presenta entre los expertos en seguridad. Su experiencia profesional les enseña que es imposible alcanzar una seguridad absoluta. Siempre hay algo imprevisto que puede ocurrir. A causa de esto, el uso que le dan al concepto de riesgo se refiere a su aspiración de alcanzar la seguridad y la precisión numérica de la dimensión de lo razonablemente alcanzable. La transición de los análisis de riesgo determinístico a los análisis de riesgo probabilístico, corresponde a esto.

Mesmo reiterando sobre a inviabilidade de obter-se a segurança absoluta, sustenta que o uso do conceito de risco está atrelado à intenção de alcançar a segurança, por meio do exame de probabilidades que podem dimensionar o problema. Faz ainda distinção entre risco e perigo²⁶⁵:

Esta distinción supone (y así se diferencia precisamente de otras distinciones) que hay una inseguridad en relación a daños futuros. Se presentan entonces dos posibilidades. Puede considerarse que el posible daño es una consecuencia de la decisión, y entonces hablamos de riesgo y, más precisamente, del riesgo de la decisión. O bien se juzga que el posible daño es provocado externamente, es decir, se le atribuye al medio ambiente; y en este caso, hablamos de peligro.

Essa discriminação torna-se pertinente dado o comum embaraço que faz com que nem sempre se possa distinguir um de outro conceito. Partindo-se da insegurança em relação a danos futuros, segundo menciona, ou se considera a hipótese de dano como consequência de uma decisão – quando se estaria diante de “risco” – ou se considera a possibilidade de dano provocado por fator externo, atribuído ao meio ambiente, por exemplo, quando, então, ter-se-ia “perigo”.

As incertezas e ameaças representadas pelo risco devem ser sopesadas, em atenção às particularidades da empresa. Tendo em vista que a finalidade lucrativa

²⁶⁵ LUHMANN, Niklas. **Sociología del riesgo**. Universidad Iberoamericana / Universidad de Guadalajara. Colección Labirinto de cristal. Coord. Carlos Sedano. Traducción: Silvia Pappe, Brunhilde Erker, Luis Felipe Segura. Coord. de traducción: Javier Torres Nafarrate. 1992, p. 65.

irá definir a responsabilidade independente de culpa de todos os representantes da cadeia produtiva, eis que o Código Civil de 2002, de acordo com a doutrina, consagra em seu artigo 927 o princípio do *Ubi emolumentum, ibi et onus esse debet*, ou seja, aquele que auferir bônus ao desempenhar atividade danosa, deve suportar o ônus decorrente dela. E trata-se, o ônus, de justa reparação por lesões *lato sensu* que vier a causar. O parágrafo único do citado artigo, como já consignado noutra oportunidade, também estabelece a teoria do risco criado, que nas palavras de Caio Mário da Silva Pereira, é assim designada: “aquele que, em razão de sua atividade ou profissão, cria um perigo, está sujeito à reparação do dano que causar, salvo prova de haver adotado todas as medidas idôneas para evitá-lo”.²⁶⁶ Conveniente destacar que, conquanto se trate de responsabilização objetiva, há ressalva no tocante à prova de que o causador do dano empreendeu todos os esforços no sentido de evitar sua efetiva ocorrência. Daí reponta a significância da gestão do risco.

Se nas atividades comuns em que se consegue delimitar quais serão os riscos em geral a que sócios ou empresários estarão expostos, já se faz necessária a confecção de estratégias (desde que haja gestão preocupada com a condução próspera e segura dos negócios) para que uma possível eventual necessidade de reparação, devido ao seu volume, não seja capaz de obstar a continuidade das atividades, muito maior e mais alarmante será a imposição de confecção estratégica para a gestão de riscos sequer conhecidos.

Neste contexto, entram em cena modelos de gestão adotados estrategicamente pelos gestores, com base na cultura, nas crenças, nos valores e na composição organizacional²⁶⁷ da sociedade empresária. Distante de intentar-se, por este estudo, aprofundamento na definição de conceitos próprios da Administração, trabalhar-se-á somente com a noção basilar de que o modelo de gestão é algo que serve para orientar o funcionamento de uma empresa, tal como um mapa²⁶⁸ que indica os caminhos a serem percorridos para alcance dos objetivos daquela instituição. Trata-se de algo adotado por muitas das empresas que compreendem a complexidade do mercado atual e que apostam em melhorias

²⁶⁶ PEREIRA, Caio Mário da Silva. **Instituições de direito civil**. 12ª ed., atualizada por Régis Fichtner. São Paulo: Editora Forense, 2006, volume 3, p. 102.

²⁶⁷ SCATENA, Maria Inês Caserta. **Ferramentas para a moderna gestão empresarial**: teoria, implementação e prática. Curitiba: InterSaber, 2012, p. 119.

²⁶⁸ Idem.

contínuas para se manterem competitivas e atentas às tendências e inovações produzidas em seu seguimento e mesmo pela concorrência.

Henry Mintzberg afirma que, há tempos, a palavra “estratégia” vem sendo empregada de diferentes maneiras²⁶⁹. Ele as apresenta em cinco perspectivas, que denomina “os cinco ps para a estratégia”. A primeira definição trata da estratégia como “plano”, ou seja, uma espécie de diretriz ou um conjunto de diretrizes que servem para lidar com determinada situação²⁷⁰. As duas características essenciais desta definição são a sua anterioridade em relação às ações para as quais foram formuladas e o seu desenvolvimento consciente e proposital²⁷¹.

O autor também cita estratégia como “padrão”, que engloba o comportamento resultante²⁷². Noutras palavras, é consistência no comportamento²⁷³. Esta é compreendida não como rigidez de procedimentos, mas como a reiteração de uma abordagem bem-sucedida adotada pela empresa. Uma vez verificado o sucesso de um procedimento, passa-se a adotá-lo como padrão. Há também a referência à estratégia como pretexto, “uma manobra específica para superar um oponente ou concorrente”²⁷⁴.

Há também a estratégia como posição. Significa localizar uma organização em seu “ambiente”²⁷⁵. A estratégia torna-se a força mediadora entre organização e ambiente, ou, entre o contexto interno e externo²⁷⁶. Torna-se um “nicho”, um local que gera “renda” e, em termos administrativos, um “domínio de produto-mercado”²⁷⁷.

A quinta definição transfere o olhar para dentro da organização. Trata-se da estratégia como perspectiva. É a maneira como a empresa olha para o mundo, funcionando como a personalidade de um indivíduo²⁷⁸ que dita seu comportamento social. Torna-se imprescindível, para a elaboração de modelos de gestão, portanto, que já tenham sido concebidos os valores da empresa, sua conduta, sua visão,

²⁶⁹ MINTZBERG, Henry et al. **O Processo da Estratégia** - Conceitos, Contextos e Casos Seleccionados. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007, p. 24.

²⁷⁰ Idem.

²⁷¹ Idem.

²⁷² Idem.

²⁷³ Idem.

²⁷⁴ Ibidem.

²⁷⁵ Idem, p. 26.

²⁷⁶ MINTZBERG, Henry et al. **O Processo da Estratégia** - Conceitos, Contextos e Casos Seleccionados. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007, p. 26.

²⁷⁷ Idem.

²⁷⁸ Idem, p. 27.

seus objetivos, sua estratégia,²⁷⁹ sua composição e sua disponibilidade de recursos, a partir dos quais será elaborado o planejamento estratégico.

Dentre as possibilidades existentes para a elaboração de estratégias empresariais, tem-se a denominada Análise de SWOT, também chamada Matriz F.O.F.A, em português. SWOT é uma sigla formada pela letra inicial das palavras *strengths*, *weaknesses*, *opportunities* e *threats*, que se traduzem em “força”, “fraquezas”, “oportunidades” e “ameaças”. Esta ferramenta pressupõe que, para o sucesso de uma organização, é imprescindível seu conhecimento quanto às oportunidades e às ameaças apresentadas pelo mercado a que pertence – estrutura externa –, bem como quanto às suas forças e fraquezas – estrutura interna²⁸⁰. A análise de SWOT, desta forma, consiste no exercício de se analisar a empresa sob o ponto de vista interno e externo.²⁸¹

Para que se possa adentrar propriamente aos possíveis riscos trazidos pela nanotecnologia ao setor empresarial, no que tange à responsabilização ínsita no artigo 931 do CC de 2002, se poderá tomar como base uma sociedade hipotética, chamada XWV, cuja atividade principal é a fabricação de componentes de ar condicionado automotivo à base de nanotecnologia. Para viabilizar um plano estratégico no que diz respeito à minimização de futuros impasses envolvendo a responsabilidade nanotecnológica, para o que será elaborado um *framework*, antes, é necessário que possamos enxergar a empresa, contemplando o seu ambiente interno e externo. Isto será importante não apenas para o levantamento dos riscos, mas também para o cálculo que será feito no momento de se decidir se valerá a pena corrê-los ou não. Serão os benefícios mais atraentes do que os malefícios do ponto de vista empresarial? Esta pergunta, em geral, será respondida de forma positiva por uma simples razão: os benefícios do advento da nanotecnologia nos mais diferentes setores são palpáveis. De fato, estão visíveis, tanto na forma de vultuosos investimentos, quanto na forma de produtos incrivelmente eficientes que cumprem funções jamais vistas e que, por essa razão, não encontrarão dificuldades para adentrar ao mercado e dominá-lo caso possam ser produzidos em larga escala, resultando em lucros imensos, também bastante tangíveis. Por outro lado, onde estarão os malefícios? Afinal, quem os enxerga? Se nem mesmo a Ciência foi

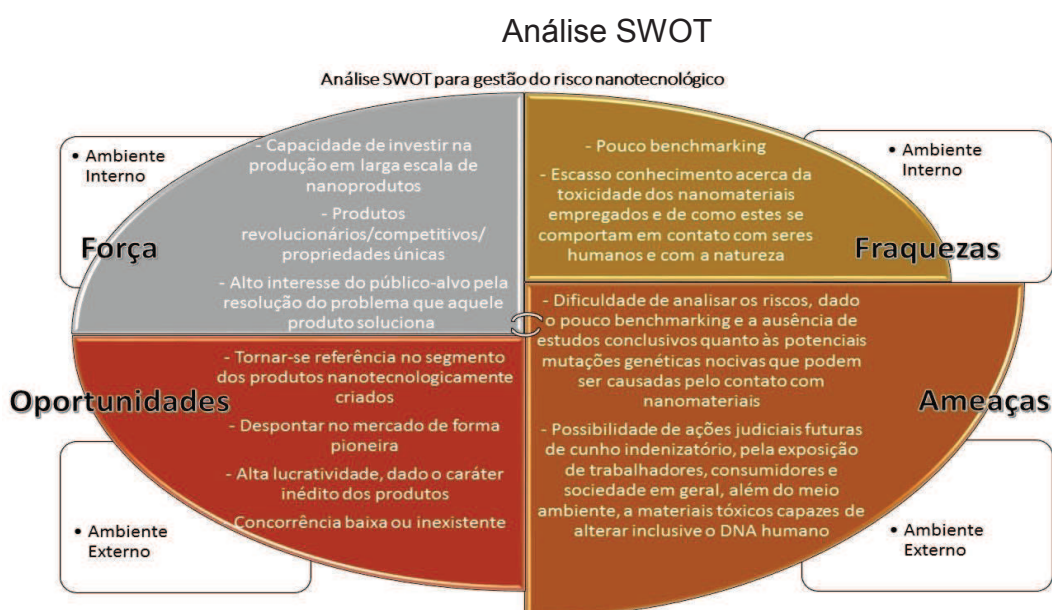
²⁷⁹ SCATENA, Maria Inês Caserta. **Ferramentas para a moderna gestão empresarial**: teoria, implementação e prática. Curitiba: InterSaber, 2012, p. 120.

²⁸⁰ Idem, p. 121

²⁸¹ Idem, p. 122

capaz de comprová-los de maneira categórica e absoluta, por que a classe empresarial haveria de se preocupar? Será nesta geração encontrado nexos de causalidade que possa ligar os nanoproductos a alguma espécie de moléstia humana ou dano ambiental? Será adotada a causalidade jurídica? Não existem respostas claras para estas perguntas, assim como não há clareza quanto à nocividade da manipulação nanotecnológica. Porém, ninguém duvida dos benefícios que esta é capaz de provocar. Grosso modo, são estas as razões pelas quais já é utilizada nos mais diferentes ramos.

Tomada pois, como certa, a introdução de produtos à base de nanotecnologia no setor de ar condicionado automotivo, tem, a empresa hipotética XWV de posicionar-se, investindo na sua capacidade de desenvolvimento e fabricação em massa. A seguir, elaborar-se-á, pois, esboço da análise de SWOT da XWV para sondagem dos pontos favoráveis e desfavoráveis de seu negócio, bem como para gestão do risco nanotecnológico:



Fonte: elaborado pela autora.²⁸²

Tão inequívoco quanto o fato de que as oportunidades, com facilidade, atraem os gestores e sócios da XWV, é o fato de que existem ameaças importantes e graves a serem consideradas. De forma realística, as ameaças não impedirão, certamente, os avanços na concepção de maior número de nanoproductos e maior

²⁸² Layout adaptado a partir de: <http://excelenciaemprojetos.com/?p=214>. Acesso em 15 jul. 2017.

capacidade em produzi-los em larga escala, pois as oportunidades jamais serão ignoradas, tendo em vista a viabilidade proporcionada pelas forças da empresa. Por seu turno, as ameaças, longe de serem desprezadas, devem impor a adoção de um plano estratégico voltado a reduzir suas proporções em meio à Matriz F.O.F.A., cuja composição deve ser feita periodicamente²⁸³ para exame do potencial de crescimento da empresa e dos riscos e perigos derivados deste crescimento, devido às suas circunstâncias dinâmicas.

Neste âmbito precipita-se a importância da construção de um *framework*, atento às fraquezas e ameaças que podem obstar a continuidade da empresa, desenvolvido para a gestão do risco representado pela nanotecnologia, auxiliando gestores no alcance de técnicas específicas e na tomada de decisões para este fim.

²⁸³ SCATENA, Maria Inês Caserta. **Ferramentas para a moderna gestão empresarial**: teoria, implementação e prática. Curitiba: InterSaberes, 2012, p.122.

5 METODOLOGIA

Neste capítulo, apresentam-se as técnicas utilizadas na composição da proposta pesquisa. Inicialmente, é preciso referir da produção um tanto escassa de trabalhos científicos realizados no Brasil sobre nanotecnologia, o que interferiu, no sentido de tornar complexo o acesso a dados relevantes. Essa foi uma das primeiras dificuldades enfrentadas, mas superada em parte através da seleção de sítios eletrônicos internacionais confiáveis para alcance de informações precisas e atualizadas. Outro aspecto a ser considerado é o hesito das empresas privadas em fornecer dados sobre seus processos de concepção e produção, no âmbito tecnológico, para que, uma vez estudados, pudessem contribuir com a pesquisa acadêmica e resultar em propostas de gestão dos riscos, tal como se sugere nesta. Tais informações seriam fortemente enriquecedoras, mas por razões quiçá relativas à confidencialidade, não puderam ser obtidas, conquanto tivessem sido ideadas inicialmente.

Acerca do método de abordagem utilizado, ressalta-se o emprego de pesquisa qualitativa. A adoção deste modelo depreende-se a partir da observação de que não apenas a representatividade numérica²⁸⁴ é considerada, mas também a compreensão das instituições relativas ao tema proposto. Nesse cenário, busca-se explicar a motivação daquilo que se constata, a dinâmica das relações²⁸⁵, sem apelar-se para modelos uníssonos e limitados. Ou seja, parte-se da necessidade de compreensão de aspectos não quantificáveis.

