

FLÁVIO LEME GONÇALVES

**Nanotecnologia e direito ambiental do trabalho: princípio da  
precaução em matéria labor-ambiental**

Dissertação de Mestrado

Orientador: Professor Associado Dr. Guilherme Guimarães  
Feliciano

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**FACULDADE DE DIREITO**

**São Paulo -SP**

**2023**

FLÁVIO LEME GONÇALVES

**Nanotecnologia e direito ambiental do trabalho:  
princípio da precaução em matéria labor-ambiental**

Dissertação apresentada à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação em Direito, da Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Direito, na área de concentração Direito do Trabalho e Seguridade Social, sob a orientação do Professor Associado Dr. Guilherme Guimarães Feliciano.

**São Paulo -SP**

**2023**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo da Publicação  
Serviço de Biblioteca e Documentação  
Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo

---

Gonçalves, Flávio Leme

Nanotecnologia e direito ambiental do trabalho: princípio da precaução em matéria labor-ambiental ; Flávio Leme Gonçalves ; orientador Guilherme Guimarães Feliciano – São Paulo, 2023.

144 f.; 30 com

Dissertação (Mestrado em Direito) – Programa de Pós-Graduação em Direito do Trabalho e Seguridade Social – Faculdade de Direito ; Universidade de São Paulo, 2023.

1. Direito do Trabalho. 2. Direito Ambiental. 3. Direito à saúde. 4. Direito à vida. 5. Direito Processual do Trabalho. I. Feliciano, Guilherme Guimarães, orientador II. Título.

---

Nome: GONÇALVES, Flávio Leme.

Título: Nanotecnologia e direito ambiental do trabalho: princípio da precaução em matéria labor-ambiental

Orientador: Professor Associado Dr. Guilherme Guimarães Feliciano.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr.: \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Prof. Dr.: \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Prof. Dr.: \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Dedico este trabalho à minha mãe Maria Lucia (*in memoriam*), à minha sobrinha Maria Eduarda (*in memoriam*) e à minha irmã Rebeca, com o meu mais profundo respeito e admiração.

## AGRADECIMENTOS

Momentos marcantes da vida, como é a conclusão de uma pesquisa de pós-graduação –símbolo de fechamento de ciclo – trazem também a oportunidade de reflexão sobre nossa própria trajetória de vida.

Tenho a sorte de ter muitas pessoas a quem agradecer. Em primeiro lugar, agradeço por ter a sorte de ter nascido filho da minha mãe, uma das pessoas a quem dedico este trabalho.

Sou muito grato ao meu irmão André, pelo companheirismo e amizade desde a época em que éramos meninos. Rebeca, minha irmã amada, que me inspira com sua força impressionante. Minha cunhada Greyce, que me alegra a cada mensagem, ligação ou reencontro. Impossível não pensar nas minhas sobrinhas Maria Vitória, Isabella e Heloísa, cada uma com seu jeitinho, me fazem ser otimista quanto ao futuro. À minha irmã Júlia e minha sobrinha Sofia, minha gratidão e amor.

Aos queridos amigos Alfredo Figueiredo e Roberto Serafim pela amizade em todas as circunstâncias, pela cumplicidade e respeito. Ao Igor Figueiredo, menino mais maduro que conheço. Gratidão à amizade do Felipe Reymond (Ted) pelas ótimas conversas, apesar da distância.

Aos amigos Diego Ribeiro e Daniel Costa pela parceria essencial; Igor Fragoso, Rodrigo Homem de Mello, Alex de Moraes porque o tempo e a distância não apagaram a amizade.

Maria Júlia, Maria Ângela e José Dirceu Ribeiro, pelo carinho na acolhida, pelas risadas tão leves; obrigado por, muitas vezes, confiarem mais em mim do que eu mesmo. Minha admiração e respeito eternos. Túlio Massoni, pelo incentivo e força de sempre.

Finalmente, enorme gratidão ao meu orientador, Prof. Guilherme Guimarães Feliciano, pela oportunidade, paciência e por ser um farol na minha vida acadêmica. Pela confiança e pela convivência, pelo aprendizado; por ser tão sábio sem arrogância, por ouvir e conviver bem com o bom debate. Intelectual perspicaz, com pensamento profundo sobre o Direito, em todas as suas especialidades. Ao Prof. Homero Batista e ao Prof. Raimundo Simão de Melo por terem sido fundamentais na construção deste trabalho, com seus apontamentos precisos durante o exame de qualificação. Muito obrigado pela generosidade e atenção.

Agradeço também todos os Professores do Departamento de Direito do Trabalho, especialmente ao Professor Jorge Luiz Souto Maior e Otávio Pinto e Silva, por exercerem o magistério com nobreza.

Ao Professor Ricardo Abramovay, do Departamento de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, com quem aprendi sobre o pensamento profundo de Hans Jonas. Obrigado também pela paciência e disponibilidade em conversar via Skype durante o processo de escrita da qualificação, pelas indicações bibliográficas e pelas críticas tão importantes. Ao Prof. Rodolfo Andrade de Gouveia Vilela da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo por expandir meu conhecimento sobre análise e prevenção de doenças e acidentes do trabalho. Aos servidores e servidoras, empregados e empregadas de empresas de terceirização que prestam serviços à Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo.

Sou muito grato ao Professor Dr. Oswaldo Luiz Alves (*in memoriam*), professor titular do Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), por pela receptividade, por conversar, ensinar, ouvir atentamente e indicar autores sobre riscos envolvidos com as nanotecnologias.

Ao tio Elias por me ajudar e incentivar; à tia Jacque por me ensinar, ainda criança, sobre o poder da educação e dos livros.

À Faculdade de Direito do Largo de São Francisco, esta instituição que carregarei comigo; onde tive o privilégio de conviver por tantos anos com pessoas maravilhosas; ali encontrei amigadas que preenchem a vida. Ailsson Camargo e Carolina Masotti, as melhores companhias de viagem. Isabel Penido, que compartilhou comigo tantas angústias e as alegrias das pequenas vitórias, estou muito feliz por você! Te vejo em Brasília! Roberto Portugal de Biazzi; Giovana Labigalini; Victória Catalano, a mãe do Roberto, com sua ajuda e compartilhamento de experiências. Tatiana Durant, a amiga que enfrenta a vida com ternura e a coragem, muito obrigado por todo apoio. Judson Sales, que sempre tem sempre uma história boa pra contar. Com seu jeito único de reunir gente, me apresentou tantas outras pessoas queridas, a começar pela Camila e o lindo Vicente; Caio e Gabriela, Dênis e Natalie, Natália Diniz e Vinicius de Medeiros. Vanessa Anitablian, pelo valioso incentivo e apontamentos. Agradeço às colegas do Núcleo de Pesquisa da

Paulo Yamamoto, a pessoa que, mesmo muito jovem, jogou xadrez contra o Kasparov e Ana Bianchi, a única a se lembrar que comemoro aniversário na mesma data

do Chico Buarque; Zeca e Natalia, os pais do lindo Tom. Muito obrigado à Isadora Salomão pela amizade.

A todas as pessoas que conheci por ocasião da monitoria no Curso de Especialização em Direito do Trabalho da Faculdade de Direito da Fundação Getúlio Vargas, especialmente ao Dhiego Rijo e Rogério Machtans; João Galvão, Carolina Maciel, Vanessa, Paula, Tati, Vanessa Belvedere, pessoas queridas; agradeço à Leila Damasceno, que sempre está comigo. Ao Prof. Marcos Fava e à Prof. Renata Orsi Bulgueroni.

Por fim, agradeço muito minha à Mariana Del Monaco, amiga de tantas risadas soltas, tantas lágrimas compartilhadas e muita cumplicidade. Agradeço a paciência, a leitura crítica ao longo do processo de escrita.



*Nós fazemos parte da natureza  
e nos localizamos entre dois infinitos dela,  
o infinitamente pequeno e o infinitamente grande  
e somos incapazes de entender ambos.  
Somos ainda impossibilitados de entender o nada de onde viemos  
e entender o infinito onde estamos imersos.  
Nós somos alguma coisa, mas não tudo.  
Nós conhecemos algumas coisas, mas nunca conheceremos tudo,  
pois os nossos sentidos não percebem as coisas extremas.  
Nós estamos situados entre o ser e o nada.  
Blaise Pascal (1623 – 1662)*

*Estamos a destruir o planeta e o egoísmo de cada geração não se preocupa em  
perguntar como é que vão viver os que virão depois. A única coisa que importa é o  
triunfo do agora. É a isto que eu chamo de cegueira da razão.*

*José Saramago*

## RESUMO

GONÇALVES, Flávio Leme. *Nanotecnologia e direito ambiental do trabalho: princípio da precaução em matéria labor-ambiental*. 2023. 144 p. Dissertação (Mestrado em Direito do Trabalho e da Seguridade Social) - Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

O presente estudo tem por objetivo analisar, sob a perspectiva labor-ambiental, a gestão dos riscos/perigos (conhecidos ou não) decorrentes uso de nanotecnologias, diante da ausência de regulamentação específica. Utilizamos como fio condutor (i) análise períodos históricos em que a evolução tecnológica impôs significativas mudanças no Direito (*a posteriori*); (ii) análise da resposta do Direito à época; (iii) semelhanças e diferenças entre o período histórico em questão e a atual quadra da História; (iv) repostas oferecidas pelo sistema normativo-constitucional brasileiro atual; (v) a inadequação da responsabilidade civil com culpa diante dos potenciais riscos nanotecnológicos em matéria labor-ambiental; (vi) como o Direito Ambiental do Trabalho, com os princípios que lhe são inerentes aborda os riscos em suas diferentes apresentações; (vii) finalmente, analisamos o princípio da precaução, seus requisitos de aplicabilidade e repercussões no manejo de potenciais riscos nanotecnológicos no meio ambiente do trabalho e seus reflexos.