Do mesmo modo, trata-se de pesquisa quantitativa, ao passo que, em algumas ocasiões, haverá resultados quantificáveis, como os que derivam do levantamento de dados acerca dos investimentos feitos em pesquisas de desenvolvimento, acerca do progressivo aumento de nanoproductos fabricados no mundo no decorrer desta pesquisa, etc. Trata-se, pois, de circunstância mensurável objetivamente e quantitativamente²⁸⁶. A pesquisa quantitativa, portanto, complementa a qualitativa e vice-versa.

²⁸⁴ SILVEIRA, Denise Tolfo; CÓRDOVA, Fernando Peixoto. **Métodos de pesquisa**. Org. Tatiana Engel e Denise Tolfo Silveira; coord. Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009, p. 31-32.

²⁸⁵ Idem.

²⁸⁶ Idem, p. 33-34.

Quanto aos objetivos perseguidos, frisa-se a assunção de pesquisa exploratória. A ideia nela implícita é a de proporcionar maior familiaridade com o tema, mediante bibliografia e análise de exemplos²⁸⁷ que possam conduzir à compreensão mais facilmente.

No que tange aos procedimentos, foram fundamentalmente utilizados os métodos de pesquisa bibliográfica, ou seja, o aparato teórico já analisado encontrado em livros e artigos científicos²⁸⁸, bem como de pesquisa documental, a qual se reúne a partir de fontes esparsas não analisadas, a exemplo de jornais, revistas e documentos oficiais.²⁸⁹

Nesta pesquisa, construiu-se, ainda, um *framework*, que se trata de método que vem sendo empregado na gestão e análise de dados qualitativos desde a década de 1980, cuja origem se deu em meio a pesquisas de política social em larga escala.²⁹⁰ Este foi instruído com base no referencial teórico acumulado, adaptado ao contexto empresarial e social criado pela nanotecnologia.

O procedimento para fundamentar a proposta do *framework* foi, primeiramente, a realização de uma revisão bibliográfica através da qual foi possível identificar os principais impasses havidos para empresas e sociedades empresárias cuja atividade envolve nanotecnologia, no campo da responsabilidade civil. Com base nisso, definiu-se a versão inicial do *framework*.

Posteriormente, executou-se a coleta de dados acerca de nanoprodutos pertencentes ao ramo do ar condicionado automotivo já expostos no mercado, conforme se pode observar no Capítulo 6, bem como análise e avaliação de normas nacionais e internacionais que podem preencher a lacuna na orientação dos procedimentos a serem adotados pelas empresas do setor. O resultado desta avaliação é apresentado no Capítulo 7.

As normas utilizadas na confecção do *framework* fundamentam-se na *International Organization for Standardization* (ISO) que abrange a norma ISO

²⁸⁷ SILVEIRA, Denise Tolfo; CÓRDOVA, Fernando Peixoto. **Métodos de pesquisa**. Org. Tatiana Engel e Denise Tolfo Silveira; coord. Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009, p. 35.

²⁸⁸ GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007, p. 44.

²⁸⁹ FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila, p. 32.

²⁹⁰ GALE, Nicola K. et al. Using the framework method for the analysis of qualitative data in multi-disciplinary health research. Publicado em 18 set. 2013. BMC Medical Research Methodology. Disponível em <<https://bmcmmedresmethodol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2288-13-117>> Acesso em 28 jul 2017.

31000, a qual define o risco como o efeito da incerteza nos objetivos e, precisamente, a ISO 31010, uma norma de apoio à ABNT NBR ISO 31000, que fornece orientações sobre a seleção e aplicação de técnicas sistemáticas para o processo de avaliação de riscos. Sustenta-se, igualmente, no documento elaborado nos Estados Unidos pela NNI: U.S. *National Nanotechnology Initiative*, publicado em 2016 e denominado “Quantifying Exposure to Engineered Nanomaterials (QEEN) from Manufactured Products Addressing Environmental, Health, and Safety Implications”²⁹¹ ou “Quantificando a Exposição aos Nanomateriais Engenheirados (QEEN) de Produtos Manufaturados – Abordando implicações ambientais, de saúde e de Segurança”.

No que diz respeito à estrutura, o *framework* é comumente desenvolvido e compreendido como uma ferramenta que serve para introduzir e descrever a teoria que explica porque razão o problema de pesquisa existe.²⁹² Ou seja, o *framework* abrange definições, conceitos e teorias abarcadas pela referência acadêmica utilizada ao longo de todo o trabalho de pesquisa. Por isso, deve trazer em seu bojo aspectos importantes que foram levantados pelos pressupostos teóricos e práticos contidos na doutrina e demais fontes selecionadas.

O *framework* tem como objetivo propor estratégias para possíveis soluções previamente identificadas, *in casu*, adequadas às novas circunstâncias de trabalho e de consumo inauguradas pela nanotecnologia. Para que se possa compreender em que estágio da pesquisa o *framework* se encontra, John Latham explicita toda a estrutura de um projeto, identificando, basicamente, dois grupos, chamados de “T” e “U”²⁹³. O grupo “T” é composto por: problema, objetivo, questões de pesquisa e estrutura *framework* “estrutura conceitual”²⁹⁴. O grupo “U” é composto por: metodologia, incluindo revisão bibliográfica, coleta de dados, análise de dados e conclusões²⁹⁵. Veja-se a seguir²⁹⁶:

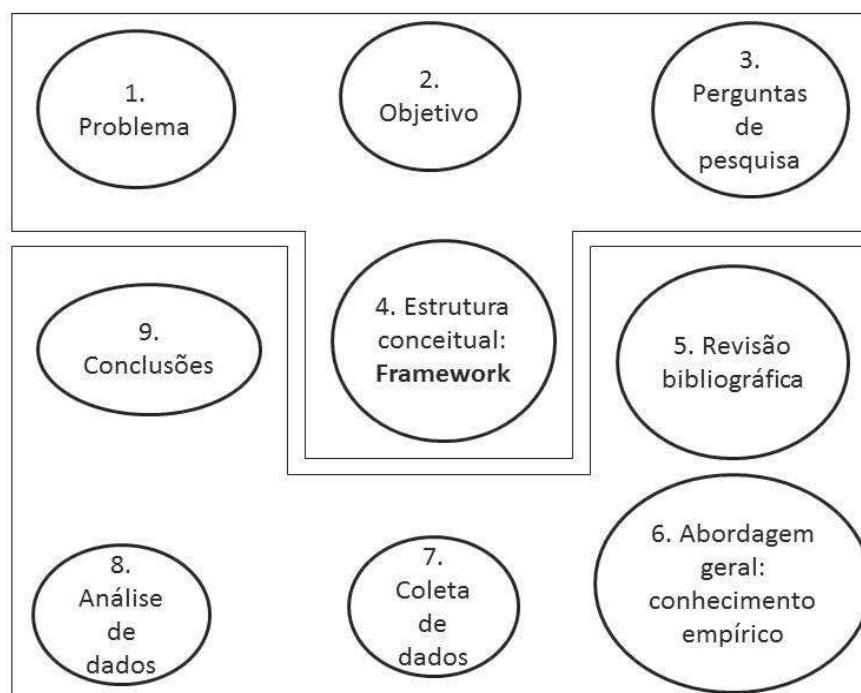
²⁹¹ QUANTIFYING Exposure to Engineered Nanomaterials (QEEN) from Manufactured Products Addressing Environmental, Health, and Safety Implications. *National Nanotechnology Initiative*. Disponível em <https://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/qeen_workshop_report_2016.pdf> Acesso em 15 jul 2017.

²⁹² ORGANIZING your Social Sciences Research Paper: Theoretical Framework. Disponível em <<http://libguides.usc.edu/writingguide/theoreticalframework>> Acesso em 15 jul. 2017.

²⁹³ LATHAM, John. Research Methods Framework. Disponível em <<http://johnlatham.me/frameworks/research-methods-framework/>> Acesso em 28 jul 2017.

²⁹⁴ Idem.

²⁹⁵ Idem.



Deve-se, consoante John Latham, obter-se primeiro o “T” da pesquisa, cujo último estágio abrange a confecção do *framework*, que acarreta em um diagrama do tópico do trabalho, incluindo fatores-chave que influenciem as relações causadas pelo problema. Essa tarefa é realizada em conjunto com o desenvolvimento das questões, conforme orienta Latham.

Igualmente elaborou-se pesquisa jurisprudencial em meio aos *sites* dos Tribunais de Justiça nacionais, realizada no mês de maio de 2017. Para tanto, as expressões utilizadas no campo de busca foram *Art. 931*, *nanotecnologia*, *nanoprodutos* e *responsabilidade objetiva*, o que trouxe um panorama escasso de resultados em que o Art. 931 do Código Civil de 2002²⁹⁷ é invocado a protagonizar o deslinde das ações de responsabilidade civil. Este resultado importou na compreensão sobre a forma como tendem a ser julgados os futuros casos de responsabilização nanotecnológica quando sustentados no aludido dispositivo legal.

²⁹⁶ Trata-se de esboço do quadro criado por John Latham em 2014, que o intitulou “Um quadro para projetar e alinhar o “DNA” do seu estudo”. Disponível em <https://i2.wp.com/johnlatham.me/wp-content/uploads/2016/11/Research_Framework_Detailed.png> Acesso em 28 jul. 2017.

²⁹⁷ BRASIL. **Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Institui o Código Civil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406.htm>. Acesso em: 13 set. 2017.

6 COLETA DE DADOS

Neste capítulo serão apresentados dados coletados em sítios eletrônicos especializados em nanotecnologia, especialmente providos de informações referentes às inovações do setor automotivo.

6.1 Dados sobre a Produção Industrial de Nanotecnologias em Aparelhos de Ar Condicionado

Páginas virtuais consultadas:

- a) Nanotechnology Products Database, disponível em: <http://statnano.com>;
- b) <http://nanogloss.com>;
- c) <http://azonano.com>;
- d) <http://acrlatinoamerica.com>;
- e) <http://inovacaotecnologica.com.br>.

Conforme já mencionado, a nanotecnologia influenciará e transformará, inevitavelmente, todos os setores da economia e, com isso, o cotidiano de todos que convivem em sociedade. Trará modificações de toda sorte, inclusive biológicas, que afetarão o meio ambiente e mesmo os seres vivos que jamais poderão tomar partido diante das decisões humanas responsáveis por estas modificações. Resta-lhes, assim como ao restante da natureza, confiar.

A indústria automotiva há muito vem se destacando na utilização da nanotecnologia. Carros estão sendo projetados de maneira que jamais se imaginaria possível antes. São vidros que não embaçam e repelem água, tornando as palhetas de para-brisa obsoletas; chassis que desamassam sozinhos; pintura capaz de autorregenerar-se depois de arranhada a lataria, tecidos autolimpantes, dentre outros.

Divulgando algumas destas inovações, a revista eletrônica especializada em nanotecnologia Nanogloss assim publicou²⁹⁸:

²⁹⁸ Tradução nossa: “Nos carros contemporâneos, uma grande parte do peso do veículo é devido ao peso do motor e do sistema de transmissão do veículo. Como resultado, os carros são fome de combustível por causa da necessidade de empurrar para a frente uma máquina tão pesada. No entanto, com o advento das ligas, os motores foram feitos mais leves, mas não suficiente para

In contemporary cars, a large share of the vehicle's weight is due to the weight of the engine and the transmission system of the vehicle. As a result, cars are fuel-hungry because of the need to push forward such a heavy machine. Nonetheless, with the advent of alloys, engines were made lighter somewhat but not sufficient to make them fuel-efficient. The answer came with the arrival of nanotechnology. With nanotechnology, engines and parts were made a lot lighter, thus eliminating the need to consume more fuel just to power the vehicle forward. [...]

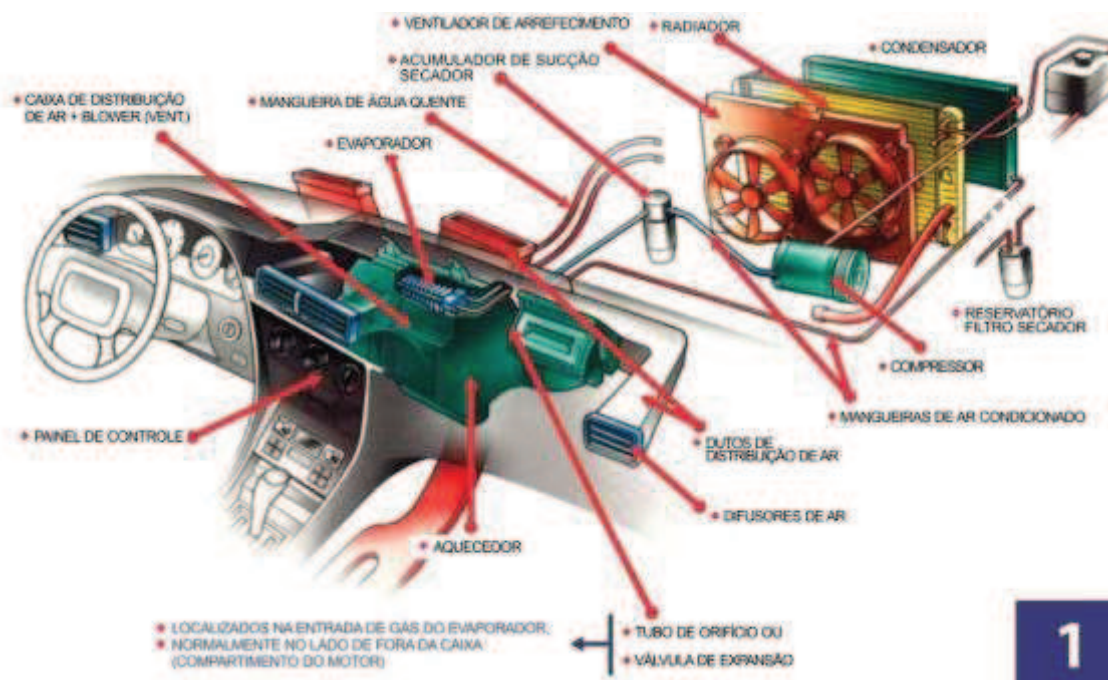
Another of the advanced applications of nanotechnology for cars involves the production of mirrors and side panels that are made out of nano particles. Being so, they filter the rays of the sun, smoke, and other pollutants in the atmosphere. The same technology allows radio and phone signals as well as sound waves to freely enter the cars so that the occupants of the vehicle will not be made oblivious to the world outside. This is beneficial for those who have some form of hearing defects; even with all the windows closed, you may still be able to hear the honking of the horn of the next car. Likewise, you do not have to open the window when it is raining just to get a clear signal when calling from your mobile phone.

Além da viabilidade de inserção de funções absolutamente inovadoras, há uma efetiva tendência em depararmos com veículos cada vez mais leves, tendo em vista que as peças das quais são compostos já podem ser fabricadas a partir de novos princípios físico-químicos introduzidos pela nanotecnologia, que proporcionam componentes menores, mais leves e notavelmente mais eficientes.

O sistema do ar condicionado dos automóveis, evidentemente, não ficou alheio a tais tendências. Porém, antes de adentrar-se especificamente ao que esta nova era da revolução industrial lhe vem permitindo, apresenta-se, por meio da imagem a seguir, um esboço do sistema, contendo suas principais peças:

tornar o uso de combustível eficiente. A resposta veio com a chegada da nanotecnologia. Com nanotecnologia, motores e peças foram feitos muito mais leves, eliminando assim a necessidade de consumir mais combustível apenas para fazer andar o veículo. [...] Outra das aplicações avançadas da nanotecnologia para automóveis envolve a produção de espelhos e painéis laterais que são feitos de nanopartículas. Sendo assim, eles filtram os raios do sol, fumaça e outros poluentes na atmosfera. A mesma tecnologia permite sinais de rádio e telefone, bem como ondas de som que entram livremente nos carros para que os ocupantes dos veículos não fiquem alheios ao mundo exterior. Isso é benéfico para aqueles que têm alguma forma de defeitos de audição; Mesmo com todas as janelas fechadas, você ainda pode ser capaz de ouvir o buzinar do carro seguinte. Da mesma forma, você não tem que abrir a janela quando está chovendo apenas para obter um sinal claro ao usar seu telefone móvel". Disponível em <<http://nanogloss.com/nanotechnology/nanotechnology-incars/#ixzz4YaqBhCD3>> Acesso em 10 fev. 2017.

Imagem 6 – Sistema de Ar Condicionado Automotivo

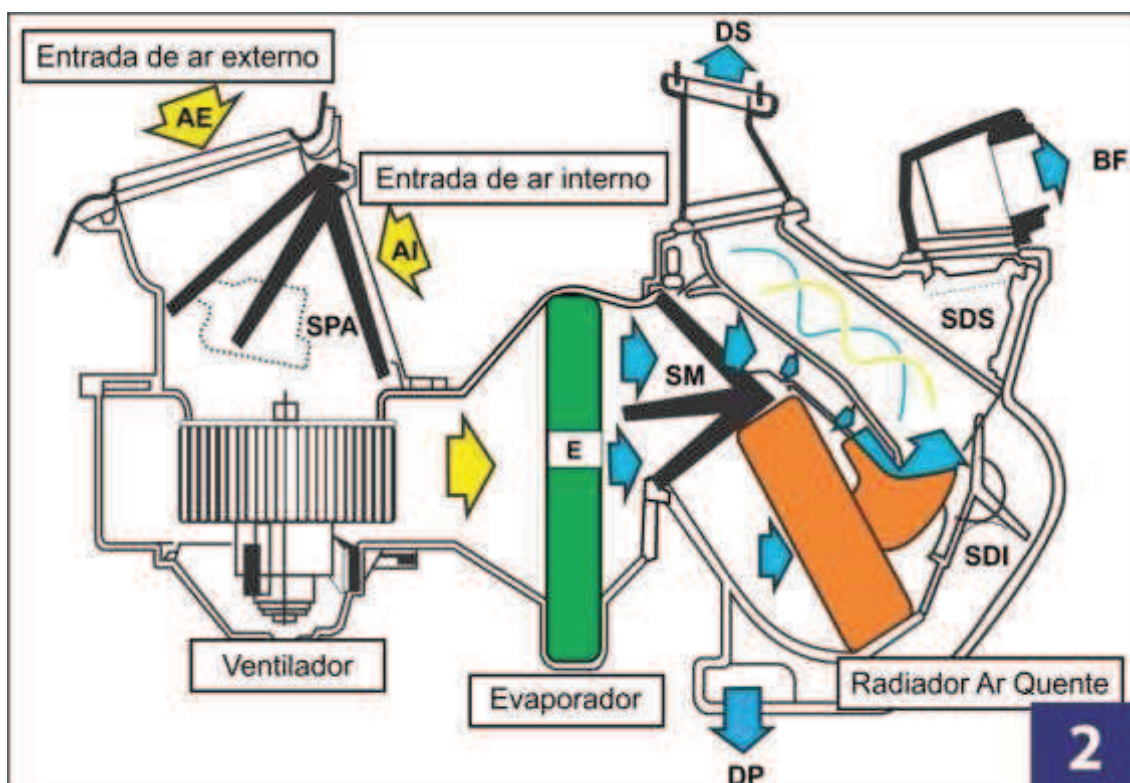


Fonte: ESTRATÉGIAS...²⁹⁹

Comumente, a sigla HVAC é utilizada para referir-se à caixa do ar condicionado, que compreende aquecedor, evaporador, filtro antipólen e portinholas de controle de saída de ar, tal como se verifica na próxima imagem:

²⁹⁹ ESTRATÉGIAS para diagnósticos rápidos no sistema de ar condicionado automotivo. Disponível em <<http://www.oficinabrasil.com.br/noticia/tecnicas/estrategias-para-diagnosticosrapidos-no-sistema-de-ar-condicionado-automotivo>> Acesso em 28 jul. 2017.

Imagem 7 – Funcionamento do Ar Condicionado Automotivo



Fonte: ESTRATÉGIAS...³⁰⁰

Estes sistemas estão assim constituídos presentemente, conquanto não se saiba, ao certo, por quanto tempo. Interessante observar que a grande parte das invenções até o momento publicadas neste nicho de mercado cuidam da produção de itens menos densos, mas com maior número de funções. E, constantemente, estas alterações induzem promessas de economia financeira e benefícios à saúde. Por outro lado, no que diz respeito ao sistema de ar, vários fatores, mesmo os que lhe são externos, podem influir positivamente no seu funcionamento por meio da nanotecnologia. A publicação da *Revista Eletrônica Azo Nano*, em matéria intitulada “Nanotechnology in the Automotive Industry”, exemplifica alguns destes fatores ao destacar que “Paints are also available which can alter their heat-reflecting properties depending on the intensity of the incident sunlight. This helps to regulate the temperature of the vehicle, making the job of the air conditioning system easier and therefore saving fuel”³⁰¹.

³⁰⁰ ESTRATÉGIAS para diagnósticos rápidos no sistema de ar condicionado automotivo. Disponível em <<http://www.oficinabrasil.com.br/noticia/tecnicas/estrategias-para-diagnosticosrapidos-no-sistema-de-ar-condicionado-automotivo>> Acesso em 28 jul. 2017.

³⁰¹ Tradução nossa: “Também estão disponíveis tintas que podem alterar as suas propriedades reflectoras de calor, dependendo da intensidade da luz solar incidente. Isso ajuda a regular a

Além disso, a formação de fungos e bactérias que contaminam filtros e dutos do sistema, é uma das mais corriqueiras razões para que seja necessário deixar o veículo sob os cuidados de um profissional que deverá higienizá-lo. Entretanto, com os avanços da nanotecnologia, é possível concluir que este tipo de prestação de serviço, bem como toda a linha de higienização do sistema do ar condicionado serão extintos.

Para a compreensão das razões que levam a esta conclusão, interessante o relatório trazido pela StatNano, cujo sítio eletrônico dedica-se à publicação de informações e estatísticas em ciência, tecnologia e indústria nano³⁰²:

According to statistics on NPD, a number of 870 among all 6300 products stored on Nanotechnology Products Database (NPD) have antibacterial properties. These products are produced in 225 companies from 28 countries all over the world. It seems that silver, titanium dioxide, silicon dioxide, and gold nanoparticles are the most commonly used nanostructures in these products.

De fato, é possível observar que houve incremento em diversos setores, sobretudo têxtil, de produtos que passaram a apresentar na sua composição propriedades antimicrobianas e antibacterianas, frequentemente atreladas à inserção de nanopartículas de prata. Isto em razão de que cientistas descobriram, não apenas na prata, mas em outros metais como no dióxido de titânio, no dióxido de silício e no ouro, especificidades químicas capazes de inibir a formação de microorganismos nocivos à saúde humana e bactérias, em escala nano. O resultado desta descoberta também foi incorporada pela indústria automotiva, para melhor qualidade do ar que circula no veículo.

Na lista de países com maior número de produtos desenvolvidos e apresentados com características antibacterianas, estão Taiwan, Estados Unidos, Coreia do Sul, Japão e Irã³⁰³ e, dentre estes, as principais empresas são Keding

temperatura do veículo, tornando o trabalho do sistema de ar condicionado mais fácil e, portanto, economizando combustível". Disponível em <<http://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=3031>> Acesso em 10 fev. 2017.

³⁰² Tradução nossa: De acordo com estatísticas sobre NPD, um número de 870 entre todos os 6300 produtos armazenados em Nanotecnologia Produtos Banco de Dados (NPD) têm propriedades antibacterianas. Estes produtos são produzidos em 225 empresas de 28 países em todo o mundo. Parece que as nanopartículas de prata, dióxido de titânio, dióxido de silício e ouro são as nanoestruturas mais utilizadas nestes produtos. Disponível em <<http://statnano.com/news/56972>> Acesso em 10 fev.2017.

³⁰³ ANTIBACTERIAL Effect; the Most Common Properties in Nanotechnology Products. Disponível em <<http://statnano.com/news/56972>> Acesso em 10 fev.2017.

Enterprise, a Hitachi, a Ua Wood Floors, a VALERA: Swiss Hair Specialists, a Hollister Incorporated e a Mitsubishi Electronic. Entretanto, no que diz respeito à refrigeração e filtros de ar, os principais países são Irã, Japão e Coréia do Sul, como se pode apurar no quadro abaixo:

Quadro 8 – Lista de Países com Representatividade em Refrigeração

| Company | Headquarters | Product Types |
|--------------------------------|---------------|---|
| Keding Enterprises | Taiwan | Floor, tile |
| Hitachi, Ltd | Japan | Refrigerator, air filter, vacuum cleaner |
| Ua Wood Floors | Taiwan | Floor |
| VALERA: Swiss Hair Specialists | Switzerland | Hair dryer |
| Tehran Zar Nakh | Iran | Yarn, fabric, underwear, glove, bed sheet, t-shirt, pants |
| LG Electronics Inc | South Korea | Refrigerator, air filter |
| Samsung Electronics | South Korea | Refrigerator, air filter, vacuum cleaner, washing machine |
| Hasang Corporation | South Korea | Various types of combs |
| Hollister Incorporated | United States | Wound bandage |
| Mitsubishi Electric | Japan | Refrigerator, air filter |

Fonte: ANTIBACTERIAL...³⁰⁴

Veja-se, pois, uma das inovações criadas pela fabricante iraniana Nano Sakhtar Mehr Asa Company:

³⁰⁴ ANTIBACTERIAL Effect; the Most Common Properties in Nanotechnology Products. Disponível em <<http://statnano.com/news/56972>> Acesso em 10 fev.2017.

Imagem 8 – Filtro de Ar Condicionado



Fonte: Nanotechnology...³⁰⁵

À primeira vista, não parece diferir substancialmente dos filtros de ar veiculares atualmente comercializados em todo o mundo. No entanto, este filtro é composto de nanofibras de poliacrilonitrilo (PAN), $(C_3H_3N)_n$, resina de polímero orgânico semicristalino sintético, que medem entre 80 e 130 nanômetros. Isso faz com que sua capacidade de absorção e filtração seja ampliada, não se limitando apenas à obstrução de passagem de fuligens expelidas pelo escapamento dos veículos, mas também a outros materiais de dimensões atômicas, a exemplo de gases tóxicos.

A fabricante iraniana Nano Poshesh Felez também criou um novo produto capaz de tornar mais eficiente o sistema de ar condicionado, chamado Nano Coolant DZ³⁰⁶, que se trata de um colóide que contém nanopartículas metálicas. Por ser composto de nano-colóides de metal, neste caso, de prata, ele apresenta maior condutividade térmica, em comparação aos demais fluidos refrigerantes, cuja performance está limitada ao aumento de temperatura de ponto de ebulição. Isto proporciona, no sistema de refrigeração, menor gasto de energia e, conseqüentemente, economia de combustível.

³⁰⁵ Nanotechnology Products Database. Disponível em <<http://product.statnano.com/product/4561>> Acesso em 10 fev. 2017.

³⁰⁶ Nanotechnology Products Database. Disponível em <<http://product.statnano.com/product/4558>> Acesso 10 fev. 2017.

Imagem 9 – Fluido para Sistema de Ar Condicionado



Fonte: Nanotechnology...³⁰⁷

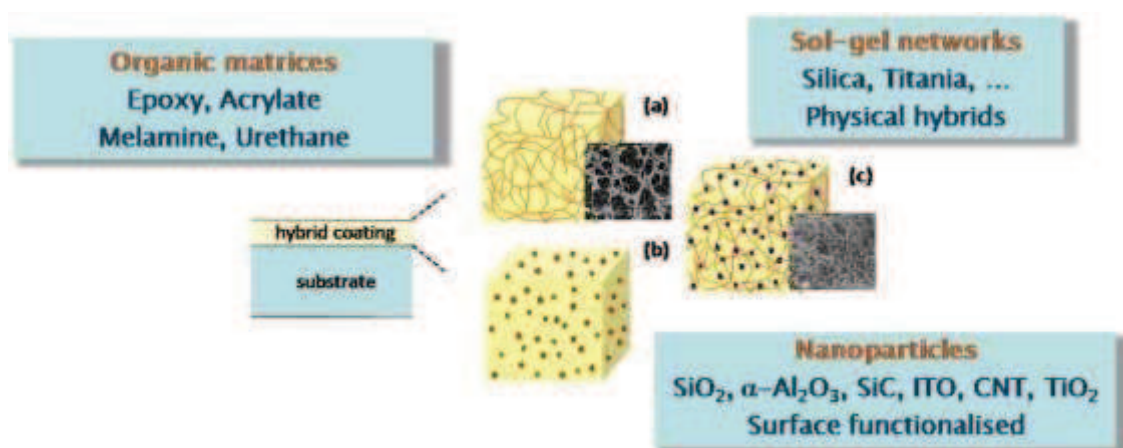
A Revista Eletrônica ACR Latinoamérica, que noticia avanços tecnológicos no ramo de ar condicionado e refrigeração, publicou, na segunda metade o ano de 2015, um projeto desenvolvido na Espanha relativo à aplicação de nanotecnologia em sistema de HVAC, denominado “Nano-HVAC”. A ideia consiste no isolamento de tubos deste sistema, além da introdução de soluções inovadoras para sua limpeza e manutenção. O uso de material isolante tem como objetivo minimizar as perdas de temperatura, através de produtos específicos aplicáveis em dutos circulares (injetáveis) e tubos quadrados (painéis pré-fabricados).³⁰⁸

O isolamento seria realizado através de espumas constituídas de resina de epóxi líquida e polímeros, contendo óxido de nanopartículas de prata antimicrobiana, injetáveis e aplicáveis durante o processo de produção dos tubos, evitando operações manuais hoje necessárias. Estas espumas, além desta função ao diminuírem consideravelmente as perdas de frio/calor, proporcionariam economia de energia de até 50% (cinquenta por cento) segundo os estudos desenvolvidos no Instituto Tecnológico da Espanha.

³⁰⁷ Nanotechnology Products Database. Disponível em <<http://product.statnano.com/product/4558>> Acesso em 10 fev. 2017.

³⁰⁸ PROJETO de nanotecnologia aplicação em sistema de HVAC. Disponível em <<http://pt.acrlatinoamerica.com/201507145930/noticias/tecnologia/proyecto-de-aplicacion-denotecnologia-en-sistemas-hvac.html>> Acesso em 10 fev. 2017.

Imagem 10 – Esquema de Isolamento por Espuma



Fonte: Chemical...³⁰⁹

Além disso, o projeto também foca no revestimento dos filtros do sistema HVAC por intermédio de substância antimicrobiana e fotocatalítica à base de nanopartículas de óxido de titânio, aplicável através de pulverização³¹⁰.

O tema atinente ao isolamento térmico, de fato, é pertinente. Isto porque, recentemente, cientistas da Universidade de Illinois, nos Estados Unidos, descobriram que o calor não é capaz de dissipar-se em nanoescala, tal como ocorre em macroescala³¹¹. Significa que, assim como os demais elementos, o calor também apresenta comportamento diverso do conhecido em escala nano, contrariando a teoria de Fourier, que refere que o calor é transportado por difusão³¹². De acordo com Richard Wilson e David Cahill, nesta escala, o transporte de calor é feito balisticamente, ou seja, não se dissipa igualmente bem em todas as direções³¹³. Além disto, os cientistas não têm condições de afirmar quando a teoria padrão funcionará ou não. Isto gera problemas também aos engenheiros os quais, ao projetar componentes, não dispõem de certeza científica para prever como o calor conduzir-se-á.

³⁰⁹ Chemical Coatings. Disponível em <<http://www.smartcoating.be/services/technologies/wet-chemical-coatings/wet-chemicalcoatings>> Acesso em 15 fev. 2017.