**Palavras-chave:** Direito Ambiental do Trabalho; princípio da precaução; nanotecnologia; meio ambiente do trabalho; responsabilidade civil.

## ABSTRACT

GONCALVES, Flavio Leme. *Nanotechnology and environmental labor law: the precautionary principle on workplace risks*. 2023. 144 p. Dissertation (Master) – Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

The present study analyzes the methods of occupational risks/hazards (known or not) assessment related to the use of nanotechnologies within a context of lack of regulation. For that, Environmental Labor Law and its principles were used as a premise, especially the precautionary principle. Firstly, the research reviews the relevant historical periods in which technological evolution induced important changes in Law (*a posteriori*). Then, the similarities and differences between the historical period in question and the current period of History are compared. As such, the research systematizes the main issues raised by a risk society paradigm and the civil Aquilian liability standard adopted so far. Furthermore, the response of the Brazilian constitutional system to typical emerging technologies new risks was investigated. One observes a tendency of the Legal System to strengthen the principles of environmental law in order to prevent damage. Hence, the precautionary principle plays a key role in environmental labor law.

**Keywords:** Occupational risks; Environmental Labor Law; Nanotechnology; precautionary principle; emerging technologies risks.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- imagem ilustra principais vias de acesso, órgãos potencialmente afetados e doenças associadas às nanopartículas em estudos epidemiológicos, in vivo e in vitro. Fonte: BUZEA, et al., 2007, p. 19).....	45
Figura 2 - A imagem de microscópio em alta resolução que ilustra o “Current intelligence Bulletin #65”.....	54

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADI	Ação Direta de Inconstitucionalidade
AgNP	nanopartícula de prata
AgR	Agravo Regimental
AuNP	nanopartícula de ouro
Art.	Artigo
BPC	Benefício de prestação continuada
CCOHS	Canadian Centre for Occupational Health and Safety
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
CF	Constituição federal de 1988
CNF	Nanofibra de carbono
CNT	nanotubo de carbono
DWCNT	Nanotubo de carbono de parede dupla
ED	Embargos de Declaração
EUA	Estados Unidos da América
EU-OSHA	European Union Agency for Occupational Safety and Health
FDA	Food and Drug Administration
MC	Medida Cautelar
MWCNT	nanotubo de carbono de parede múltipla
Min.	Ministro
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PL	Projeto de lei
Rel.	Relator
REsp	Recurso Especial
STF	Supremo Tribunal Federal
STJ	Superior Tribunal de Justiça
SWCNT	Nanotubos de carbono de parede simples

# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO 1 – EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA E O DIREITO DO TRABALHO .....</b>	<b>16</b>
1.1. EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA E DIREITO DO TRABALHO: HISTÓRIAS ENTRELAÇADAS .....	16
1.2. O QUE É NANOTECNOLOGIA.....	25
1.2.1. O USO DA NANOTECNOLOGIA NA ATUALIDADE E SUAS PERSPECTIVAS .....	30
1.2.2. CUMPRIMENTO DAS PROMESSAS: O CATASTROFISMO E O EMPREGO DE NANOTECNOLOGIAS DURANTE A PANDEMIA OCACIONADA PELO NOVO CORONAVÍRUS (SARS-CoV-2).....	34
1.3.2. RISCOS LABOR-AMBIENTAIS DECORRENTES DO USO DAS NANOTECNOLOGIAS .....	40
<b>CAPÍTULO 2 – DIREITO AMBIENTAL DO TRABALHO E O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO.....</b>	<b>55</b>
2.1. O MEIO AMBIENTE E SEU CONCEITO, INCLUINDO O MEIO AMBIENTE DO TRABALHO .....	55
2.2. DIREITO FUNDAMENTAL DO TRABALHADOR: O DIREITO AO MEIO AMBIENTE DO TRABALHO HÍGIDO.....	57
2.3. PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO: ORIGENS E EVOLUÇÃO .....	58
2.3.1. PRECAUÇÃO E PREVENÇÃO: SEMELHANÇAS E DIFERENÇAS .....	67
2.3.2. RISCO .....	69
2.3.3. INCERTEZA CIENTÍFICA .....	72
<b>CAPÍTULO 3 – UM CAMINHO: APLICABILIDADE DO PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO NO ÂMBITO DOS RISCOS NANOTECNOLÓGICOS NO MEIO AMBIENTE DO TRABALHO.....</b>	<b>79</b>
3.1. O PAPEL DAS CONVENÇÕES E DOS ACORDOS COLETIVOS DE TRABALHO.....	79
3.2. CONCEITO E EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA RESPONSABILIDADE CIVIL: A CONSTRUÇÃO DO REQUISITO CULPA. ....	82
3.2.1. RESPONSABILIDADE CIVIL NO CONTEXTO DA SOCIEDADE DE RISCO .....	88
3.3. ESPECIFICIDADES DA RESPONSABILIDADE CIVIL NO ÂMBITO DAS RELAÇÕES DE TRABALHO .....	93
3.4. APLICAÇÃO DO PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO EM MATÉRIA LABOR-AMBIENTAL.....	98
3.5. QUANDO TUDO DEU ERRADO: RESPONSABILIDADE CIVIL EM CASO DE DANOS CONSUMADOS .....	112
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>121</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>134</b>

## INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo compreender como o Direito responde às novas tecnologias. De forma mais específica, questiona como o Direito do Trabalho reage aos potenciais riscos decorrentes do uso de nanotecnologias no meio ambiente laboral.

Para tanto, inicialmente fizemos uma breve análise do impacto que as revoluções tecnológicas causaram no Direito. Dedicamos especial atenção à Revolução Industrial do século XVIII, porque foram notáveis as influências que este evento histórico exerceu na forma como o Direito aborda conflitos de natureza laboral.

Após a contextualização da relação existente entre as evoluções tecnológicas e o Direito do Trabalho, procuramos elucidar o que são nanotecnologias, quais são suas principais aplicações no momento, o que dizem os cientistas acerca do seu uso no futuro. Trouxemos também os potenciais riscos labor-ambientais, apontados pelos órgãos especializados em saúde e segurança do trabalho.

No momento seguinte, constatada a incerteza científica quanto aos riscos labor-ambientais e potenciais danos irreversíveis como consequência do uso de nanotecnologias, aprofundamos a análise, sob a perspectiva do Direito Ambiental do Trabalho, do princípio da precaução.

No último capítulo, abordamos a responsabilidade civil em seu atual estágio de evolução em outros ramos do Direito e de que forma ela é aplicada no Direito do Trabalho. Neste passo, procuramos identificar na doutrina jurídica a influência que o princípio da precaução exerce na responsabilidade civil, assim como no Direito Ambiental do Trabalho.

Ao final, concluímos que o princípio da precaução é uma importante ferramenta de que o Direito Ambiental do Trabalho dispõe para tentar evitar possíveis e graves danos decorrentes do uso de nanotecnológicas no meio ambiente laboral.

## **CAPÍTULO 1 – EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA E O DIREITO DO TRABALHO**

### **1.1. Evolução tecnológica e Direito do Trabalho: histórias entrelaçadas**

O estudo do uso das nanotecnologias reacende um importante debate sobre as relações entre o Direito e tecnologia. É fundamental compreendermos que as transformações sociais, e no mundo do trabalho, por conseguinte, estão intrinsecamente ligadas ao desenvolvimento das ciências naturais, da engenharia e do anseio pelo domínio, pelo ser humano, da natureza. Os períodos anteriores à chamada revolução científica do sec. XVII tinham características muito diversas, sobretudo quanto ao lapso temporal e à naturalidade com que ocorriam as grandes mudanças da forma de vida e organização social. Não é exagero afirmar que as revoluções ocorridas na forma de organização do trabalho em períodos remotos ocorriam, mas estas eram graduais, a ponto de levar muitos séculos para que fossem percebidas claras diferenças da vida do ser humano comum. Com a Modernidade e o avanço tecnológico, houve uma verdadeira transformação estrutural da sociedade em alguns poucos anos. Neste novo cenário, usando as palavras inspiradas no pensamento do filósofo alemão Karl Marx<sup>1</sup> “tudo o que é sólido, desmancha no ar”.

---

<sup>1</sup> A frase transcrita é usada aqui apenas para retratar como as relações sociais, com o advento da Revolução Industrial inglesa, tornaram-se mais dinâmicas, em comparação ao Antigo Regime. A frase é uma modificação, feita por BERMAN (1986, p. 395) da tradução inspirada no pensamento do alemão Karl Marx, que não a escreveu nesses termos, mas reflete de forma concisa as profundas mudanças oriundas das chamadas revoluções burguesas. Ela dá título ao livro “Tudo o que é sólido desmancha no ar” do filósofo nascido nos Estados Unidos da América Marshall BERMAN (trad. Carlos Felipe Moisés, Ana Maria L. Ioriatti]. São Paulo: Companhia das Letras, 1986), obra em que o autor faz severas críticas à instabilidade das relações sociais, cada vez acentuada, segundo o autor, nos últimos séculos.