³¹⁰ PROJETO de nanotecnologia aplicação em sistema de HVAC. Disponível em <<http://pt.acrlatinoamerica.com/201507145930/noticias/tecnologia/proyecto-de-aplicacion-denano-tecnologia-en-sistemas-hvac.html>> Acesso em 10 fev. 2017.

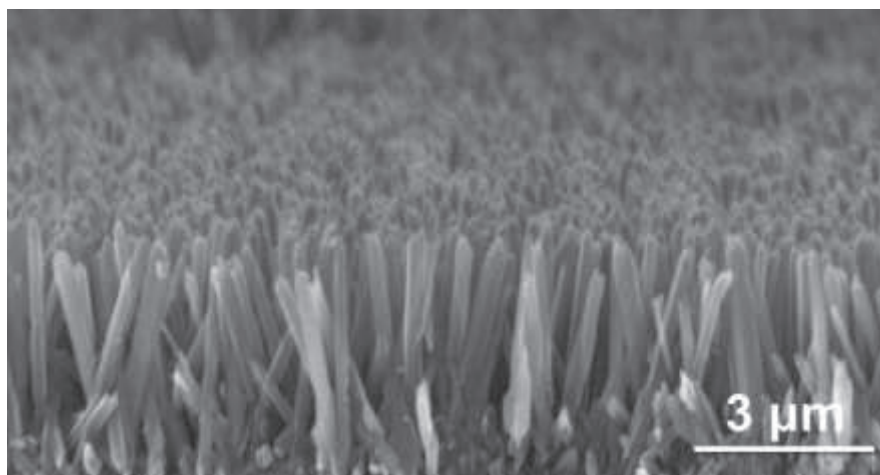
³¹¹ WILSON, R. B; CAHILL, David G. Anisotropic failure of Fourier theory in time-domain thermoreflectance experiments. **Nature Communications**. Vol.: 5, Article number: 5075. DOI: .1038/ncomm6075. Disponível em <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=calor-desobedece-teoriasmicroescala&id=010165141024#.WKShDPkrLIU>> Acesso em 15 fev. 2017.

³¹² Idem.

³¹³ Idem.

Mesmo com o alto nível de imprecisão e indefinição quanto aos efeitos de sua utilização, novos produtos à base de nanotecnologia são lançados diariamente, podendo, até mesmo, tornar-se rapidamente anacrônicos uns em relação aos outros. Já existe, por exemplo, projeto para a produção de espécie de ar condicionado pessoal que pode ser vestido. Trata-se de uma matriz flexível de nanofios de titanato de estrôncio e bário criada por Guangzu Zhang, da Universidade da Pensilvânia, dos Estados Unidos, capaz de resfriar um campo elétrico seguro para o uso humano³¹⁴. Pelo recurso de aparelho microscópio, o material eletrocalórico flexível e a matriz de nanofios exibem a seguinte imagem:

Imagem 11 – Matriz de Nanofios de Titanato de Estrôncio e Bário



Fonte: WANG, Qing; STATE, Penn.³¹⁵

O item promete revolucionar o conceito de ar condicionado e, caso obtenha sucesso, futuramente poderá constituir tecnologia disruptiva relativamente aos métodos e sistemas hodiernamente utilizados para controle de temperatura em geral.

³¹⁴ ZHANG, Guangzu; ZHANG, Xiaoshan; HUANG, Houbing; WANG, Jianjun; LI Qi; CHEN, Long-Qing; WANG, Qing. Toward Wearable Cooling Devices: Highly Flexible Electrocaloric Ba_{0.67}Sr_{0.33}TiO₃Nanowire Arrays. **Advanced Materials**. DOI: 10.1002/adm.201506118. Disponível em <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=ar-condicionadovestir&id=010115160503#.WKSnmfkrLIU>> Acesso em 10 fev. 2017.

³¹⁵ WANG, Qing; STATE, Penn. Vem aí o ar condicionado de vestir. Vivagreen. Disponível em <Imagem: <http://vivagreen.com.br/noticias/vem-ai-o-ar-condicionado-de-vestir/>> Acesso em 10 fev 2017.

7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA COLETA DOS DADOS E FORMULAÇÃO DE *FRAMEWORK* A PARTIR DOS ACHADOS

Essencialmente, torna-se primordial apontar em que fase do processo produtivo encontra-se o *framework* ora proposto. Trata-se dos estágios iniciais, mencionamos anteriormente como “raw materials” e “research design and development”, a saber, a fase de extração da matéria prima para desenvolvimento de pesquisa e produção.

Esta escolha relaciona-se com as conclusões obtidas durante este trabalho, acerca da etapa cuja intervenção produziria resultados de fato eficazes e permitiriam o desenvolvimento sustentável da revolução nanotecnológica, com o menor índice possível de danosidade. Quer dizer, previamente, substancial cuidar-se de aspectos atinentes à saúde pública e ao meio ambiente, mantendo-lhes a segurança tanto quanto possível, para, então, apoiar-se o desenvolvimento de nanoprodutos, os quais possuem enorme potencial para resolver questões de elevado valor a toda sociedade.

Noutras palavras, se nesta fase primeva da concepção de nanoprodutos não houver um apurado e esmiuçado trabalho de precaução, o qual está sumariamente ligado ao exame de nanotoxicidade, para que seus efeitos adversos possam ser diagramados e, desde este momento, repelidos tanto quanto possível, será muito mais difícil e oneroso contê-los *a posteriori*. Uma vez disseminados, é provável que só venham a chamar a atenção da comunidade científica e empresarial quando e se houver meio de vinculá-los ao agravamento ou surgimento de disfunções, patologias, infecções, mutações humanas ou ecológicas e, sabidamente, este é o dano que pode tornar-se absolutamente irreparável, em que pese possam pulular ações indenizatórias cíveis, multas e penalidades administrativas.

Relativamente ao levantamento de dados utilizados para a definição das fases do *framework*, fundamental o documento elaborado nos Estados Unidos pela NNI: U.S. *National Nanotechnology Initiative*, publicado em 28 de março de 2016. Este documento, denominado “Quantifying Exposure to Engineered Nanomaterials (QEEN) from Manufactured Products Addressing Environmental, Health, and Safety Implications”³¹⁶ ou “Quantificando a Exposição aos Nanomateriais Engenheirados

³¹⁶ QUANTIFYNG Exposure to Engineered Nanomaterials (QEEN) from Manufactured Products Addressing Environmental, Health, and Safety Implications. *National Nanotechnology Initiative*

(QEEN) de Produtos Manufaturados – Abordando implicações ambientais, de saúde e de Segurança” resultou de um *workshop* técnico patrocinado pela *Consumer Product Safety Commission* (CPSC) e co-organizado pela Iniciativa Nacional de Nanotecnologia (NNI) nos dias 07 e 08 de julho de 2015, no Condado de Arlington, na Virgínia³¹⁷. Os principais aspectos trazidos neste documento e seus mais relevantes objetivos foram o de avaliar o progresso no desenvolvimento de ferramentas e métodos para quantificar a exposição a nanomateriais engenheirados (ENMs) ao longo do ciclo de vida do produto, bem como identificar novas pesquisas necessárias para averiguação de formas de exposição seguras³¹⁸.

Neste documento, o PhD Paul Westerhoff, professor da Escola de Engenharia Sustentável e Construção de Meio Ambiente da Universidade Estadual do Arizona, refere a respeito das lacunas deixadas pela comunidade científica que estuda a exposição aos nanomateriais na abordagem de aspectos importantes para a garantia da segurança. Aponta a falta de estudos epidemiológicos, sobretudo porque neste documento focou-se na exposição de trabalhadores e não de consumidores. A explicação para isto se encontra no fato de que produtos com tecnologia nano passaram a ser comercializados, efetivamente, apenas na década de 90³¹⁹. Dada a característica embrionária deste mercado, suas projeções são variáveis e acabam sendo insuficientes as informações sobre quais tipos de produtos podem causar potencial exposição tanto no local de trabalho quanto ao consumidor no contato com nanomateriais “livres”³²⁰.

Neste contexto, Westerhoff identificou as necessidades de pesquisa, dividindo-as em algumas etapas, tais como: a) caracterizar a exposição entre os trabalhadores; b) identificar grupos populacionais e ambientes expostos a nanomateriais engenheirados; caracterizar a exposição à população em geral de processos industriais e de consumo; c) caracterizar a saúde das populações e ambientes expostos; d) compreender os processos do local de trabalho e os fatores

Disponível em <https://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/qeen_workshop_report_2016.pdf> Acesso em 15 jul 2017.

³¹⁷ QUANTIFYING Exposure to Engineered Nanomaterials (QEEN) from Manufactured Products Addressing Environmental, Health, and Safety Implications. *National Nanotechnology Initiative*. Disponível em <<https://www.nano.gov/node/1584>> Acesso em 15 jul 2017.

³¹⁸ Idem.

³¹⁹ WESTERHOFF, Paul. Quantifying Exposure to Engineered Nanomaterials (QEEN) from Manufactured Products: Addressing Environmental, Health, and Safety Implications. *Workshop Proceedings July 7-8, 2015*. Disponível em <https://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/qeen_workshop_report_2016.pdf> Acesso em 15 jul. 2017.

³²⁰ Idem.

que podem determinar a exposição aos nanomateriais;³²¹ dentre outras. Westerhoff indicou como requisito para o progresso na atualização do *National Nanotechnology Initiative* (NNI), o desenvolvimento de métodos ou abordagens para identificar fontes, caracterizar cenários de exposição e medir a exposição real aos nanomateriais, coletar dados e informações sobre o ciclo de vida e variáveis que afetam esta exposição, desenvolver dados e desenvolver base de dados para vigilância da saúde da população exposta e desenvolver modelos para estimar exposição a nanomateriais específicos³²². Estes procedimentos devem conter definições, dosimetria, métodos de medição e tipo de nanomateriais selecionados³²³.

São também identificados no documento os materiais em escala nano utilizados em maior volume no comércio, por ordem: dióxido de silício (SiO₂), Dióxido de titânio (TiO₂), ferro (Fe), óxido de alumínio (Al₂O₃), óxido de zinco (ZnO), prata (Ag), cobre (Cu), ceria (CeO₂), nanotubos de carbono (CNTs) e nanoargila.³²⁴

Conforme Westerhoff, existem dados relacionados a estes elementos químicos quanto ao uso, lançamento, taxas e métodos analíticos, enquanto nanomateriais, a partir do ponto de síntese, através da incorporação em produtos no local de trabalho, uso do consumidor e final de vida (aterros sanitários, incineração, reciclagem).³²⁵ Propõe, assim, um *framework* que estrutura o armazenamento de nanomateriais para categorização dos mesmos, em duas dimensões: 1) nanomateriais “livremente dispersos” versus “incorporados” (os nanomateriais “livremente dispersos” incluem aqueles usados em agentes de polimento ou alimentos, em comparação com nanomateriais “embutidos” em substratos tais como os usados em tecidos ou em revestimento de objetos poliméricos) e 2) nanomateriais “reativos” versus “passivos” (os que são mais “reativos” são aqueles que sofrem dissolução ou são fotossensíveis, em comparação com os que geralmente são mais passivos ou não reativos como, por exemplo, a sílica), consoante a seguinte figura:

³²¹ WESTERHOFF, Paul. Quantifying Exposure to Engineered Nanomaterials (QEEN) from Manufactured Products: Addressing Environmental, Health, and Safety Implications. Workshop Proceedings July 7-8, 2015. Disponível em <https://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/qeen_workshop_report_2016.pdf> Acesso em 15 jul. 2017.

³²² Idem.

³²³ Idem.

³²⁴ Idem.

³²⁵ Idem.

Figura 4 – Características dos nanomateriais

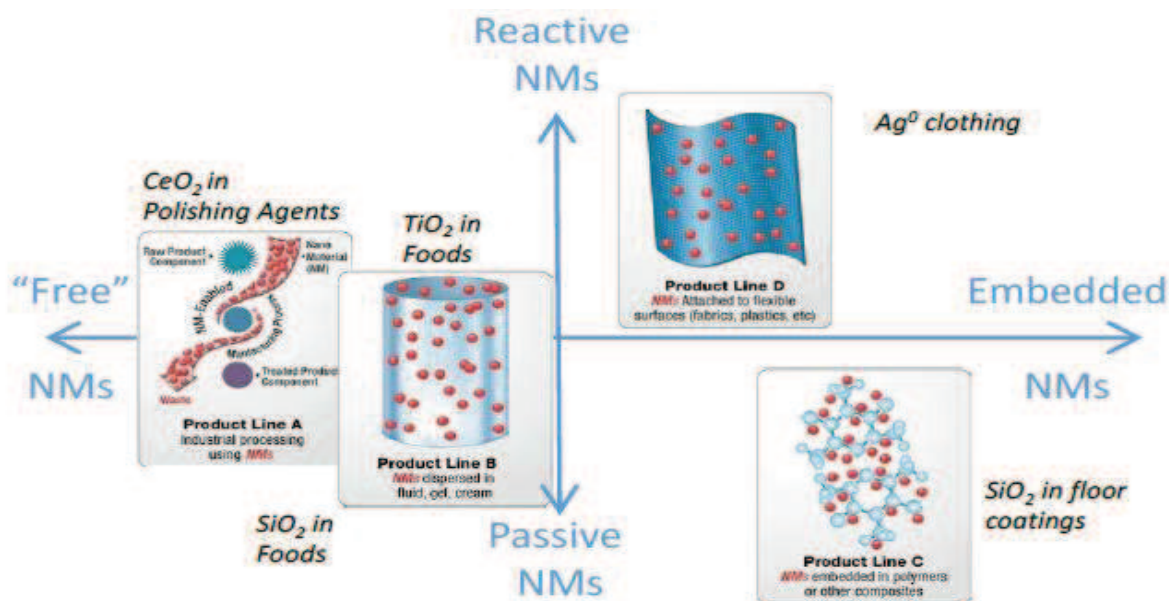


Figure 2.1. A proposed framework for binning nanomaterials. The framework organizes nanomaterials along two dimensions: (1) whether they are active or passive, and (2) whether they are freely dispersed or embedded. (Source: P. Westerhoff.)

Fonte: WESTERHOFF, Paul.³²⁶

Na figura acima, o óxido de cério (CeO_2), por exemplo, é caracterizado como livremente exposto e um tanto mais reativo que o dióxido de titânio (TiO_2), também livremente exposto, porém mais passivo e disperso. Já a prata (Ag) é mostrada reativa quando incorporada a superfícies flexíveis como roupas e plásticos, classificada dentre os elementos incorporados, assim como o dióxido de silício usado em revestimentos que, no entanto, apresenta-se passivo.

Expõe-se então que estas ferramentas de análise estão sendo aplicadas para estimar-se as exposições ao longo de todo o ciclo de vida do produto, por meio do que, observou-se que a detecção e quantificação de nanomateriais aumenta ao longo do ciclo de vida dos produtos e após o contato humano. Esse aumento no grau de dificuldade ocorre porquanto os nanomateriais em soluções estocadas são bastante homogêneos, livres de interferentes e em concentrações relativamente altas em comparação com os produtos finalizados. De acordo com o documento do NNI, “à medida que os nanomateriais são incorporados em produtos, eles podem

³²⁶ WESTERHOFF, Paul. Quantifying Exposure to Engineered Nanomaterials (QEEN) from Manufactured Products: Addressing Environmental, Health, and Safety Implications. Workshop Proceedings July 7-8, 2015. Disponível em <https://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/qeen_workshop_report_2016.pdf> Acesso em 15 jul. 2017.

representar de 0,1 a 5% do seu peso e ainda mais baixo em consumíveis”³²⁷. Essas concentrações dificultam a detecção, além do que, “muitas vezes os nanomateriais são enredados em heterogêneos e matrizes complexas de composição elementar semelhante (por exemplo, nanotubos de carbono em polímeros à base de carbono).”³²⁸ Por isso, especula-se uma série de adaptações às técnicas atualmente disponíveis, inclusive não-nanotecnológicas, específicas e promissoras para as nanopartículas.

Não se ignora, portanto, o quanto labiríntico pode se mostrar o rastreamento das transformações nas propriedades dos nanomateriais ao longo do tempo ou ao longo do ciclo de vida de um produto, algo que inclui as alterações ocorridas durante a exposição humana (dérmica, oral ou inalatória).³²⁹ De acordo com a publicação do NNI, “poucos estudos acompanham a biodistribuição, a biodisponibilidade ou a bioacumulação de nanomateriais liberados pelos produtos de consumo”³³⁰.

Na estruturação do *framework*, conseqüentemente, preconizou-se a avaliação dos nanomateriais, em princípio, com o auxílio da nanometrologia³³¹, capaz de caracterizar as propriedades dos materiais em escala nanométrica com alto índice de precisão e confiabilidade³³², na tentativa de padronizá-los e, assim, permitir avanços na construção de conhecimento e controle destes. A estereologia também foi inicialmente apontada, tendo em vista tratar-se de método que fornece informações tridimensionais de nanoestruturas, tais como número, tamanho, superfície e volume³³³.

³²⁷ WESTERHOFF, Paul. Quantifying Exposure to Engineered Nanomaterials (QEEN) from Manufactured Products: Addressing Environmental, Health, and Safety Implications. Workshop Proceedings July 7-8, 2015. Disponível em <https://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/qeen_workshop_report_2016.pdf> Acesso em 15 jul. 2017.

³²⁸ Idem.

³²⁹ Idem.

³³⁰ Idem.

³³¹ “A metrologia é a ciência dos pesos e medidas. A Nanometrologia é a aplicação desta ciência à nanoescala tendo por ordem de grandeza o nanômetro (nm). Para além das tradicionais dimensões físicas, com erros de precisão inferiores a 1nm, outros parâmetros como força, massa, propriedades elétricas e outras são apresentados pela Nanometrologia”. MARTINS, Manuel Fernando Rafael. **Nanotecnologia – breve contextualização sobre as aplicações e implicações**. Disponível em <https://www.revistamilitar.pt/artigo/841#_ftn16> Acesso em 20 mai. 2017.

³³² A NANOMETROLOGIA no Brasil. Noticiência. Disponível em <<http://noticienciadigital.blogspot.com.br/2008/11/nanometrologia-no-brasil.html>> Acesso em maio 2017.

³³³ MARTINS, Manuel Fernando Rafael. **Nanotecnologia – breve contextualização sobre as aplicações e implicações**. Disponível em <https://www.revistamilitar.pt/artigo/841#_ftn16> Acesso em 20 mai. 2017.

Os engenheiros E. Ruiz Gómez e L. F. Giraldo Jaramillo do Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, na Colombia, abordam a nanometrologia como a ciência da medição da nanoescala e aduzem sobre a importância de que esta avance em seu desenvolvimento juntamente com a nanotecnologia, dado o suporte que presta para que haja maior confiabilidade dos resultados que caracterizam magnitudes físico-químicas dos nanomateriais, permitindo sua crescente uniformização e contribuindo no auxílio da regulação por parte das entidades estatais³³⁴. Discorrem que³³⁵:

La ciencia de la medición a nanoescala (nanometrología) apoya investigaciones desarrolladas por la industria y la academia, e integra técnicas, métodos, materiales de referencia, equipos de medición, entre otros. La sinergia entre los anteriores elementos que conforman el sistema de medida a nanoescala, busca aumentar la confiabilidad en los resultados que caracterizan magnitudes físico-químicas; así, pues, el potencial de esta ciencia se refleja en el desarrollo de nanomateriales, el avance en herramientas para la medición y calibración de productos a nanoescala, la elaboración de estándares de referencia y el uso de patrones para soportar la trazabilidad en las mediciones. Logothetidis menciona que la fabricación de productos y dispositivos a nanoescala depende de la capacidad de medir con precisión y exactitud las propiedades de los mismos. Por otro lado, Ukraintsev y Banke hacen referencia a la calidad de los productos y a la estrecha relación entre las mediciones críticas a nanoescala y la precisión de las herramientas de medición con las cuales se realizan dichas mediciones. Según los criterios expuestos, la nanometrología es la base para el desarrollo de la nanotecnología en los procesos industriales, lo cual implica la necesidad de evolucionar de forma paralela.

Estes procedimentos prévios investigatórios não se tratam de solução definitiva e suficiente, pois também estão em desenvolvimento. Mas poderão gerar um progresso permanente neste sentido. Incorporados ao sistema de gestão de risco, poderão mais bem aparelhar a análise de toxicidade, que por sua vez, deverá levar em conta todos os estágios do ciclo de vida dos nanomateriais, dada sua condição dinâmica e instável.

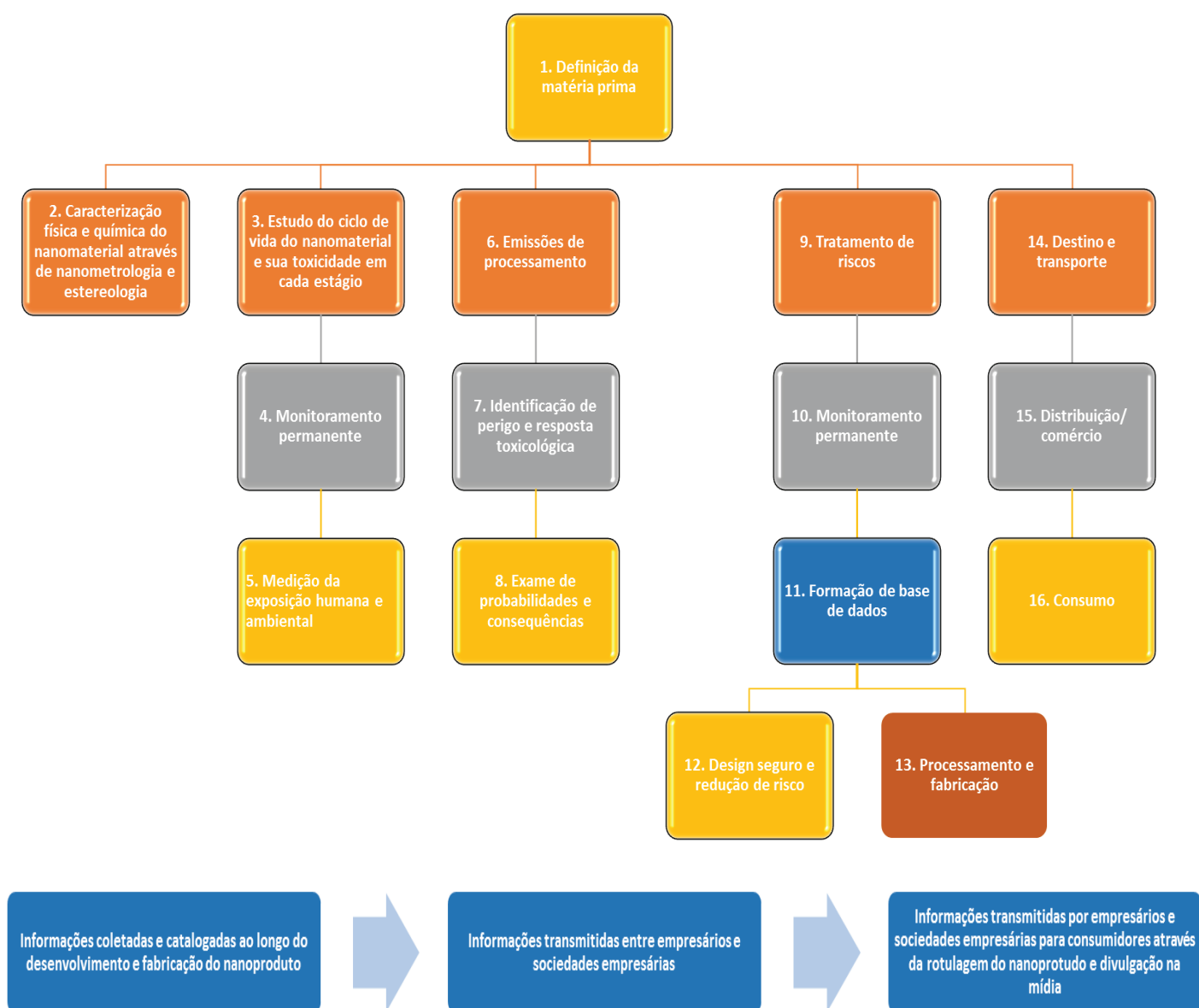
Por conseguinte, após esta verificação, avalia-se a exposição humana e ambiental aos seus efeitos, para só então viabilizar-se a mensuração de riscos e

³³⁴ GÓMEZ, Estefanía Ruiz; JARAMILLO, Luis Fernando Giraldo. **Nanometrología: Impacto en los sistemas de producción**. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 26 (2), pp. 49-72, DOI: <http://dx.doi.org/10.18359/rcin.1771>. 2016. Disponível em <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-81702016000200004&lng=en&tng=en#?> Acesso em 20 mai. 2017.

³³⁵ Idem.

tratá-los adequadamente. O tratamento dos riscos inclui a tomada de decisão consciente por parte dos gestores que, através das informações produzidas em observância ao *framework*, poderão acertadamente desenvolver técnicas para prevenção e precaução, definindo os rumos da sociedade ante as ameaças internas e externas.

Examinadas as circunstâncias supramencionadas, consubstanciado no princípio da precaução e consideradas as asserções do PhD Yoram Cohen, professor de Engenharia Química e Biomolecular da Universidade da Califórnia, em Los Angeles, cujo estudo intitulado “Distribuição Multimídia Ambiental de Materiais” também constou do documento publicado pelo NNI em 2016, propõe-se o respectivo *framework*:



O *framework* está alicerçado nos seguintes elementos-chave:

- a) definição da matéria prima e caracterização físico-química do nanomaterial através de nanometrologia e estereologia: a caracterização detalhada que tais técnicas pretendem viabilizar é importante para que se construa conhecimento das propriedades dos nanomateriais e, assim, possa ser mapeado o seu comportamento. A ideia é tentar prevê-lo. Saber previamente como poderá comportar-se. Fernando Galembeck, ex-diretor do Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano), conforme já mencionado nesta pesquisa, alertou sobre o fato de que nenhum nanoproduto pode ser desenvolvido sem que os seus riscos toxicológicos e ambientais sejam avaliados³³⁶. Isso ajudará na escolha do tipo de nanomaterial apropriado para cada aplicação e, com isso, seu destino mais adequado, dada a forma como interage. A caracterização dos nanomateriais foi algo que a ISO/TC 229 buscou (com o uso de metrologia) a fim de definir aspectos fundamentais para a certificação: terminologia e nomenclatura, caracterização e avaliação de risco sobre saúde, segurança e ambiente (ínsito nos itens 5, 6 e 7 do *framework*). A ISO 31000 e a ISO 31010, por sua vez, também destacam a necessidade de que as organizações identifiquem a fonte de risco e suas consequências potenciais, as quais também foram inclusas nos itens 7 e 8 do *framework*;
- b) estudo do ciclo de vida do nanomaterial e monitoramento de sua toxicidade em cada estágio: de acordo com Diego Stéfani Martinez³³⁷, é possível afirmar que a toxicidade dos nanomateriais é diferente quando comparada ao que apresenta o mesmo material em escala comum. Buscar descobrir através de pesquisa que tipo de toxicidade os nanomateriais são capazes de produzir antes de processá-los para futura fabricação de produtos, é uma medida que

³³⁶ GALEMBECK, Fernando in OLIVEIRA, Marcos. **Medidas preventivas**: Estudos apresentam propostas para possíveis impactos de nanoproductos na saúde humana e no meio ambiente. Disponível em <http://www.lqes.iqm.unicamp.br/images/em_pauta_novidades_2208_medidas_preventivas.pdf> Acesso em 19 fev. 2017.

³³⁷ MARTINEZ, Diego Stéfani Teodoro; ALVES, Osvaldo Luiz. Interação de nanomateriais com biosistemas e a nanotoxicologia: na direção de uma regulamentação. **Scientific Electronic Library Online – Scielo**. Ciência e Cultura. São Paulo, jul. 2013. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252013000300012&script=sci_arttext>. Acesso em 23 fev. 2017.

contempla aquilo que Hans Jonas chamaria de “dever prévio”³³⁸ em função da ética que deve existir por parte daqueles que manipulam as inovações tecnológicas. Existem evidências, segundo Martinez, de que as nanopartículas possuem a capacidade de interagir com as células humanas e com o DNA, o que, por si só, é suficiente para que se demonstre a necessidade de conhecimento acerca do potencial tóxico destas substâncias. Além disso, refere que os tradicionais ensaios toxicológicos não estão adaptados para os nanomateriais, pelo que, o desenvolvimento de técnica adaptada também deve compreender a fase 3 do *framework*. Ainda, segundo Oswaldo Alves, do Instituto de Química da Unicamp, “nenhum nanoproduto deve ser desenvolvido tecnologicamente sem que os seus riscos toxicológicos e ambientais sejam avaliados”³³⁹. O ciclo de vida do produto é uma abordagem que avalia os sistemas de produção, cuja avaliação foi padronizada pela ISO 14040, publicada no Brasil pela ABNT. No caso dos nanomateriais, ganha ainda mais relevância, em função de sua toxicidade apresentar-se de modo diferente em cada estágio. A indispensabilidade deste quesito relaciona-se também com a responsabilidade compartilhada determinada pela Lei 12.305/2010, denominada “Lei de Política Nacional de Resíduos Sólidos”, que inclui desde o fabricante até o consumidor e titulares de serviços públicos, os quais devem estar cientes (parte azul do *framework*);

c) medição da exposição humana e ambiental: uma vez conhecido o nível de nanotoxicidade apresentado pelos materiais e seu percurso, de suma importância seja avaliada a exposição a que estarão sujeitos os seres humanos e a própria natureza. Isto também em razão de que, nos dizeres de Beatriz María Díaz-Soler et al, com o rápido progresso da nanotecnologia, os nanomateriais engenheirados entrarão cada vez mais em contato com sistemas biológicos no corpo humano.³⁴⁰ A exposição é inevitável e, conforme apontado pela National Nanotechnology Initiative – NNI no estudo

³³⁸ JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade**: ensaio de uma ética para uma civilização tecnológica. Rio de Janeiro: PUC Rio, 2006, p. 49.

³³⁹ ALVES, Oswaldo in OLIVEIRA, Marcos. **Medidas Preventivas**: estudos apresentam propostas para possíveis impactos de nanoprodutos na saúde humana e no meio ambiente. Pesquisa Fapesp. Boletim Eletrônico LQES NEWS. Ano XVI – nº 362, de 16 de fevereiro de 2017, pág. 72.

³⁴⁰ DÍAZ-SOLER, Beatriz María; LÓPEZ-ALONSO, Mónica; MARTÍNEZ-AIRES, María Dolores. Nanosafety practices: results from a national survey at research facilities. **Journal of Nanoparticle Research** (2017). Publicado em 06 mai. 2017. Disponível em <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11051-017-3867-x>> Acesso em 19 ago.2017, p. 169.

denominado *Environmental, Health, and Safety*, publicado em 2011, o contato poderá ocorrer pelo ar, pela água, pelo solo, por meio das águas residuais ou aterros sanitários, contaminando o meio ambiente e sendo absorvido pelas pessoas por inalação, ingestão ou absorção dérmica, a depender das características dos materiais, as quais devem ser mapeadas em conformidade com o item 2 do *framework*. Somado a isto, o documento elaborado pelo NNI em 2016, instrui que, para o progresso nas pesquisas de avaliação de exposição humana, é preciso³⁴¹:

caracterizar a exposição entre os trabalhadores; identificar grupos populacionais e ambientes expostos a nanomateriais engenheirados; caracterizar a exposição à população em geral de processos industriais e produtos industriais e de consumo contendo nanomateriais; compreender os processos do local de trabalho e os fatores que podem determinar a exposição; caracterizar cenários de exposição e medir a exposição real; coletar dados e informações sobre o ciclo de vida e as variáveis que afetam a exposição; desenvolver modelos para estimar exposições específicas.