Quanto ao pensamento de Marx e Engels que inspirou o título do livro de Berman, ele está no Manifesto do Partido Comunista, no capítulo intitulado “Burgueses e proletários” (2012, p. 32) “Todas as relações sólidas e enferrujadas, com seu séquito de venerandas e antigas concepções e visões, se dissolvem; todas as novas envelhecem antes mesmo que possam se solidificar. Evapora-se toda estratificação, todo o estabelecido; profana-se tudo que é sagrado, e as pessoas se veem enfim obrigadas a enxergar com olhos sóbrios seu posicionamento na vida, suas relações umas com as outras.” Embora Marx reconheça a importância da derrubada do regime feudal, a crítica marxiana se refere à superexploração do proletariado, implementada pela classe que ascendeu ao poder, portanto ela é direcionada à burguesia.



Este é o primeiro passo para estabelecer as bases da análise, retirando o olhar viciado pela concepção de mundo de nossa época, quando nos aventuramos a tentar compreender períodos históricos longínquos. Como a ocorre com a palavra “revolução”, que traz a ideia de acontecimento repentino, que altera as bases sociais até então vigentes, a compreensão do fenômeno “trabalho” passa por processo semelhante. A visão do trabalho que se tem hoje é recente, sob o olhar histórico, daí porque, embora o ser humano sempre tenha extraído os meios de sobrevivência do trabalho humano<sup>2</sup> e sua interação com a natureza, a concepção de trabalho assalariado, no contexto capitalista (a que temos como padrão por estarmos inseridos nesta realidade) não pode ser transferida, anacronicamente, como subsídios de compreensão de outros períodos históricos (ou em locais em que esta forma de organização não é a mesma), sob pena de não superarmos a superfície das questões colocadas.

Guilherme Guimarães FELICIANO (2013, p. 23) esmiúça os aspectos etimológicos da palavra “trabalho”, apontando suas origens remotas no instrumento romano de tortura “tripalium”, sua vinculação semântica ao sofrimento, castigo, punição por delitos. Citando o aspecto de *desvalor* refletido na passagem bíblica em que Adão e Eva, por suas condutas contrárias à esperada pela divindade, são punidos:

E a Adão [Deus] disse: Porquanto deste ouvidos à voz de tua mulher, e comeste da árvore de que te ordenei, dizendo: Não comerás dela, maldita é a terra por causa de ti; com dor comerás dela todos os dias da tua vida. Espinhos, e cardos também te produzirá; e comerás a erva do campo. Do suor do teu rosto comerás o teu pão, até que te tornes à terra; porque dela foste tomado; porquanto és pó e em pó te tornarás (Gênesis, 3: 17-19).

---

<sup>2</sup> Importante notar que não nos referimos ao trabalho humano como trabalho “de todos os seres humanos”. O trabalho sempre foi tarefa mais acentuada de certas classes sociais, em decorrência da divisão social. Segadas Vianna menciona os períodos escravagistas de gregos, romanos e egípcios, assim como nos tempos medievais e na formação do Brasil com pessoas escravizadas vindas da África e indígenas locais. Sobretudo em relação ao trabalho braçal, como regra, ainda hoje, há visão depreciativa (*desvalor*) assim como em diversos contextos históricos podemos observar a visão que determinadas classes têm sobre o trabalho (e o trabalhar), sendo relegado aqueles que não tinham/tem outra opção. No Brasil, há reflexos notáveis deste fenômeno em manifestações culturais, como a literatura, e na própria legislação vigente. Por exemplo, quando a Constituição Federal (artigo 7º, XXXII) veda a distinção entre o trabalho manual, técnico e intelectual ou [entre as pessoas que desempenham cada tipo de trabalho] “entre profissionais respectivos”.

No citado campo literário, por todos, convém mencionar o clássico personagem machadiano (2019, p. 422) Brás Cubas que, no derradeiro capítulo das suas Memórias Póstumas, “Das Negativas”, em que faz um balanço de sua vida, atribui grande vantagem em jamais ter trabalhado, “coube-me a boa fortuna de não comprar o pão com o suor do meu rosto.”, novamente percebe-se o trabalho como *desvalor* socialmente.

Segue o mesmo autor explicando a punição recebida pela mulher, Eva, que passaria a “com dor” dar à luz aos filhos, o que explica a acepção italiana da palavra “travaglio” para designar trabalhos “árduos, pesados, aflitivos” e também o trabalho de parto, diferenciando-se das significações de “lavoro”, “lavorare”, que tem raiz latina em “labor” (FELICIANO, 2013, p. 24). Seja como for, Feliciano (2013) alerta que não é pacífico, entre linguistas, a origem da palavra trabalho como oriunda do instrumento de tortura, podendo haver relação com ferramenta agrária. A visão quanto ao trabalho, percebe-se, não foge às disputas ideológicas no sentido de empregar-lhe valor dignificante, libertador, emancipatório ou, de outro lado, normalmente tendo esta posição quem conhece as formas mais degradantes de trabalho, como potencial fonte de sofrimento e, ao mesmo tempo, único meio para obtenção das condições mínimas de sobrevivência.

Não se pode perder de vista que a visão idealizada do trabalho, como fonte de maravilhas libertadoras, não por acaso foi utilizada de forma horrenda, com a inscrição em alemão “*Arbeit macht frei*” na entrada do campo de concentração nazista de Auschwitz no contexto do Holocausto.

Para o contexto capitalista, o trabalho assalariado e subordinado, o que nos basta para compreender a complexidade da relação de emprego (para fins deste capítulo), é reproduzir a frase do escritor Mia Couto, citada em nota de rodapé por João Leal AMADO (2016, p. 13): “o trabalhador é alguém que se encontra sujeito a ‘viver entre ordem e ordenado’”.

Com as bases acima lançadas acerca do trabalho, suas origens e dimensões sociais, cumpre-nos relacioná-lo ao fenômeno tecnológico. A história do Direito do Trabalho é ligada umbilicalmente ao invento humano.

Com a máquina a vapor (ironicamente, uma substituta da mão de obra humana), diz a doutrina clássica deste ramo do Direito, o advento da revolução industrial inglesa se espalhou através do continente europeu e, mais tardiamente, se expandiu-se em nível global. Importante perceber que não estamos, neste ponto, a tratar do trabalho em si, este, como vimos anteriormente, existe desde que se tem notícia de atividade humana. Aqui, o que nos interessa é identificar a conexão – se é que ela existe – entre a revolução tecnológica, com suas relações inerentes no modo de organização da sociedade, e o Direito do Trabalho como ramo autônomo do Direito em sentido amplo.

O fato de o trabalho ser necessário para a subsistência humana desde sempre, não significa, necessariamente, que sempre existiu Direito do Trabalho. Ao contrário, mesmo em sociedades antigas desenvolvidas como a grega e a romana, criadoras de instituições cujas bases perduram até os dias atuais, não havia um seguimento do Direito especializado em demandas trabalhistas. VIANNA (1991, p. 33) assevera que:

Teríamos de afundar na pesquisa de elementos que disseram respeito ao trabalho na construção das pirâmides do Egito e mesmo mais recentemente, nas palavras de *Aristóteles* ou então da doutrina de Cristo, pregando a dignidade do trabalho mais humilde. Iríamos examinar o Direito Romano, nos princípios existentes no "jus civile". fixando a "locatio conductio operis" e a "locatio conductio operarum", verificando que ainda estes estavam muito distanciados do sentido com que encaramos a existência de um Direito do Trabalho. (...)

Nada disso era, entretanto, realmente Direito do Trabalho porque a fermentação que daria razão de ser para seu aparecimento só se começaria a sentir no final do século XVIII, com a revolução política e a revolução industrial ou técnico-econômica. Com aquela, o homem tornava-se livre, criava "o cidadão como categoria racional na ordenação política da sociedade"; na outra, transformava-se a liberdade em mera abstração, com a concentração das massas operárias sob o jugo do capital empregado nas grandes explorações com unidade de comando.

A revolução em curso tinha caráter tecnológico importante, haja vista sua viabilização relacionada diretamente com o advento das máquinas em substituição aperfeiçoada ao trabalho animal e humano (eminentemente masculino, mais caro aos tomadores de serviços). Contudo, como fenômeno humano, ela, a revolução, não tem como única explicação a invenção das máquinas. Foi preciso reunir as diversas outras condições para que as mudanças drásticas da forma de produção e circulação de mercadorias ocorresse. Assim, embora não seja objeto do presente trabalho as demais condições, cumpre-nos mencioná-las, ainda que de passagem, evitando transmitir falsa impressão de que a revolução industrial se deveu exclusivamente à invenção de máquinas. Esta fenômeno complexo é parte do processo de criação do próprio capitalismo, especificamente o capitalismo industrial<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Cf. FELICIANO (2013, p. 58): "Tradicionalmente o capitalismo é estudado em três fases históricas, a saber, o *capitalismo comercial* (ou *pré-capitalismo*), o *capitalismo industrial* e o *capitalismo monopolista-financeiro*." (itálico no original)

Não foi obra do acaso a chamada revolução industrial ter ocorrido na Inglaterra do século XVIII. Justamente neste país havia um contexto social e econômico que possibilitou a cadeia de acontecimentos que hoje chamamos de revolução industrial.

As próprias cidades e o domínio agricultura não foram “conscientemente criadas” (Abromovay, 2015, p.3, analisando a mesma questão na obra de Hans Jonas<sup>4</sup>), mas frutos de um processo longo e gradual. Contudo, mais acelerado – se comparado às revoluções de milênios anteriores – foi o processo de intensificação da urbanização e formação da classe burguesa, composta por banqueiros e comerciantes (processo iniciado no século XIII e XIV), (FELICIANO, 2013, p. 57-58) possibilitando o chamado acúmulo primitivo do capital, inclusive com o comércio ultramarino acentuado pela colonização das Américas, África e Ásia; o surgimento do liberalismo político e econômico (século XVI) fundamentando a livre concorrência no plano das ideias; a crise no campo desde o século XVI, causando êxodo rural e enorme disponibilidade de mão de obra.<sup>5</sup> SOUTO MAIOR (2011, p. 108) conclui<sup>6</sup>:

As mudanças sociais, econômicas, filosóficas e políticas acima apontadas, que se produziram ao longo de anos, deram as bases da formação da dita sociedade moderna (capitalista), mas foi, efetivamente, o avanço tecnológico que acelerou o processo de formação do capitalismo de produção.

A Revolução ocorrida na Inglaterra no século XVIII só se expandiria para outros países a partir do século seguinte.

Como visto, com a substituição do homem pela máquina (mulheres e crianças tinham mais chances de vagas de trabalho por terem remuneração inferior), excesso de mão de obra disponível, miséria no campo e nas cidades, as condições de trabalho eram deploráveis. Não havia qualquer regulamento mínimo; valia o acordo de vontades entre

---

<sup>4</sup> O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Tradução Marijane Lisboa, Luiz Barros Montez. Rio de Janeiro: Contraponto: Ed. PUX-Rio, 2006.

<sup>5</sup> Sobre este processo de formação do capitalismo, as teorias sociais, políticas e econômicas, a acumulação primitiva do capital e a centralidade das Grandes Navegações para tanto, vide: SOUTO MAIOR, Jorge Luiz. Curso... (2011, p. 77-106), WILLIAMS, Eric. Capitalismo e escravidão. São Paulo: Companhia das Letras, 2012.

<sup>6</sup> Este autor também salienta o demora (já que “indústria fora algo sempre presente na humanidade”) para ocorrência da Revolução industrial, baseada na produção em larga escala pelo uso extensivo da máquina, as invenções teriam tido desestímulo pela escravidão, já que a máquina é meio de substituição da força humana.

as partes valia. O preço era ditado pela livre concorrência entre trabalhadores e trabalhadoras.

A pessoa aceitava trabalhar sob qualquer condição para se alimentar. Jornadas diárias de quinze ou dezesseis horas eram comuns; acidentes do trabalho ocorriam com frequência, sendo o acidentado responsável pelo conserto e prejuízo patronal. Segadas VIANNA, citando Ripert, faz a constatação incontornável:

Acentuava-se, rapidamente, a afirmação de Ripert de que "a experiência demonstra que a liberdade não basta para assegurar a igualdade, pois os mais fortes depressa se tornam opressores".

Com as condições acima, a reação da nova classe recém-formada foi sendo organizada ao longo do tempo. também atribuí aos fatores acima, assim como. Segundo Jorge Luiz SOUTO MAIOR (2011, p. 143), as primeiras reações, dado que não havia base teórica de suporte, foram as recusas para o trabalho em fábricas, “local que era visto como uma prisão” e a destruição das máquinas (...).”

Destaca-se deste período o movimento que ficou conhecido como ludismo, graças ao seu líder Ned Ludd. SOUTO MAIOR (2011, p. 144) explica que esse movimento de trabalhadores organizados para quebrar máquinas ocorreu por considerarem que elas eram as causadoras dos seus males<sup>7</sup>. Também são criadas diversas leis proibindo a associação de trabalhadores.

Em condições subumanas, a extrema pobreza dos trabalhadores urbanos, despertou movimento intelectual amplo em meados do século XIX conhecido como “questão social”.

No complexo contexto acima as leis trabalhistas foram surgindo, as primeiras, a bem da verdade, tinham caráter eminentemente “humanista”, sem o propósito concreto de sistematização e regulação das relações de trabalho no modelo capitalista de produção<sup>8</sup>.

Como consta da obra de Feliciano ( 2013, p. 59-60), um dos fatores importantes para diferenciação da primeira (séc. XVIII), segunda (1880 a 1975) e terceira revolução

---

<sup>7</sup> O mesmo autor aponta que a reação estatal ao movimento, ainda no século XIX, criando lei que tornava passível de pena de morte a destruição de máquinas.

<sup>8</sup> SOUTO MAIOR (2011, p. 161)

industriais (segundo quartel do século XX) é exatamente as tecnologias empregadas (negrito nosso):

- Primeira revolução industrial(séc. XVIII):

desenvolvimento do setor fabril;

formação da classe capitalista industrial

Primeiro *boom* tecnológico;

Aplicação da energia térmica à indústria, com base no carvão;

- Segunda revolução industrial (1880 a 1975):

Substituição do ferro pelo aço;

Emprego da eletricidade e dos derivados do petróleo (em substituição ao vapor);

expansão da indústria de base e de grande porte (siderúrgicas, metalúrgicas, petroquímicas, automobilísticas, de transporte ferroviário e naval etc.);

advento das sociedades anônimas;

**advento de novas formas de organização industrial** (cfr. STONER, FREEMAN, 1995: 21-30), como a introdução das "linhas de montagem" - com suas famosas esteiras rolantes - sob rígidas estruturas burocrático- hierárquicas (fordismo) e a aplicação dos métodos de "administração científica do trabalho", com a seleção e o aperfeiçoamento científico dos operários, a "cooperação íntima e amigável" entre capital e trabalho e, no particular, a cronometragem dos tempos de trabalho por unidades de tarefa para o planejamento das linhas (taylorismo);

especialização do trabalho;

predomínio das ciências no setor industrial;

**disseminação dos benefícios da tecnologia industrial** para as massas consumidoras: surgem o automóvel, o telefone, o rádio, o avião e o televisor, entre outras inovações tecnológicas que modificariam para sempre as rotinas domésticas;

fenômeno paralelo ao denominado "capitalismo monopolista" (1850-1960), em que se dá a exploração econômica dos territórios coloniais, a formação de trustes e cartéis que passam a centralizar a produção e a distribuição, a consolidação dos mercados internacionais divididos em esferas de influência e o imperialismo dos países industrializados (MANDEL, 1975; MANDEL, 1967; LENIN, 2005)

Neste passo, também é possível identificar com certa facilidade que a evolução tecnológica, além de lançar as bases para fazer nascer o Direito do Trabalho como forma de resposta social às condições degradantes impostas aos trabalhadores (meio ambiente laboral, portanto) pelo período pós-revolução industrial, as tecnologias agora empregadas também passam – num lapso temporal extremamente curto – a ter potencial mais danoso ao meio ambiente natural. Há, portanto, duas ordens de potenciais degradações ambientais ocasionadas pelas revoluções industriais: a do meio ambiente laboral e a de outras facetas do meio ambiente.

Em períodos anteriores ao século XVII, os potenciais riscos para o meio ambiente decorrentes da atividade humana, com as tecnologias empregadas à época, eram restritos. A capacidade humana de invadir os meandros da natureza e dela tirar proveito pela engenhosidade não se mostra grande o suficiente, até então, pela grandeza da própria natureza que é ainda inabalável (JONAS, 2015, p. 32):

Todas as liberdades que ele se permite com os habitantes da terra, do mar e do ar deixam inalterada a natureza abrangente desses domínios e não prejudicam suas forças geradoras. Elas não sofrem dano real quando, das suas grandes extensões, ele [homem] recorta o seu pequeno reino. Elas perduram, enquanto os empreendimentos humanos percorrem efêmeros trajetos. Ainda que ele atormente ano após ano a terra com o arado, ela é perene e incansável; ele pode e deve fiar-se na paciência perseverante da terra e deve ajustar-se ao seu ciclo. Igualmente perene é o mar. Nenhum saque das suas criaturas vivas pode desgostar-lhes a fertilidade, os navios que o cruzam não o danificam, e o lançamento de rejeitos não é capaz de contaminar suas profundezas. E, não importa para quantas doenças o homem ache cura, a mortalidade não se dobra à sua astúcia.

Por mais que houvesse domínio de algumas técnicas, a extração de recursos naturais ocorria de modo pontual e autolimitado. Nesse contexto, eventuais danos

causados à natureza, pela atividade humana, são apenas superficiais, sem qualquer possibilidade de desequilíbrio global ou danos permanentes. Os danos eventuais são locais e de impacto delimitado no espaço e no tempo: podia-se desmatar um pequeno bosque para construção de uma frota de navios, mas não havia meios (tampouco, necessidade) para desmatamento de florestas inteiras para construção de navios nos moldes que, a partir da revolução industrial em diante, se chama “escala industrial”. A produção deixa de ser para satisfação de um pequeno número de pessoas, passa a ser em série, para atender demandas cada vez maiores, processo vinculado diretamente ao vindouro consumismo. Portanto, a própria natureza daria conta, nos tempos longínquos, de reverter o processo danoso, encontrando novo equilíbrio sem comprometer o todo.