Conquanto possa haver dificuldades no desenvolvimento de técnicas para medição de exposição aos nanomateriais, pois de acordo com Paul Westerhoff, a baixa concentração que podem apresentar após incorporados é capaz de prejudicar a sua detecção, além do que, “muitas vezes os nanomateriais são enredados em heterogêneos e matrizes complexas de composição elementar semelhante (tal como nanotubos de carbono em polímeros à base de carbono)”³⁴², imprescindível que haja investimento para aprimoramento científico que permita esta aferição;

- d) monitoramento: A norma ISO 31000 traz o monitoramento como uma forma de medir o desempenho da gestão de riscos através de indicadores, os quais devem ser analisados criticamente e de forma periódica, para garantir que permaneçam adequados. Com base nos resultados do monitoramento e da análise crítica, os gestores da organização terão subsídio para a tomada de

³⁴¹ QUANTIFYING Exposure to Engineered Nanomaterials (QEEN) from Manufactured Products Addressing Environmental, Health, and Safety Implications. *National Nanotechnology Initiative* Disponível em <https://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/queen_workshop_report_2016.pdf> Acesso em 15 jul. 2017.

³⁴² WESTERHOFF, Paul. Quantifying Exposure to Engineered Nanomaterials (QEEN) from Manufactured Products: Addressing Environmental, Health, and Safety Implications. Workshop Proceedings July 7-8, 2015. Disponível em <https://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/queen_workshop_report_2016.pdf> Acesso em 15 jul. 2017.

decisões coerentes. O monitoramento aparece no *framework* nos itens 4 e 10 em diferentes contextos, porém, as informações obtidas nas duas fases devem retroalimentar-se para melhoria contínua das técnicas e da definição dos nanomateriais utilizados. No item 4, o monitoramento refere-se à toxicidade apresentada pelos nanomateriais em cada estágio de seu ciclo de vida, cujos resultados certamente variarão de acordo com o desenvolvimento tecnológico que, aos poucos, permitirá maior detalhamento no exame. O item 10 diz quanto ao monitoramento do tratamento de riscos, cujas decisões, da mesma maneira, tendem a ser dinâmicas e variáveis de acordo com os resultados obtidos nas fases anteriores;

- e) tratamento de riscos: Conforme a norma ISO 31000, o tratamento de riscos envolve a seleção de uma ou mais opções para modificar os riscos, e a implementação dessas opções³⁴³:

Uma vez implementado, o tratamento fornece novos controles ou modifica os existentes. Tratar riscos envolve, portanto, um processo cíclico composto por: avaliação do tratamento de riscos já realizado; decisão se os níveis de risco residual são toleráveis; se não forem toleráveis, a definição de e implementação de um novo tratamento para os riscos e a avaliação da eficácia desse tratamento.

As opções de tratamento de riscos, de acordo com a norma³⁴⁴:

não são necessariamente mutuamente exclusivas, ou adequadas em todas as circunstâncias, podendo incluir os seguintes aspectos: ação de evitar o risco ao se decidir não iniciar, ou descontinuar, a atividade que dá origem ao risco; a tomada ou o aumento do risco na tentativa de tirar proveito de uma oportunidade; a remoção da fonte do risco; a alteração da probabilidade (item 8 do *framework*); a alteração das consequências (item 8 do *framework*); o compartilhamento do risco com outra parte ou partes (incluindo contratos e financiamento de risco) e retenção do risco por uma decisão consciente e bem embasada. Consta, igualmente, na aludida norma que a opção mais adequada para o tratamento de riscos envolve equilibrar, de um lado, os custos e os esforços de implementação e, de outro, os benefícios decorrentes, relativos a requisitos legais, regulamentares ou quaisquer outros, tais como o da responsabilidade social e o da proteção ao meio ambiente natural. Convém que as decisões também levem em consideração os riscos que demandam um tratamento economicamente não justificável, como por exemplo,

³⁴³ VISUALIZE e Estude a Norma ISO 31000 de Gestão de Riscos. Disponível em <<http://iso31000.net/norma-iso-31000-de-gestao-de-riscos/>> Acesso em 17 jul. 2017.

³⁴⁴ Idem.

riscos severos (com grande consequência negativa) porém raros (com probabilidade muito baixa).

É possível observar no *framework* ora proposto que o tratamento dos riscos encontra-se em fase anterior ao processamento do nanoproduto e fabricação, tendo em vista que a averiguação de riscos pode fazer com que se decida não corrê-los ou adotar-se técnicas especiais para impedir que se concretizem em dano efetivo. Vislumbra-se, precisamente neste aspecto, a utilização concreta do princípio da precaução, o qual exige atuação mesmo antes de deflagrado qualquer dano efetivo, conforme José Rubens Morato Leite³⁴⁵. É necessário ir além, inclusive, no sentido de que, mesmo que os resultados não produzam relação clara de causa e efeito entre a atividade e o dano à saúde humana ou ao meio ambiente, a mera ameaça de danos, ainda que não comprovada cientificamente, é suficiente para motivar a adoção de medidas cautelares, consoante Cass R. Sunstein.³⁴⁶ De toda forma, é preciso a compreensão de que, “o princípio da precaução não significa prostração diante do medo, não elimina a audácia saudável, mas equivale à busca de segurança do meio ambiente, indispensável para dar continuidade à vida”³⁴⁷, nas palavras de Paulo Affonso Leme Machado;

- f) divulgação de informações: A norma ISO/TC 229 visa, dentre outros objetivos, uniformizar as definições acerca do tema nanotecnologia e afins, de modo que as transações comerciais sejam as mais transparentes possíveis. Além disso, pretende estabelecer métodos precisos para a medição das propriedades dos nanomateriais, de modo que seja avaliada a qualidade do processo de produção, bem como estabelecer protocolos de utilização pelo consumidor. A formação de base de dados, que se encontra no item 11 do *framework*, tem a finalidade não apenas de auxiliar gestores na tomada de decisão informada e consciente, através de um histórico relativo às constatações armazenadas desde a extração da matéria prima até a decisão

³⁴⁵ LEITE, José Rubens Morato. **Direito Constitucional ambiental brasileiro**. José Gomes Canotilho, José Rubens Morato Leite (Org.). 3. ed. rev. São Paulo: Saraiva, 2010, p. 196.

³⁴⁶ SUNSTEIN, Cass R. Irreversible and Catastrophic. **Cornell Law Review**. Volume 91. Publicado em 04 mai. 2006. Disponível em <<http://scholarship.law.cornell.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3029&context=clr>> Acesso em 17 ago. 2017.

³⁴⁷ MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Princípio da precaução e o direito ambiental**. Parecer juntado aos autos da ação civil pública nº 1998.00.027682-0, proposta pelo Idec contra a União Federal perante a 6ª Vara Federal da Seção Judiciária do Distrito Federal.

de processamento e fabricação de nanoproductos, mas também de servir de esclarecimento ao público sobre os riscos a que se submetem ao adquiri-los e ao descartá-los de maneira incorreta. A clareza dessas informações deve estar disponível tanto às instituições privadas ou públicas pertencentes à cadeia produtiva, quanto aos consumidores em geral. Ademais, Cláudia Lima Marque relaciona o dever de informar ao princípio da boa-fé, discorrendo que³⁴⁸

Informar é “dar” forma, é colocar (in) em uma “forma” (in-forma-r), aquilo que um sabe ou deveria saber (o expert) e o que o outro (leigo) ainda não sabe (consumidor). A informação é, pois, uma conduta de boa-fé do fornecedor e como direito do consumidor (Art. 6, III) conduz a um dever (anexo de boa-fé) de informar do fornecedor de produtos e serviços. Daí que o dever de informar é um dever de conduta ou de comportamento positivo (*caveat venditor* superando o *caveat emptor*), onde o silêncio é violação o dever ou enganiosidade.

Defende a jurista que o dever de informar assegura igualdade material e formal para o consumidor frente ao fornecedor, pois o que caracteriza o consumidor é seu *déficit* informacional, algo já trabalhado nesta pesquisa como fator responsável pela atribuída vulnerabilidade do consumidor.

É importante frisar que, consoante ao que assevera José Rubens Morato Leite, “os riscos nunca serão totalmente eliminados”³⁴⁹, em função das restrições cognitivas humanas e – acrescenta-se – do acelerado, contínuo e irrefreável avanço do desenvolvimento nanotecnológico. Porém, justamente pela força com que vem se mostrando atraente o emprego de nanotecnologia pelas instituições empresárias dos mais diversos setores, é que se torna crucial atentar à gestão do risco que esta escolha representa, pautada pelo princípio da precaução. Do contrário, o efeito nefasto poderá não somente atingir a estabilidade financeira das companhias, mas a estabilidade biológica dos seres vivos, alterando o meio ambiente natural, bem como a própria constituição celular humana. E, manifestamente, este é um risco que precisa ser estudado e tratado, antes que produza seus reflexos.

³⁴⁸ MARQUES, Cláudia Lima; BENJAMIN, Antonio Herman V.; MIRAGEM, Bruno. **Comentários ao Código de Defesa do Consumidor**. 4. ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2013, p. 283.

³⁴⁹ LEITE, José Rubens Morato. **Direito Constitucional ambiental brasileiro**. José Gomes Canotilho, José Rubens Morato Leite. (Org.). 3. ed. rev. São Paulo: Saraiva, 2010, p. 198-199.

De suma importância, pois, sejam internalizadas estratégias para gestão e redução de riscos, tais como a que ora se propõe. O desdobramento da precaução tem condão antecipatório, inibitório e pró-ativo, conforme José Gomes Canotilho e requer “a implantação de pesquisas e sistematização das organizações no plano de uma política de proteção ambiental”³⁵⁰ e, porque não dizer, de proteção humana, na medida em que – lembrando o pensamento de Marcelo Gleiser, físico e astrônomo brasileiro – a natureza não precisa do homem, mas a recíproca não é verdadeira.

Todos estes aspectos pensados para a elaboração do *framework* procuraram englobar conceitos destacados, primordialmente, pelas normas ABNT ISO e aspectos estruturais foram retirados de sítios eletrônicos específicos: USC Libraries, por meio da publicação denominada “Organizing Your Social Sciences Research Paper: Theoretical Framework”³⁵¹, John Latham através da demonstração “Research Methods Framework”³⁵² e BMC Medical Research Methodology, por intermédio do artigo “Using the framework method for the analysis of qualitative data in multi-disciplinary health research”³⁵³, de autoria de Nicola K. Gate. Gemma Heath, Elaine Cameron, Sabina Rashid e Sabi Redwood.

³⁵⁰ CANOTILHO, José Gomes. **Direito Constitucional ambiental brasileiro**. José Gomes Canotilho, José Rubens Morato Leite. (Org.). 3. ed. rev. São Paulo: Saraiva, 2010, p. 200.

³⁵¹ Tradução nossa: Organizando seu trabalho de pesquisa em Ciências Sociais: Quadro teórico (Framework). Disponível em <<http://libguides.usc.edu/writingguide/theoreticalframework>> Acesso em 25 jul 2017.

³⁵² Tradução nossa: Estrutura de métodos de pesquisa (Método de pesquisa Framework) Disponível em <<http://johnlatham.me/frameworks/research-methods-framework/>> Acesso em 25 jul. 2017.

³⁵³ Tradução nossa: Usando o método framework para análise de dados qualitativos em pesquisa de saúde multidisciplinar. Disponível em <<https://bmcmedresmethodol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2288-13-117>> Acesso em 25 jul. 2017.

8 CONCLUSÃO

O art. 931 do Novo Código Civil de 2002, tradicionalmente utilizado para que empresas e sociedades empresárias respondam objetivamente pelos produtos que expõe ao consumo, inferiu-se, teve sua gênese em momento histórico bastante distinto do que hoje se acompanha. A ideia primeva estava associada à proteção do consumidor que, à época, não dispunha de um código de proteção específico.

Todavia, dada a mora na elaboração, publicação e vigência do diploma civilista ao qual pertencia, acabou por ceder espaço ao artigo 12 do Código de Defesa do Consumidor, cuja entrada em vigor precipitou-se ao ano 1990. Após esse período, o artigo 931 do CC de 2002 passou a ser um subsidiário do dispositivo consumerista e, de acordo com a doutrina, a tratar dos casos de danos ou prejuízos causados “entre empresas” pelos produtos postos em circulação. A responsabilidade empresarial ou societária, em ambos os casos e mesmo pelo suporte do art. 927 caput e parágrafo único do CC de 2002, não permite brechas para que se conclua seja outra, senão objetiva.

Entretanto, a pesquisa jurisprudencial demonstrou que ainda há muito a ser explorado no tocante à aplicação do art. 931 do CC de 2002, uma vez que invocado de forma bastante exígua, limitada e, recorrentemente, para complementar e dar força a outra norma. Nenhuma decisão foi encontrada no intervalo de tempo que remete à época de sua entrada em vigor até à atualidade, que tenha abarcado a teoria do risco do desenvolvimento atribuída ao dispositivo em todos os resultados em que o mesmo foi exibido, o que, novamente, mostra sua atuação escassa no desfecho de casos práticos. Esta perspectiva tende a ampliar-se futuramente em função do desenvolvimento tecnológico e das relações empresariais e de consumo que serão entabuladas.

O progresso científico tende a dar espaço a conjunturas sociais em que se permita vulgarmente evocar o risco do desenvolvimento, viabilizando que a responsabilidade objetiva da empresa seja perseguida de maneira mais assídua e com fulcro no art. 931 do CC de 2002. Neste momento terá especial relevância a demonstração, por parte das empresas que estão a fortalecer-se pelo uso da nanotecnologia, da diligência adotada no manejo dessa técnica, sob pena de não somente terem de ressarcir um dano causado a outrem, como também de administrar extemporaneamente o dano causado à própria instituição, dado o vulto

que tal responsabilização pode conter. Apoiado no supracitado dispositivo legal, portanto, procurou-se adequar a utilização da nanotecnologia à prudência procedimental que dela se pode exigir, para que não venha a tornar-se uma ameaça à sociedade e mesmo às próprias empresas.

A nanotecnologia é um campo infindável de possibilidades, particularmente de cunho mercadológico, com poder para revolucionar a compreensão que se tem acerca das propriedades dos elementos químicos presentemente conhecidos e, com isso, transformar a vida humana como nunca antes se viu, dadas as condições favoráveis para a profusão dos mais variáveis produtos e serviços.

Neste estudo, escolhido o ramo do ar condicionado automotivo, depreendeu-se a probabilidade de que, futuramente, haja uma transformação radical no modo com que estes aparelhos funcionam e são utilizados. Outras formas de controle de temperatura e refrigeração já estão sendo produzidas, assim como o aprimoramento das existentes, conforme se observou por meio dos dados coletados, conduzindo, inclusive, à economicidade de combustível do veículo, a exemplo dos revestidos com tinta à base de nanopartículas que repelem a passagem de calor para o interior do automóvel. Técnicas para melhor desempenho, como a fabricação de peças mais leves e filtros de cabine revestidos de prata nanoestruturada, que possui poderosas propriedades antimicrobianas e antibactericidas, oportunizarão, quiçá, tecnologia disruptiva em relação à linha de higienizadores automotivos, bastante comercializada correntemente.