Este cenário, como dito, passa a se modificar com o advento da revolução industrial do século XVIII já que tanto o potencial destrutivo do avanço tecnológico quanto a velocidade de transformação tecnológica aumentaram de forma exponencial.

Também passou a ser realmente revolucionário, no sentido de haver alteração drástica não apenas da técnica, mas impactando diretamente na forma de organização social, em lapso temporal bem mais curto que outrora.

A transformação tecnológica, por certo, traz em seu bojo grandes vantagens para parcela significativa da população como o aumento da expectativa de vida, o nível de conforto que a média da sociedade alcança, cura para diversas enfermidades, encurtamento de distâncias por meio de transporte cada vez mais rápidos, etc., mas clama também por diferentes modos de regulamentação e respostas do Direito.

A dinâmica tecnológica passa a ter contornos, com o advento da modernidade, antes considerados utópicos. Os potenciais benéficos e danosos de tais transformações se apresentam em magnitudes similares. O ser humano se vê, assim, entre dois extremos, com efeitos em cascata de suas ações sobre a natureza, obtendo vantagens como fruto dos avanços mas, ao mesmo tempo, sem a real condição de identificar os impactos e a cadeia de consequências de suas ações. Nas palavras de Jonas (2006, p. 63):

A característica comum, eticamente importante em todos os exemplos apresentados, é o que podemos chamar de traço "utópico", ou sua inclinação utópica (*drift*) inerente ao nosso agir sob as condições da técnica moderna - quer atuemos sobre a natureza humana ou não-humana, quer a "utopia" a alcançar seja ou não planejada. Graças ao tipo e à magnitude dos seus efeitos de bola-de-neve, o poder tecnológico nos



impela adiante para objetivos de um tipo que no passado pertenciam ao domínio das utopias. Dito de outra forma, o poder tecnológico transformou aquilo que costumava ser exercícios hipotéticos da razão especulativa em esboços concorrentes para projetos executáveis. Na escolha entre eles devemos escolher entre extremos de efeitos distantes, em sua maioria desconhecidos.

A mudança de paradigma de organização do trabalho, assim como o meio ambiente laboral, sofre lenta alteração do Direito incidente sobre as questões que daí decorrem, ao contrário dos avanços frenéticos que as tecnologias se modificam. Em outras palavras, as graves alterações dos meios de produção e organização do trabalho não são, ordinariamente, acompanhadas pelo Direito de modo imediato. Como pudemos observar historicamente, o Direito tem sua própria marcha que, em regra, é mais lenta do que as relações altamente mutáveis, sobretudo das últimas décadas. A tecnologia e sua constante evolução – em velocidade cada vez mais estarrecedora – desempenha papel estruturante nesse descompasso entre direito e fatos sociais juridicamente relevantes.

O Direito Ambiental do Trabalho, este novo seguimento do Direito, no que lhe é cabido, há de buscar respostas condizentes para dar conta de tais circunstâncias do mundo do *ser*. O princípio da precaução (e outros princípios de Direito Ambiental), diante de novos e potencialmente gravíssimos riscos ocasionados pelas tecnologias, é uma das respostas mais relevantes.

## 1.2. O que é nanotecnologia

Nos anos 1950 do século XX surgiu a proposta de explorar o mundo dos átomos, em complemento ao mundo macro, já amplamente estudado. O embrião partiu de Richard Feynman, ganhador do Prêmio Nobel de Física de 1965, resumido em célebre frase “*there is plenty of room at the bottom*” (LAUTERWASSER, 2016, p. 6), para significar que havia um mundo até então inexplorado pela ciência, sugerindo um novo ramo de investigação científica, a de manipulação e criação em nível molecular. Quase como uma ficção científica, vislumbra-se a possibilidade não de necessariamente criar máquinas e equipamentos novos, mas de reduzir os tamanhos já existentes ao mínimo possível.

Não obstante, cumpre destacar que o universo nanotecnológico não é novo na humanidade, assim como o interesse pelo interesse pelo “pequeno”, já que desde os

gregos se tem a ideia de que tudo é composto por partículas minúsculas, indivisíveis e invisíveis a olho nu. Desde Mileto, passando por Demócrito, John Dalton, já no século XIX, até as modernas teorias de Rutherford e Niels Bohr no início do século XX, o mundo atômico e suas leis fascinam a humanidade.

O senso comum, dada a relativa popularidade da nanotecnologia, pode, erroneamente, acreditar que as nanoestruturas e seus fenômenos existem apenas desde o final do século XX, com o advento do microscópio eletrônico tunelamento. Ao contrário, podemos encontrar em diversos animais (inclusive o *homo sapiens*) fenômenos e estruturas nanométricas, assim como em ferramentas seculares que, mesmo sem terem sido desenvolvidas com o conhecimento acerca das estruturas atômica, já utilizavam as propriedades de materiais em nanoescala para melhorar os atributos de materiais conhecidos à época.

Como exemplos naturais, pode-se citar as nanoestruturas dos dentes humanos que empregam grande resistência mecânica, o que viabiliza a mastigação de alimentos duros; as nanoventosas presentes nas patas das lagartixas são as estruturas que as possibilitam aderir a praticamente qualquer superfície (BERTI, 2016, p. 8) pois as forças adesivas de van der Waals são fracas, mesmo que o animal esteja no teto e com o dorso para baixo. Outro exemplo são as nanoestruturas que, modulando o índice de refração da luz, conferem cores ímpares às asas da borboleta azul e às penas do pavão; assim como vitrais de catedrais europeias, o aço de Wootz (aço de Damasco, de milênios atrás) cuja composição, recentemente se descobriu, era de compostos de carbono semelhantes aos nanotubos, o que explica sua incrível resistência mecânica (LEAL, 2010, p. 16).

O DNA, por exemplo, possui, em média, 2 nanômetros de diâmetro e algumas centenas de nanômetros comprimento; a hemoglobina, componente do sangue humano, 5 nanômetros. Os ribossomos (estruturas celulares diretamente relacionadas à produção de proteínas), por sua vez, têm entre 25 e 30 nm, ou seja, considerando tais informações, os nanorrobôs previstos como um grande advento potencial do domínio da técnica são, digamos, promessas de algo que a natureza já desenvolveu com altíssima qualidade e funcionalidade (BERTI e PORTO, p. 5).

Retomando a história, o termo nanotecnologia foi criado pelo cientista japonês Norio Taniguchi, da Universidade de Tóquio, em 1974, para designar os materiais criados em escala inferior à micro, apenas 15 anos após a famosa palestra de Feynman na Caltech. Embora somente vislumbradas nas décadas de 1960 a 70, foi o advento dos microscópios

eletrônicos por varredura, já nos anos 80, viabilizaram a manipulação de materiais em nível atômico.

A palavra nanotecnologia é composta pelos radicais gregos “*nános*” (anão), “*techne*” (ofício) e “*logos*”, que expressa “conhecimento” (HOHENDROF *et al*, 2016, p. 153), sendo, portanto, sua etimologia ligada diretamente com seu significado diretamente relacionado à técnica de manipulação e conhecimento em nível atômico.

A nanotecnologia é técnica utilizada para produzir ou manipular materiais em escala nanométrica ( $1\text{nm} = 10^{-9}$  metro – um bilionésimo de metro, ou, 0,0000000001 metro). Tais materiais possuem características físicas, químicas e biológicas absolutamente diferentes desses mesmos materiais em escala não nanométrica, ou seja, em escala micro ou macro. A Commission Recommendation 2011/696/EU define nanomaterial como:

‘nanomaterial’ means a natural, incidental or manufactured material containing particles, in a unbound state or as an aggregate or as an agglomerate and where, for 50% or more of the particles in the number size distribution, one or more external dimensions is in the size range 1 nm – 100 nm”

Existem diversas definições do termo nanotecnologia (BERTI e PORTO, 2016, p. 16), a *U.S. National Nanotechnology Initiative* (NNI), segundo a qual

nanotecnologia é o entendimento e o controle da matéria em dimensões de aproximadamente 100 nanômetros, em que fenômenos únicos permitem o desenvolvimento de novas aplicações.

Outras definições fixam-se nas alterações das propriedades do elemento químico, ou sistema, em razão do tamanho diminuto. Nesse sentido, a EPA (*The Environmental Protection Agency*) define a nanotecnologia como “*the creation and use of structures, devices, and systems that have novel properties and functions because of their size*” (USEPA Nanotechnology, White Paper 2007, p.5). No mesmo sentido, o NNI (2010), descreve como a compreensão e controle da matéria em dimensões entre 1 e 100 nanômetros, aproximadamente, “*where unique phenomena enable novel applications*”.