Pesquisadores como Diego Stéfani Martinez e Osvaldo Luiz Alves, apontam, no entanto, para o fato de que esta revolução deve ser controlada. Ultimou-se que o atual desconhecimento sobre seus efeitos exige o implemento de medidas precautivas que devem percorrer todo o processo produtivo, para que não se descubra, tardiamente, a profusão de malefícios causados pela falha no dever de agir previamente à confirmação da relação causal. Já existem estudos publicados, tal como os dos pesquisadores do Centro de Tecnologia Mecânica e Automação do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro em Portugal e do Departamento de Ciências da Engenharia e Matemática da Luleå, Universidade de Tecnologia da Suécia, no sentido de que o organismo humano não é capaz de barrar a entrada de nanopartículas (em função da dimensão que apresentam) cujo comportamento após a introdução no genoma é desconhecido pela Ciência. O mesmo ocorre em relação ao meio ambiente que igualmente está vulnerável à ação

daquelas. A toxicidade das nanopartículas dos materiais ainda não foi mapeada e não é tema priorizado pelas sociedades empresariais em meios aos seus vultuosos investimentos destinados à fabricação de nanoproductos.

Ainda assim, produtos contendo-as são livremente comercializados. Além disso, percorrem um longo ciclo desde a sua concepção até o descarte, período durante o qual mantém contato inevitável com os seres humanos e demais seres vivos que compõem o meio ambiente natural.

É precisamente considerando esta realidade e a inexistência de regulação pertinente, que foi elaborado, como sugestão para o impasse da gestão do risco nanotecnológico, um conjunto de procedimentos atentos ao princípio da precaução, o qual, na presente pesquisa, denominou-se *framework*.

A ilação de que há profunda necessidade em esquematizar-se formas de extenuar os riscos e as prováveis implicações danosas futuras da comercialização descomedida de nanoproductos, conduziu e fundamentou a construção do *framework*. Como resposta ao problema de pesquisa, o qual indagou acerca dos elementos que deverão integrar um *framework* atento à saúde e segurança de trabalhadores, consumidores e à preservação do meio ambiente, considerada a responsabilização prevista no artigo 931, do atual Código Civil brasileiro e o risco do desenvolvimento a ele intrínseco, a fim de orientar a concreta utilização do princípio da precaução, em especial, pelo setor produtivo de aparelhos de ar condicionado automotivo e congêneres que incluam nanotecnologia em seus processos, observou-se que os seguintes elementos devem integrá-lo:

- a) definição da matéria prima e caracterização físico-química do nanomaterial através de nanometrologia e estereologia;
- b) estudo do ciclo de vida do nanomaterial e monitoramento de sua toxicidade em cada estágio;
- c) medição da exposição humana e ambiental;
- d) monitoramento (como forma de medir o desempenho da gestão de riscos através de indicadores, os quais devem ser analisados criticamente e de forma periódica, para garantir que permaneçam adequados);
- e) tratamento de riscos;
- f) divulgação de informações.

Identificou-se, assim, a premência na distinção inicial dos nanomateriais através de nanometrologia e estereologia, seguida da análise de nanotoxicidade e estudo do ciclo de vida dos nanomateriais. Mostrou-se substancial a mensuração do grau de exposição humana e ambiental, o monitoramento, o tratamento de riscos e a divulgação de informações, algo que atende, primordialmente, aos direitos do consumidor de acessar o conteúdo daquilo que adquire.

Em breve comparativo entre os elementos que deveriam compor um *framework* inspirado no princípio da precaução, identificados na hipótese desta pesquisa e os elementos que finalmente afiguraram-se mais adequados, há semelhanças, eis que os inicialmente propostos foram mantidos: a) identificação dos materiais utilizados em escala nano; b) análise permanente de nanotoxicidade; c) elaboração de técnicas seguras de utilização de nanomateriais afim de evitar a contaminação de trabalhadores, consumidores e meio ambiente; d) estudo do ciclo de vida dos nanomateriais. Contudo, houve acréscimos e especificação de método com o qual isto poderia ser realizado. Do mesmo modo, a análise de nanotoxicidade aparece nas duas construções, porém, na segunda, há substrato para o entendimento de que este exame deve ser feito abrangendo todos os estágios do ciclo de vida dos nanoprodutos, uma vez que a toxicidade apresenta-se assimetricamente em cada período. Significa que houve confirmação parcial da hipótese, ou seja, os elementos considerados imprescindíveis em um primeiro momento, permaneceram assim reputados, porém, revelaram-se ainda insuficientes, pelo que foram acrescentados outros elementos e outras etapas que se provaram imperiosas.

Este procedimento permite melhor avaliar os riscos, para que, finalmente, viabilize-se o seu tratamento adequado, com o fim de combalir seu potencial ofensivo. A finalidade é fazer com que estes riscos os quais, atualmente, alastram-se indiscriminadamente por meios e rumos incalculáveis, tenham seu percurso e comportamento calculados tanto quanto o estado da técnica permitir. Quanto maior for o conhecimento a respeito, maior e mais eficiente será seu tratamento por meio do gerenciamento empresarial. Isso trará às empresas e às sociedades empresárias maior segurança em suas transações na medida em que, comprovada a adoção de tais procedimentos, não apenas terão amainadas eventuais responsabilizações, como também contribuirão para o desenvolvimento sustentável da nanotecnologia.

Considerando o cenário apresentado sobre o uso da nanotecnologia no setor de ar condicionado automotivo, se verifica a importância da percepção do trabalho responsável da pesquisa e inovação, dados os possíveis riscos. Para tanto, e pensando numa eventual responsabilidade por danos futuros do empresário, nos termos do art. 931, do CC, a aplicação do princípio da precaução, na estrutura do *framework*, parece ser uma solução criativa e adequada contemporaneamente. Este princípio muitas vezes é tratado teoricamente e como uma salvaguarda para qualquer eventualidade geradora de riscos desconhecidos. Por isso, a antecipação e o cuidado, dois elementos estruturantes do princípio da precaução, que também estão no *framework*, mostram uma possibilidade de sua aplicação a um caso concreto, na busca de mitigar eventuais questões de responsabilidade civil que poderão surgir no futuro, que são, hoje, ainda desconhecidos. De certo modo, os elementos do *framework* pretendem organizar uma memória do que se faz no presente para tentar controlar efeitos adversos que o uso da nanotecnologia no ar condicionado automotivo possa trazer para os trabalhadores, consumidores e meio ambiente. Com isso, também se estará contribuindo para viabilizar o direito à informação, oportunizando a comunicação das informações, dentro do que é possível comunicar, e o armazenamento do estado do conhecimento que se tem sobre as possibilidades e os riscos da nanotecnologia neste momento.

REFERÊNCIAS

A ANÁLISE SWOT no gerenciamento de riscos. Disponível em <<http://excelenciaemprojetos.com/?p=214>> Acesso em 22 jul. 2017.

A NANOMETROLOGIA no Brasil. Noticiêcia. Disponível em <<http://noticiadigital.blogspot.com.br/2008/11/nanometrologia-no-brasil.html>> Acesso em mai. 2017.

ABNT/CEE-089 - *Comissão de Estudo Especial de Nanotecnologia*. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/cee-89>> Acesso em 26 ago. 2017.

ABOUT Nanotechnology. Center For Food Safety. Disponível em <<http://www.centerforfoodsafety.org/issues/682/nanotechnology/about-nanotechnology>> Acesso em 01 jul. 2017.

AGUIAR DIAS, José de. **Da responsabilidade civil**. 4. ed. Rio de Janeiro: Forense, 1997.

ANTUNES, Paulo de Bessa. **Direito Ambiental**. 12^a. Ed. Rev. e Atual. Rio de Janeiro: Editora Lumen Juris, 2010.

APENAS 27% dos brasileiros leem rótulo antes de comprar. Invent. Conhecimento Estratégico. São Paulo, 30 mar. 2013. Disponível em: <<http://www.inventrade.com.br/novidades/apenas-27e-dos-brasileiros-leem-rotulosantes-de-comprar>>. Acesso em: 15 out. 2015.

AYALA, Patrick de Araújo; LEITE, José Rubens Morato. **Direito ambiental na sociedade de risco**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2004.

BDINE JÚNIOR, Hamid Charaf. **Responsabilidade civil pelo fato do serviço**. 20 anos do Código de Defesa do Consumidor: conquistas, desafios e perspectivas. Coord. Renan Lotufo e Fernando Rodrigues. São Paulo: Saraiva, 2011.

BOTHA, Anthon. *Future Thinking. A few things about tomorrow that will shape the way we practice MoT*. Techno Scence. Iamot 2015. Disponível em <<http://www.iamot2015.com/documents/FutureThinkingAndMOT-IAMOT2015.pdf>> Acesso em 01 jul 2017.

BRASIL, Emanuelle. Pesquisadores criticam projeto de regulamentação de nanotecnologia. Câmara Notícias. Brasília, DF, 25 jun. 2015. Disponível em <<http://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/CIENCIA-E-TECNOLOGIA/491084-REGULAMENTACAO-DE-PRODUTOS-COM-NANOTECNOLOGIA-DIVIDE-OPINIAO-DE-PESQUISADORES.html>>. Acesso em 01 jul. 2017.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil de 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm>. Acesso em 01 jul. 2017.

BRASIL. **Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002.** Institui o Código Civil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406.htm>. Acesso em: 13 set. 2017.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20072010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em 22 fev. 2017.

BRASIL. **Lei nº 3.071, de 1º de janeiro de 1916.** Código Civil dos Estados Unidos do Brasil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L3071.htm>. Acesso em: 13 set. 2017.

BRASIL. Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990. Institui o Código de Defesa do Consumidor. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8078.htm>. Acesso em 01 jul. 2017.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça. Enunciado nº 378 da IV Jornada de Direito Civil. Aplica-se o CC 931, haja ou não relação de consumo. Disponível em <<http://www.stj.jus.br/publicacaoinstitucional///index.php/JDC/article/view/812/767>>. Acesso em 01 jul. 2017.

BUENO, Carolina de Castro; JESUS, Katia Regina Evaristo de. **Emprego e adaptação do método GMP-RAM para avaliação dos riscos das nanotecnologias.** Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, n. 62, dez. 2011. Disponível em <http://www.cnpma.embrapa.br/download/boletim_62.pdf>. Acesso em 01 jan. 2017.

CALIXTO, Marcelo Junqueira. **O artigo 931 do Código Civil de 2002 e os riscos do desenvolvimento.** In: Âmbito Jurídico, Rio Grande, XII, n. 63, abr 2009. Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=5895>. Acesso em 15 mai. 2017.

CANOTILHO, José Gomes. **Direito Constitucional ambiental brasileiro.** José Gomes Canotilho, José Rubens Morato Leite, organizadores. 3. ed. rev. São Paulo: Saraiva, 2010.

CARVALHO, Washington Rocha de; MARTINS, Pedro A. Batista; DONNINI, Rogério; OLIVEIRA, Gleydson Kleber Lopes de. **Comentários ao Código Civil Brasileiro.** Vol. VIII. Coord. Arruda Alvim, Thereza Alvim. Rio de Janeiro: Forense, 2013.

CASTAGNINO, Juan M. *Técnicas, materiales y aplicaciones en nanotecnología.* **Scientific Electronic Library Online – Scielo.** Acta bioquím. clín. latinoam., La Plata, v. 41, n. 2 jun. 2007. Disponível em <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S03252957200700020001&lng=es&nrm=iso>. Acesso em 22 fev. 2017.

COELHO, Margarida C. et al. Nanotechnology in automotive industry: research strategy and trends for the future – small objects, big impacts. **Journal of Nanoscience and Nanotechnology,** Stevenson Ranch, v. 12, n. 8, p. 6621-6630,

2012. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22962798>>. Acesso em: 13 set. 2017.

COOTER, Robert; ULLEN, Thomas. **Direito & economia**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

DEFINICIONES y consideraciones generales sobre las tecnologías transformativas y convergentes: El caso de la nanotecnología. **Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico**. N.9. La Paz, out. de 2007. Disponível em: <http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S207447062007000300003&lang=pt>. Acesso em 01 jul. 2017.

DERANI, Cristiane. **Direito ambiental econômico**. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2008.

DÍAZ-SOLER, Beatriz María; LÓPEZ-ALONSO, Mónica; MARTÍNEZ-AIRES, María Dolores. Nanosafety practices: results from a national survey at research facilities. *Journal of Nanoparticle Research* (2017). Publicado em 06 mai. 2017. Disponível em <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11051-017-3867-x>> Acesso em 19 ago. 2017.

DINIZ, Maria Helena. **Código Civil anotado**. 10 ed. rev. e atual. de acordo com o novo Código Civil (Lei n. 10.406, de 10-1-2002). São Paulo: Saraiva, 2004.

DIREITO, Carlos Alberto Menezes; CAVALIERI FILHO, Sérgio. **Comentários ao novo código civil**: da responsabilidade civil, das preferências e privilégios creditórios. Rio de Janeiro: Forense, 2004. v. 13.

DREXLER, Eric. **Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology**. 1986.

DRUCKER, Peter Ferdinand. **Inovação e espírito empreendedor (entrepreneurship)**: prática e princípios; tradução de Carlos Malferrari. 2ª Ed. São Paulo: Pioneira, 1987.

DURÁN, Nelson; MATTOSO, Luiz Henrique Capparelli; MORAIS, Paulo Cezar de. **Nanotecnologia: Introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação**. São Paulo: Artliber Editora, 2006.

ENGELMANN, Wilson. O “direito de ser informado” sobre as possibilidades e os riscos relacionados às nanotecnologias: o papel do engajamento público no delineamento de um (novo?) direito/dever fundamental. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. **Direito, Inovação e Tecnologia**. São Paulo: Saraiva, 2015, v. 1, p. 345-366.

ENGELMANN, Wilson. O Direito em face das Nanotecnologias: novos desafios para a Teoria Jurídica no século XXI. In: WOLKMER, Antonio Carlos; LEITE, José Rubens Morato (Org.). **Os “novos” direitos no Brasil**: natureza e perspectivas – uma visão básica das novas conflituosidades jurídicas. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016, p. 435-461.

ENGELMANN, Wilson. Os desafios jurídicos da aplicação do princípio da precaução. In: **Revista dos Tribunais**, São Paulo, v. 981, ano 106, p. 387-491, julho 2017.

ENGELMANN, Wilson; BORJES, Isabel Cristina Porto; GOMES, Taís Ferraz. **Responsabilidade civil e nanotecnologias**. São Paulo: Atlas, 2014.

ENGELMANN, Wilson; MAFALDO, Camila. Nanorregulação – condições e possibilidades para a sua estruturação. **Nanocosméticos e o direito à informação**. Organizador: Wilson Engelmann. Erechim: Deviant, 2015.

Enunciado nº 378 da IV Jornada de Direito Civil. Disponível em <<http://www.stj.jus.br/publicacaoinstitutional///index.php/JDC/article/view/812/767>>. Acesso em: 01 jul. 2017.

FACCHINI NETO, Eugênio. **Da responsabilidade civil no Novo Código**. Revista TST, Brasília, DF, v. 76, n. 1, jan/mar 2010.

FRANCO, Vera Helena de Mello. **Contratos: direito civil e empresarial**. 5. ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2014.

FRANZIUS, Claudio. Autorregulación regulada como estrategia de coordinación. In: GARDELLA, M. Mercè Darnaculleta I et al. (Ed.). **Estrategias del derecho ante la Incertidumbre y la globalización**. Madrid: Marcial Pons, 2015. p. 217-243.

GARDELLA, M. Mercè Darnaculleta I. Autorregulación normativa y derecho en la globalización. In: GARDELLA, M. Mercè Darnaculleta I et al. (Ed.). **Estrategias del derecho ante la Incertidumbre y la globalización**. Madrid: Marcial Pons, 2015. p. 197-216.

GODOY, Cláudio Luiz Bueno de. **Código Civil comentado: doutrina e jurisprudência**: Lei n. 10.406, de 10.01.2002: contém o Código Civil de 1916. Coord. Cezar Peluzo. 4. ed. rev. e atual. Barueri, SP: Manole, 2010.