A ECHA – *European Chemicals Agency*, define como *nano* todo material desde 1 a 999 nm ou 50% ou mais de suas estruturas micrométricas estejam entre 1 e 100 nanômetros, ao menos em uma de suas dimensões. Como já salientado antes, os

nanomateriais podem ocorrer na natureza ou serem “engenheirados”. A Regulation (EU) No 1169/2011 de emanada do Parlamento Europeu assim define “*engineered nanomaterial*”:

“engineered nanomaterial” means an intentionally, produced material that has one or more dimensions of the order of 100 nm or less or that is composed of discrete functional parts, either internally or at the surface, many of which have one or more dimensions of the order of 100 nm or less, including structure, agglomerates or aggregates, which may have a size above the order of 100 nm but retain properties that are characteristic of the nanoscale.

Properties that are characteristic of the nanoscale include:

Those related to the large specific surface area of the materials considered; and/or

(ii) specific physico-chemical properties that are different from those of the non-nanoform of the same material;

O central no conceito de nanomateriais, portanto, reside não apenas no tamanho da partícula – apesar de ser esta propriedade a que normalmente a define – mas na mudança de comportamento da mesma substância em relação a ela mesma em escala macro: havendo mudanças das características físico-químicas, ela deve ser considerada nanopartícula, ainda que em uma de suas dimensões o tamanho esteja no intervalo entre 100 e 1000 nm. Nessa mesma linha segue a ISO (“International Organization for Standardization”) TC 229 (ENGELMANN, 2016, p. 3).

A prata, por exemplo, em nanoescala não tem as mesmas características já conhecidas em escalas maiores. O tamanho importa.

Já em relação ao fenômeno de miniaturização de componentes eletrônicos, como o transistor (especialmente transformá-los em nanotransistores), encerra debates se se trata de nanotecnologia ou não, já que nesses casos não há mudança dos componentes e escala maior e escala nano.

Essas definições são importantes, já que foi nessa escala que se observou a mudança de comportamento físico, químico e biológico dos materiais, em razão do tamanho. Em escala nanométrica, a física newtoniana não se mostra apta a descrever os fenômenos adequadamente, sendo certo que sequer, por exemplo, a força da gravidade é mais relevante do que o Movimento Browniano, fenômeno segundo o qual as

nanopartículas colidem constantemente entre si. Estamos diante de uma nova ciência, já que é necessária nova abordagem em termos de medicina, química, física, biologia, exclusivamente para cada nanopartícula, não sendo suficientes o conhecimento científico acumulado, para a mesma substância em escala macro. Para manufatura e produção de nanomateriais, existem, basicamente, duas abordagens: *top-down* e *bottom-up*. Segundo Leandro Antunes Berti e Luismar Marques Porto (2016, p.48) o termo *top down*, como o próprio nome antecipa

refere-se à abordagem de síntese para a fabricação de nanomateriais que usa um processo de redução e/ou decomposição de material em dimensões menores, valendo-se de um processo de moagem ou atrito. Já o *bottom up* designa uma estratégia de síntese de produção por montagem atômica ou composições moleculares, para a qual podem ser utilizados métodos, como química molhada, condensação de gases inertes, sol-gel, CVD (*chemical vapour deposition*), entre outros.

A moagem é um processo mais simples e de baixo custo, por isso, amplamente utilizada. Mas não permite controle total quanto ao produto final, em termos de forma e tamanho das partículas, podendo também haver alto grau de impureza oriundos da atmosfera de moagem, da ferramenta ou de agentes utilizados no processo. Por isso este método é utilizado para metais, ligas, cerâmicas e nanopartículas poliméricas.

Outro exemplo de técnica *top down* para obtenção de matéria em escala nanométrica é a exfoliação. Um dos materiais mais conhecidos da nanotecnologia, o grafeno, pode ser produzido pela exfoliação de alguns compostos de grafite como o óxido de grafite, grafite puro, compostos de intercalação de grafite (CIGs) e grafite expandido (BERTI e PORTO, 2016, p. 49).

As nanotecnologias possuem potencial para afetar todos os aspectos da vida e implicam, por isso, estudo multidisciplinar e transdisciplinar, já que há ramos específicos para sua adequada abordagem. Nesse sentido, a toxicologia das nanopartículas (nanotoxicologia) se mostra como um novo desafio. Devido a alteração do comportamento dos materiais em nanoescala (partículas menores do que 100 nm), a interação com seres vivos também é novidade e, naturalmente, houve necessidade de desenvolvimento desta nova área da toxicologia. Ao que tudo indica, a mesma substância, quando em nanoescala, apresenta comportamento toxicológico diverso dela mesma quando em escala macro (FUNDACENTRO, 2018, p. 2), tanto pela superfície de contato,

exponencialmente maior em nanoescala, quanto pela morfologia parecida com a do amianto (BERTI e PORTO, 2016, p. 71), se comparadas a via de entrada - e reação do organismo ao antígeno -, nas vias aéreas superiores, especialmente os pulmões pela alta área de superfície, fina barreira epitelial e vascularização extensa; enquanto exposições dermais e orais podem ocorrer, a inalação é mais provável em termos de altas doses de nanomateriais manufaturados (WHO, 2017, p. 35).

A produção de nanomateriais em escala industrial, assim como o trabalho em laboratórios que manipulam nanotecnologias impõem risco aos trabalhadores, sendo fundamental a formulação de um framework de normas seguradas e aptas a lidar com tais riscos novos, gerados especialmente neste contexto. Diversos países têm investidos nas nanotecnologias e também nas pesquisas para identificar a forma menos insegura de modo lidar com elas, assim como a reunião de países em organismos multilaterais tem sido tendência no Direito Internacional do Meio Ambiente, a saúde e segurança do trabalho, decorrente dos riscos inerentes ao trabalho e seu meio ambiente, deve seguir a mesma linha. Órgãos ligados à União Europeia, OCDE, Organização Mundial da Saúde e aos principais atores em escala global já demonstraram grande avanço para a manipulação de materiais nanotecnológicos durante todo o ciclo, levando em consideração o impacto ambiental que tais mudanças trazem, inclusive no meio ambiente do trabalho. O trabalhador está em contato com os produtos ou nanomateriais desde a extração, passando pelo planejamento e produção, embalagem e distribuição, uso e manutenção, até o descarte.

### **1.2.1. O uso da nanotecnologia na atualidade e suas perspectivas**

Os potenciais ganhos com o uso da nanotecnologia são enormes e em áreas fundamentais, com capacidade de lidar com problemas até então insolúveis. Existem muitos produtos que utilizam nanotecnologias disponíveis no mercado atualmente, ocorrendo de modo paralelo aos esforços nacionais e plurinacionais de regulamentação do uso e pesquisa em nanotecnologias.

Diferentes disposições nanométricas do carbono conferem maior resistência e leveza às raquetes de tênis e tacos de golfe; cosméticos, tintas automotivas, roupas, embalagens, computadores, celulares, baterias, defensivos agrícolas e medicamentos são

alguns exemplos de produtos que já estão nas prateleiras, disponíveis aos consumidores. Segundo o website [statnano.com](http://statnano.com), que compila informações desde 2010 sobre novidades, investimentos e publicações em nanotecnologias, somente nos Estados Unidos da América existem 2988 produtos que utilizam nanotecnologias, fabricados por mais de 600 empresas, desde energia, alimentação, cosméticos, semicondutores e eletrônica, linha branca, óleo e gás, automotiva, medicina, têxtil, etc.<sup>9</sup>, no mundo, o mesmo portal dá conta de que são 8795 produtos, relacionados a 2238 empresas e 60 países, sendo os líderes dez primeiros, em patentes registradas: Estados Unidos da América, Coreia do Sul, Japão, China, Taiwan, Alemanha, França, Reino Unido, Holanda e Canadá.

Ainda em 2012, MARCHANT e colaboradores (2012, p. 246) davam conta de que mais de 1300 produtos de consumo estavam disponíveis nos mercados:

Nanotechnology development and commercialization is catapulting forward at a ferocious pace. Over 1,300 consumer products are already on the market that self-identify, and have been verified, as nanotechnology products, 16 and there are no doubt many other products containing nanotechnology that are not publicly identified as such. The manufacturing of nanomaterials is rapidly increasing to meet this demand. Although the production volumes of nanomaterials are not publicly available, one recent study estimated the combined U.S. production of five common nanomaterials (nano titanium dioxide, nano silver, nano cerium dioxide, carbon nanotubes and fullerenes) to range from just under 8,000 to approximately 40,000 tons per year, a sizable quantity given the small mass of individual nanoparticles.

Nos Estados Unidos da América, por exemplo, já existem medicamentos utilizados para tratamento de câncer com o uso de nanotecnologia. Os primeiros foram os medicamentos Doxil e Abraxane, aprovados pela *Food and Drug Administration* (FDA), em 2005 e 1995, respectivamente; e muitos outros estão em fase de testes clínicos, prometendo uma nova geração de medicamentos para o tratamento de diversos tipos de câncer<sup>10</sup>. Segundo o *National Cancer Institute*:

Nanoscale devices are one hundred to ten thousand times smaller than human cells. They are similar in size to large

---

<sup>9</sup> Disponível em < <https://statnano.com/country/usa> >. Acesso em 19/03/2019.

<sup>10</sup> Disponível em < <https://www.cancer.gov/sites/nano/cancer-nanotechnology/current-treatments> >. Acesso em 22/03/2019.

biological molecules ("biomolecules") such as enzymes and receptors. As an example, hemoglobin, the molecule that carries oxygen in red blood cells, is approximately 5 nanometers in diameter. Nanoscale devices smaller than 50 nanometers can easily enter most cells, while those smaller than 20 nanometers can move out of blood vessels as they circulate through the body. Because of their small size, nanoscale devices can readily interact with biomolecules on both the surface and inside cells. By gaining access to so many areas of the body, they have the potential to detect disease and deliver treatment in ways unimagined before now.

Os fenômenos químicos e biológicos que possibilitam a vida ocorrem em nanoescala. Portanto, manipular artificialmente as moléculas e as interações químicas nesse nível de detalhe pode ser uma grande arma para cura de doenças, assim como o diagnóstico preciso das doenças, ainda em estágios preliminares, mesmo que ainda estejam ocorrendo em poucas células, o que aumenta drasticamente a possibilidade de tratamento com sucesso.

Outra linha de medicamentos é o chamado *drug-delivery* (SURI *et al*, 2007, p. 3), tendo a possibilidade de entregar o medicamento diretamente no órgão afetado pela doença. As drogas são encapsuladas com nanomaterial que reagem a certos receptores específicos, tendo a grande vantagem de não estarem disponíveis no restante do organismo. Desta forma, mais eficaz, tratamentos como quimioterapias produzem efeitos colaterais consideravelmente menores.

Importante vantagem desta técnica é a possibilidade de, encapsulada a droga, utilizar substâncias ainda mais tóxicas ao tumor e, por estarem encapsuladas e serem “entregues” somente no *alvo*, não afetar o organismo como um todo. Implantes de retina eletrônicas, aparelhos para audição, tintas automotivas que não riscam, tecidos antibacterianos, máquinas de lavar roupa anticépticas, peças de automóveis e aviões mais resistentes e leves, células de baterias mais eficientes, todas essas aplicações da nanotecnologia são possíveis e viáveis.

Dentre as possibilidades que a nanotecnologia traz, o tratamento para cânceres agressivos como o Glioblastoma multiforme (GBM) se mostra promissor. Este tipo



específico de tumor, que se forma no cérebro, “(...) é altamente agressivo e continua sendo um mistério para a comunidade científica” (MICHAEL et al, 2018, p. 131)<sup>11</sup>.

Em artigo publicado em setembro de 2018, Justin S. MICHAEL e colaboradores informam que a expectativa média de sobrevida de pacientes diagnosticados com este tipo de tumor, de *grau IV*<sup>12</sup>, é de 15 meses (MICHAEL et al, 2018, p. 128). Para buscar alternativas novas de tratamento de pacientes que desenvolveram este tipo de câncer, diversos nanomateriais estão sendo pesquisados como “carriers”:

A number of nanomaterials, including liposomes, nanoemulsion, polymeric micelles, and iron oxide nanoparticles (IONP) have been investigated as carriers for therapeutic agents for the treatment of GBMs. These materials demonstrated a favorable effect, known as the enhanced permeability and retention (EPR) effect, via positive targeting that allows the retention of nanomaterials in tumor tissues. To enhance the EPR effect, active targeting is being applied to nanotechnology to increase the delivery to the tissue. At present, convection-enhanced delivery (CED) is applied to increase the uptake of nanomaterials into brain tumor tissues. Nanomaterials are also used with siRNA to suppress the gene function that makes GBM highly aggressive. More importantly, these nanomaterials can be used to deliver chemotherapeutic agents specifically to the tumor tissues without causing systemic toxicity.

Em conclusão, os autores afirmam que a diversidade da natureza das nanopartículas e sua capacidade de cruzar a barreira hematoencefálica as fazem essenciais para pesquisas futuras no tratamento do GMB e desenvolvimento de medicamentos<sup>13</sup>.

As perspectivas de benefícios futuros, com o uso das nanotecnologias, são enormes. Mas este tipo de tecnologia não apenas promete benefícios futuros, há aplicações em saúde nos dias atuais que cumprem promessas feitas no passado, como veremos na próxima subseção.

---

<sup>11</sup> Tradução livre de “GBM is a highly aggressive glioma that largely remains a mystery to the scientific community”. Op. cit. p.131

<sup>12</sup> De acordo com o Ministério da Saúde e a OMS, a gradação dos tumores é baseada em aspectos histopatológicos. De acordo com as características apresentadas o nível de agressividade varia de I a IV, sendo o IV o mais grave.

Fonte: <[https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/sas/2010/cop0030\\_19\\_08\\_2010.html](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/sas/2010/cop0030_19_08_2010.html)>.

<sup>13</sup> Tradução livre de “The diverse nature of NPs and their abilities to cross the BBB make them essential in the future of GBM research and drug development.”. Op. cit. p.132

### **1.2.2. Cumprimento das promessas: o catastrofismo e o emprego de nanotecnologias durante a pandemia ocasionada pelo novo coronavírus (SARS-CoV-2)**

Quando iniciamos esta pesquisa já havia inúmeros produtos colocados no mercado com uso de nanotecnologias diversas, em larga escala. O que não estava, mesmo durante o exame de qualificação, é que as promessas nanotecnológicas seriam concretizadas em poucos meses.

O mundo foi assolado no início do ano de 2020 por uma pandemia iniciada na China, especificamente em Wuhan, ocasionada pelo vírus SARS-CoV-2 (FELICIANO; EBERT. 2020). O vírus, pertencente à família coronavírus é responsável pela doença batizada de COVID-19 (*Coronavirus Disease 2019*), o “2019” refere-se ao ano em que o novo vírus foi descoberto.

A doença é letal para parcela significativa das pessoas acometidas por ela. Causa a chamada Síndrome Respiratória Aguda Grave Coronavirus 2 (HUANG, *et al.* 2022, p. 1027) , afetando, sobretudo, a população que tem comorbidades específicas, tais como imunossupressão, obesidade, enfermidades relacionadas ao sistema imune, problemas cardíacos e do pulmão, hipertensão e diabetes são algumas delas, além do fator idade (pessoas idosas têm maior propensão de desenvolver a forma grave da doença)<sup>14</sup>.

Com centenas de milhões de casos confirmados<sup>15</sup> ao redor do planeta, o Brasil deve superar o trágico número de setecentos mil óbitos em decorrência da COVID-19 nos próximos meses, apesar de contar com profissionais de excelência sobre a matéria e um sistema de vigilância internacionalmente reconhecido pela sua qualidade, universalidade e competência. O desempenho brasileiro não é motivo de orgulho, ao contrário do Sistema Único de Saúde (SUS). Isso porque, mesmo tendo 2,67% da população mundial, nosso

---

<sup>14</sup> Fonte: Ministério da Saúde do Brasil. Disponível em <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2021-1/abril/comorbidades-saude-orienta-vacinacao-contra-a-covid-19-por-idade> . Acesso em 26/04/2022.

<sup>15</sup> Dados da Johns Hopkins University & Medicine apontam que o total de casos mundialmente, até 29 de novembro de 2022 é da ordem de 650.525.718, com 15.712.581 novos casos confirmados nos últimos 28 dias. Disponível em <https://coronavirus.jhu.edu/map.html> . Acesso em 28/11/2022.

país é responsável por 11% de todas as mortes registradas no planeta ocasionadas pela pandemia do novo coronavírus e 6,7% dos registros de casos<sup>16</sup>.

A tragédia humana provocada pela pandemia bem demonstra a realidade da sociedade de risco, cuja centralidade de conceito, criado por Ulrich Beck (2010), é o potencial catastrófico que os danos podem ter nos dias atuais. Além da capacidade sem precedentes da ação humana em termos destrutivos, a excessiva intervenção do ser humano no equilíbrio ecológico acaba por ter consequências desencadeadas por elas. Um dos potenciais riscos é o avanço dos desmatamentos, expondo populações a organismos, microrganismos e substâncias até então isoladas. Este processo tem como possível consequência novas pandemias, extinção de espécies, alterações climáticas, dentre muitas outras consequências.

Quanto ao ponto que mais se relaciona diretamente com o nosso objeto de estudo, a pandemia do novo coronavírus, dentre outras coisas, comprovou a necessidade urgente de haver sérios e vinculantes compromissos ambientais em escala global, para as atuais e futuras gerações, num verdadeiro pacto ético de responsabilidade (JONAS, 2006) pois, de fato, os danos potenciais (no caso da pandemia, concretos) que a humanidade, no estágio atual de desenvolvimento, pode ocasionar são catastróficos. Por outro lado, é também o estágio atual de desenvolvimento tecnológico e o conhecimento acumulado pelas diversas áreas da ciência que dispõem de ferramentais com eficácia jamais vistas<sup>17</sup>.

As nanotecnologias desempenharam – e continuam a desempenhar – importante papel no combate aos efeitos da pandemia. Segundo artigo publicado vinculada à prestigiosa Revista Nature (HUANG *et al.*, 2022), as vacinas são a mais efetiva forma de prevenção da infecção causada pelo SARS-CoV-2, já que o sistema imune é a linha de defesa contra novas variantes virais:

---

<sup>16</sup> “Covid-19 matou no Brasil quatro vezes mais que a média mundial de óbitos por habitantes, diz Fiocruz”. Disponível em <https://www.estadao.com.br/saude/covid-19-matou-no-brasil-quatro-vezes-mais-que-a-media-mundial-de-obitos-por-habitantes-diz-fiocruz/> . Acesso em 10/02/2022. Para acessar dados completos sobre a pandemia em território brasileiro, recomendamos o site criado pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) para monitoramento <https://bigdata-covid19.icict.fiocruz.br/>.