GOÉS, Maurício de C. **Direito do trabalho nanotecnológico: da prevenção e da precaução à proposição de respostas protetivas (adequadas) ao trabalho humano num meio ambiente de trabalho afetado pelos riscos desconhecidos e futuros**. 2014. 767 f. Tese Doutorado em Direito. Programa de Pós-Graduação em Direito da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos. Área de concentração: Sociedade, Novos Direitos e Transnacionalização, São Leopoldo, 2014.

GÓMEZ, Estefanía Ruiz; JARAMILLO, Luis Fernando Giraldo. *Nanometrología: Impacto en los sistemas de producción. Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 26 (2), pp. 49-72, DOI: <http://dx.doi.org/10.18359/rcin.1771>. 2016. Disponível em <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-81702016000200004&lng=en&tling=en#?> Acesso em 20 mai. 2017.

GONÇALVES, Carlos Alberto. **Comentários ao Código Civil: parte especial: direito das obrigações**, volume 11 (arts. 927 a 965). Coord. Antônio Junqueira de Azevedo. São Paulo: Saraiva, 2003.

HANSMANN, Henry; ARMOUR, John; KRAAKMAN, Reinier. **The Anatomy and Corporate Law**. Agency problems and legal strategies. Second Edition. Oxford University Press.

HUPFFER, Haide Maria; ENGELMANN, Wilson. O princípio responsabilidade de H. Jonas como contraponto ao avanço (ir)responsável das nanotecnologias. **Revista Direito e Práxis**, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/revistaceaju/article/view/26193/21068>>. acesso em 26 ago. 2017. DOI: 10.1590/2179-8966/2017/26193.

Inmetro, Inovação e Indústria. A evolução do conceito de inovação. Disponível em <<http://inovacao.inmetro.gov.br/como-o-inmetro-ve-a-inovacao/>> Acesso em 06 set. 2017.

JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para uma civilização tecnológica**. Rio de Janeiro: PUC Rio, 2006.

JONAS, Hans. **Técnica, medicina e ética. Sobre a prática do princípio responsabilidade**. São Paulo: Paulus, 2013.

JOSSERAND, Louis. **Evolução da responsabilidade civil**. Revista Forense 86. Ano XXXVIII. Rio de Janeiro, abril de 1941.

JUSTIFICATIVA PL 19 de 2014. Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br/legislativo/ExibeProposicao/tabid/325/SiglaTipo/PL/NroProposicao/19/AnoProposicao/2014/Origem/Px/Default.aspx>>. Acesso em 20 abr. 2017.

KEY Concepts in the 2011 National Nanotechnology Initiative: Environmental, Health, and Safety Research Strategy. Disponível em <https://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/2011_brochure_ehsresearchstrategy.pdf> Acesso em 20 mai 2017.

KIM, Jiyoun; AKIN, Heather; BROSSARD, Dominique; XENOS, Michael; SCHEUFELE, Dietram A. Selective perception of novel science: how definitions affect information processing about nanotechnology. *Journal of Nanoparticle Research*. Publicado em 03 mai. 2017. Disponível em <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11051-017-3837-3>> Acesso em 18 ago. 2017.

LATHAM, John. Um quadro para projetar e alinhar o “DNA” do seu estudo. Publicação: 2014. Disponível em <https://i2.wp.com/johnlatham.me/wp-content/uploads/2016/11/Research_Framework_Detailed.png> Acesso em 28 jul. 2017.

LEITE, José Rubens Morato. **Direito Constitucional ambiental brasileiro**. José Gomes Canotilho, José Rubens Morato Leite, organizadores. 3. ed. rev. São Paulo: Saraiva, 2010.

LEVY, Daniel de Andrade. **Responsabilidade civil: de um direito dos danos a um direito das condutas lesivas**. São Paulo: Atlas, 2012.

LOPEZ, Teresa Ancona. **Princípio da precaução e evolução da responsabilidade civil**. São Paulo: Quartier Latin, 2010.

LUHMANN, Niklas. **Sociología del riesgo**. Universidad Iberoamericana / Universidad de Guadalajara. Colección Labirinto de cristal. Coord. Carlos Sedano. Traducción: Silvia Pappé, Brunhilde Erker, Luis Felipe Segura. Coord. de traducción: Javier Torres Nafarrate. 1992.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Princípio da precaução e o direito ambiental**. Parecer juntado aos autos da ação civil pública nº 1998.00.027682-0, proposta pelo Idec contra a União Federal perante a 6ª Vara Federal da Seção Judiciária do Distrito Federal.

MAKRI, Anita. World view: a personal take on events. Give the public the tools to trust scientists. Revista Nature, de 19 jan. 2017. v. 541.

MARAN, Melsi. Estratégias para diagnósticos rápidos no sistema de ar-condicionado automotivo. **Jornal Oficina Brasil**, [S.l.], 15 jan. 2016. Disponível em <<http://www.oficinabrasil.com.br/noticia/tecnicas/estrategias-para-diagnosticos-rapidos-no-sistema-de-ar-condicionado-automotivo>>. Acesso em: 06 ago. 2017.

MARQUES, Cláudia Lima; BENJAMIN, Antonio Herman V.; MIRAGEM, Bruno. **Comentários ao Código de Defesa do Consumidor**. 4. ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2013.

MARTINEZ, Diego Stéfani Teodoro; ALVES, Osvaldo Luiz. Interação de nanomateriais com biosistemas e a nanotoxicologia: na direção de uma regulamentação. **Scientific Electronic Library Online – Scielo**. Ciência e Cultura. São Paulo, jul. 2013. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252013000300012&script=sci_arttext>. Acesso em 01 jul. 2017.

MARTINS, Manuel Fernando Rafael. **Nanotecnologia – breve contextualização sobre as aplicações e implicações**. Disponível em <https://www.revistamilitar.pt/artigo/841#_ftn16> Acesso em 20 mai. 2017.

Megatendências mundiais 2030: o que entidades e personalidades internacionais pensam sobre o futuro do mundo? Contribuição para um debate de longo prazo para o Brasil / organizadora: Elaine C. Marcial. Brasília: Ipea, 2015.

MELO, Nehemias Domingos de. **Da culpa e do risco: como fundamentos da responsabilidade civil**, 2ª ed. rev., atual e aumentada. São Paulo: Atlas, 2012.

MINTZBERG, Henry et al. **O Processo da Estratégia - Conceitos, Contextos e Casos Selecionados**, 4ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2007.

MIRAGEM, Bruno Nubens Barbosa. **Direito civil: responsabilidade civil**. São Paulo: Saraiva, 2015.

NANORISCOS. **LQES - Laboratório de Química do Estado Sólido**, Campinas, 2001-2017. Disponível em: <http://www.lqes.iqm.unicamp.br/institucional/bibliotecas/bibliotecas_lqes_nanotecnologia_nanoriscos.html>. Acesso em: 13 set. 2017.

NERY JÚNIOR, Nelson; NERY, Rosa Maria de Andrade. **Código civil comentado**. 5. ed. rev., ampl. e atual. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2007.

NORDMANN, Alfred. Responsible innovation, the art and craft of anticipation. In: **Journal of Responsible Innovation**, v. 1, issue 1, p. 87-98, 2014.

NORMA BRASILEIRA. ABNT NBR ISO/IEC 31010. Primeira edição 04.04.2012. Válida a partir de 04.05.2012. Disponível em <<file:///C:/Users/Varial15/Downloads/ISO%2031010%20Gesto%20de%20riscos%20-%20Tcnicas%20para%20o%20processo%20da%20avaliao.pdf>> Acesso em 25 jul. 2017.

OLIVEIRA, Marcos. **Medidas Preventivas: estudos apresentam propostas para possíveis impactos de nanoproductos na saúde humana e no meio ambiente.** Pesquisa Fapesp. Boletim Eletrônico LQES NEWS. Ano XVI – nº 362, de 16 de fevereiro de 2017. Disponível em <http://www.lqes.iqm.unicamp.br/images/em_pauta_novidades_2208_medidas_preventivas.pdf> Acesso em 19 fev. 2017.

PASCHOALINO, Matheus P.; MARCONE, Glauciene P. S.; JARDIM, Wilson F.. **Os nanomateriais e a questão ambiental.** Quím. Nova, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 421-430, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422010000200033&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 17 mar. 2017.

PASSOS, Edilenice; LIMA, João Alberto de Oliveira. **Memória legislativa do código civil.** Brasília, DF: Senado Federal, 2012.

PEREIRA, Caio Mário da Silva. **Responsabilidade Civil.** 9. Ed. Rio de Janeiro: Forense, 1998.

Pesquisa de inovação : 2014 / IBGE, Coordenação de Indústria. Rio de Janeiro : IBGE, 2016. Disponível em <<http://www.pintec.ibge.gov.br/downloads/PUBLICACAO/PUBLICA%C3%87%C3%83O%20PINTEC%202014.pdf>> Acesso em 06 set. 2017.

PINTO, Antonio Lino. **Pequenas agências, grandes resultados: como gerenciar na prática as finanças de uma agência de propaganda.** Clio Editora. São Paulo: 2011.

Política Nacional de Resíduos Sólidos. Logística Reversa e Responsabilidade Compartilhada. Entrevista com Dan Moche Schneider e Diogo Tunes Alvares da Silva. [20 março 2013]. **Instituto Humanitas UNISINOS**, São Leopoldo, 20 de março de 2013. Disponível em <<http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/518595-politicanacional-de-residuos-solidos-cada-elo-defende-seus-interesses-entrevista-especialcom-dan-moche-schneider-e-diogo-tunes-alvares-da-silva>>. Acesso em 12 jan. 2017.

POLÍTICA Nacional do Eterno Adiamento. **Instituto Humanitas UNISINOS**, São Leopoldo, 15 de julho de 2015. Disponível em <<http://www.ihu.unisinos.br/noticias/544615-politica-nacional-do-eterno-adiamento>>. Acesso em 22 fev. 2017.

PROJETO de nanotecnologia aplicação em sistema de HVAC. Disponível em <<http://pt.acrlatinoamerica.com/201507145930/noticias/tecnologia/proyecto-de-aplicacion-denanotecnologia-en-sistemas-hvac.html>> Acesso em 10 fev. 2017.

QUANTIFYING Exposure to Engineered Nanomaterials (QEEN) from Manufactured Products Addressing Environmental, Health, and Safety Implications. National Nanotechnology Initiative. Disponível em <<https://www.nano.gov/node/1584>> Acesso em 15 jul 2017.

RISK Assessment of Products of Nanotechnologies. Scientific Committe on Emerging and Newly Identified Health Risks – SCENIHR. Euporean Commission. 19 jan. 2009. Disponível em: <http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihhr/docs/scenihhr_o_023.pdf>. Acesso em 21 mar. 2017.

RIZZARDO, Arnaldo. **Responsabilidade Civil**. Rio de Janeiro: Forense, 2009.

RIZZARDO, Arnaldo. **Responsabilidade Civil**. Rio de Janeiro: Forense, 2011.

SAMPAIO et al. **Justiça distributiva: uma revisão da literatura psicossocial e desenvolvimentista**. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/pe/v14n4/v14n4a03>> Acesso em 01 jul. 2017.

SANSEVERINO, Paulo de Tarso Vieira. **Responsabilidade civil no Código do Consumidor e a defesa do fornecedor**. Saraiva: 2002.

SCATENA, Maria Inês Caserta. **Ferramentas para a moderna gestão empresarial: teoria, implementação e prática**. – Curitiba: InterSaberes, 2012.

SILVA, Ivan de Oliveira. **Curso de Direito do Seguro**, 2ª edição. Saraiva, 2012.

SILVEIRA, Denise Tolfo; CORDOVA, Fernando Peixoto. **Métodos de pesquisa**. Org. Tatiana Engel e Denise Tolfo Silveira; coord. Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e Curso de Graduação Tecnológica Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

STEELE, Jenny. **Risks and legal theory**. Legal Theory Today. Hart Publishing. Oxford and Portland Oregon. 2004.

SUNSTEIN, Cass R. **Irreversible and Catastrophic**. Cornell Law Review. Volume 91. Publicado em 04 mai. 2006. Disponível em <<http://scholarship.law.cornell.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3029&context=clr>> Acesso em 17 ago. 2017.

TEPEDINO, Gustavo; BARBOZA, Heloisa Henela; MORAES, Maria Celina Bodin de. **Código civil interpretado conforme a Constituição da República**. Rio de Janeiro: Renovar, 2006. v. 2.

THIBIERGE, Catharine. **Libres propôs sur l'évolution du droit de la responsabilité (vers um élargissement de la fonction de la responsabilité civile?)** *Revue Trimestrielle de Droit Civil*, Paris, v. 98, n. 3, p. 561, 3 juill-sept. 1999.

VASCONCELLOS, Antônio Herman. **Comentários ao Código de Proteção do Consumidor**. Saraiva: 1991.

VERBOCARO, Dennis; ALCÂNTARA, Ana Beatriz Quintas Santiago. **A (in)Eficácia do Dever Informacional nas Relações de Consumo: como superar a desconfiância recíproca entre consumidores e fornecedores no ambiente pré-contratual?** Revista Eletrônica Direito e Sociedade. Centro Universitário do Pará – CESUPA. Disponível em <<http://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/redes/article/view/3440/pdf>> Acesso em 18 ago. 2017.

WANSLEY, Matthew T. **Regulation of emerging risks**. Vanderbilt Law Review. Disponível em <<https://www.vanderbiltlawreview.org/wp-content/uploads/sites/89/2016/03/Regulation-of-Emerging-Risks.pdf>> Acesso em 18 ago. 2017.

WESENDONCK, Tula. **O regime da responsabilidade civil pelo fato dos produtos postos em circulação: uma proposta de interpretação do artigo 931 do Código Civil sob a perspectiva do Direito Comparado**. – Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2015.

WESTERHOFF, Paul. **Quantifying Exposure to Engineered Nanomaterials (QEEN) from Manufactured Products: Addressing Environmental, Health, and Safety Implications**. Workshop Proceedings July 7-8, 2015. Disponível em <https://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/qeen_workshop_report_2016.pdf> Acesso em 15 jul. 2017.

WILLERS, Camila Daniele; RODRIGUES, Luciano Brito; SILVA, Cristiano Alves da. Avaliação do ciclo de vida no Brasil: uma investigação nas principais bases científicas nacionais. **Scientific Electronic Library Online – Scielo**, Itapetinga, BA, n. 2, v. 23, abr./jun. 2013. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/prod/v23n2/aop_t6_0009_0533.pdf>. Acesso em 01 jul. 2017.

WILSON, R. B; CAHILL, David G. **Anisotropic failure of Fourier theory in time-domain thermoreflectance experiments**. *Nature Communications*. Vol.: 5, Article number: 5075. DOI: .1038/ncomm6075. Disponível em <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=calor-desobedece-teoriasmicroescala&id=010165141024#.WKSShDPkrLIU>> Acesso em 15 fev. 2017.

ZHANG, Guangzu; ZHANG, Xiaoshan; HUANG, Houbing; WANG, Jianjun; LI Qi; CHEN, Long-Qing; WANG, Qing. Toward Wearable Cooling Devices: Highly Flexible Electrocaloric Ba_{0.67}Sr_{0.33}TiO₃Nanowire Arrays. *Advanced Materials*. DOI: 10.1002/adm.201506118. Disponível em <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=ar-condicionadovestir&id=010115160503#.WKSnmfkrLIU>> Acesso em 10 fev. 2017.

Páginas eletrônicas específicas sobre framework:

<http://libguides.usc.edu/writingguide/theoreticalframework>

<http://johnlatham.me/frameworks/research-methods-framework/>

<https://bmcmmedresmethodol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2288-13-117>

Páginas eletrônicas especializadas em nanotecnologia:

www.nanogloss.com www.azonano.com

www.statnano.com

www.acrlatinoamerica.com

www.inovacaotecnologica.com.br