<sup>17</sup> Curiosamente as contradições entre desenvolvimento e potenciais danos ambientais são uma constante nas análises da chamada sociedade de risco. O tema tem sido objeto de reflexões éticas há décadas em áreas de ciências sociais, o que, também, se revela como outra constante: a ciência mais avançada acaba por desembocar em importantes questões éticas, vide, por exemplo, pesquisas utilizando células-tronco, organismos geneticamente modificados, inteligência artificial, dentre outras. O propósito desta pesquisa é demonstrar que o princípio da precaução é uma importante resposta do mundo do Direito frente a tais dilemas.

Among these, vaccines are the most effective strategies to prevent infection by SARS-CoV-2, because our own immune system is the most important line of defense against the infection of new viral strains.

Para viabilizar a o desenvolvimento em tempo recorde de novas vacinas, cientistas de diferentes áreas do conhecimento humano trabalharam de forma colaborativa (HUANG *et al.*, 2022). Enquanto diversos tipos de vacina, usando tecnologias diferentes demonstraram eficácia entre 50 e 80%, as vacinas fabricadas pelas empresas Moderna e Pfizer-BioNTech<sup>18</sup>, que utilizam nanotecnologia, se mostraram as mais eficazes, 94,1 e 95% respectivamente. Nas palavras dos autores (HUANG *et al.*, 2022):

Until now, several vaccines based on different technologies, including messenger RNA, protein subunit, adenoviral-vectored and whole-cell inactivated virus vaccines, have been deployed worldwide. While most have a protective efficacy of 50–80%, the two-lipid nanoparticle (LNP)-based mRNA vaccines from Moderna and Pfizer–BioNTech6 (mRNA-1273 and BNT162b2, respectively) have shown much greater protective efficacy, of 94.1% and 95%, respectively. These two mRNA vaccines are currently the most widely used, demonstrating the pivotal role of nanotechnology in the response to the COVID-19 pandemic.

Portanto, as vacinas que se apresentaram eficácia, inalcançada por outras tecnologias, para prevenção da COVID-19, na sua forma mais grave, são justamente as que utilizam nanotecnologia, o que em grande medida cumpre as projeções de que as nanotecnologias possuem enorme potencial benéfico para a humanidade, além de movimentar a economia de modo jamais visto, dado que o diferencial tecnológico, ligado à eficácia do imunizante, tende a ser o mais procurado para imunização da população.

As promessas nanotecnológicas (novas) para mitigação e controle da disseminação do SARS-CoV-2 se renovam<sup>19</sup>. Com a multiplicação em escala global deste

---

<sup>18</sup> Com alguma variação entre elas, as vacinas das empresas Moderna e Pfizer-BioNTech utilizam nanocápsula para carregar o material genético da proteína S do vírus SARS-CoV-2 para dentro da célula humana (pessoa que recebe a vacina) e esta célula, utilizando o material genético viral (fornecido pela vacina), produz a proteína S. Com a presença da proteína S (antígeno) – mas sem o vírus – o sistema imune produz células de defesa (anticorpos) para quando e se o próprio vírus estiver presente, o sistema imune tenha condições de resposta rápida e eficaz. Fonte: <https://jornal.usp.br/artigos/vacinas-de-rna-contra-a-covid-19-abrem-uma-nova-janela-no-campo-da-imunologia/>. Acesso em 27/04/2022. Animação disponibilizada para efeito didático no sítio da Pfizer: <https://www.pfizer.com/news/behind-the-science/inside-delivery-vehicles-critical-success>. Acesso em 10/10/2022.

<sup>19</sup> HUANG e colaboradores (2022, p. 1028) afirmam que, embora o SARS-CoV-2 tenha taxa de mutabilidade relativamente baixa, comparado a outros vírus compostos por RNA. Entretanto, por conta de seu rápido espalhamento, já foram mapeadas mais de 4.000 variantes deste mesmo vírus. As mais

vírus é esperada – e estamos acompanhando dia a após este processo – que haja mutações no material genético do vírus (RNA<sup>20</sup>). Com as mutações, pelo processo de seleção natural, há tendência de prevalência de novas variantes circulando com a característica de escapar aos sistemas imunes de pessoas vacinadas ou que já tiveram contato natural com variantes anteriores do SARS-CoV-2 (HUANG *et al.*, 2022, p. 1028). Para atender à demanda de adaptabilidade do vírus aos anticorpos, há perspectiva de adaptabilidade das vacinas para impedir a ligação química do vírus à célula do hospedeiro; a nanotecnologia são promissoras para tanto, oferecendo várias opções, conforme HUANG e colaboradores apontam (2022) “*Nanotechnology offers various solutions, including nanoparticle (NP) vaccine-elicited neutralizing antibodies, engineered neutralizing*”.

As vacinas que utilizam nanotecnologias se mostraram, como já mencionado, mais eficazes quando comparadas às demais tecnologias amplamente utilizadas (por exemplo as que utilizando vírus atenuado ou inativado), tendo ainda importantes vantagens como a modularidade (possibilidade de adaptação à novas variantes) e rápida capacidade de produção.

Importante consignar que o desenvolvimento das vacinas e demais formas de terapia para COVID-19 teve massivo suporte dos Estados ao redor do mundo<sup>2122</sup> (ANGELIS, *et al.* 2022). Levantamentos apontam que, entre janeiro de 2020 e agosto de

---

preocupantes, sob o aspecto de saúde pública, são as que apresentam mutações na proteína “S” (*spike*, que dá o nome da família “corona”=“coroa”). Com a alteração ocasionada por eventuais mutações nesta proteína, há chances de redução da eficácia dos anticorpos de pessoas vacinadas ou que já tiveram contato com variantes anteriores do vírus.

<sup>20</sup> RNA vem do inglês para *ribonucleic acid*. Em português pode ser referido como ARN ou ácido ribonucleico. Trata-se de molécula de cadeia simples (diferente do DNA, que é formado por dupla hélice) composta por nucleotídeos. Nos coronavírus, é o RNA o responsável por “armazenar” as informações para síntese de proteínas, parasitando o organismo hospedeiro. Fonte: <https://www.ufrgs.br/microbiologando/voce-sabe-o-que-e-um-virus/> . Acesso em 26/04/2022.

<sup>21</sup> Basta rememorar, por exemplo, o caso brasileiro com o papel de protagonismo que tiveram duas instituições públicas: Fiocruz (RJ) e o Instituto Butantã (SP). Importante constar que a Fiocruz também conduz importantes pesquisas para desenvolvimento e vacinas com uso de nanotecnologia. V. <https://www.bio.fiocruz.br/index.php/br/noticias/2865-nanotecnologia-no-desenvolvimento-tecnologico> . Acesso em 12/06/2022.

<sup>22</sup> Em que pese o engajamento da comunidade científica, profissionais de saúde, trabalhadores dos setores considerados essenciais e dos órgãos de imprensa, num esforço coletivo inaudito, para enfrentar o trágico momento, cumpre-nos consignar que foram muitas as mentiras criadas e disseminadas nas redes sociais com poder destrutivo (danos concretos ainda por ser avaliado). As vacinas foram também alvo de tais mentiras infundadas. Como exemplo de contramedidas contra este expediente a criação de consórcios de checagem e esclarecimento de fatos pela imprensa, neste caso a Reuters desmente a afirmação de que “We don’t know what’s in those nanoparticles, but they are so nano, that you could definitely have little computers in there”. Disponível em <https://www.reuters.com/article/uk-factcheck-vaccine-nanoparticles-idUSKBN28F0I9> . Acesso em 12/06/2022.

2021, 57,9% dos recursos foram financiados com recursos públicos, seguido pela indústria (27,3%) e por parcerias público-privadas (14,8%).

Como demonstram os números citados acima, publicado por ANGELIS e colaboradores (2022), na JAMA Network Open (periódico científico mensal da “*American Medical Association*”) o fenômeno de investimento estatal se deu globalmente. Entretanto, merece destaque os esforços empreendidos pelos Estados Unidos da América, país líder no desenvolvimento das vacinas com uso de nanotecnologias aplicadas para COVID-19, em que pese a origem das demais empresas que viabilizaram a tecnologia não ser apenas estadunidense. O fato é que, neste país, foi criada estratégia interagências denominada *Operation Warp Speed* (OWS), entre os *Department of Health and Human Services* (HHS) e *Department of Defense* (DOD) que coordenaram os esforços para acelerar o desenvolvimento, aquisição e distribuição de equipamentos médicos. Colaborando com o esforço estiveram diversas agências relacionadas como o *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC), o *National Institute of Health* (NIH) e o *Biomedical Advanced Research and Development Authority* (BARDA)<sup>23</sup>. O resultado deste esforço gigantesco foi o desenvolvimento mais rápido de medidas de enfrentamento do estado de pandemia que se tem notícia; a combinação dos investimentos estatais em pesquisa e desenvolvimento de contramedidas para o estado de emergência, sobretudo nos momentos iniciais da pandemia (fase de maior incerteza e risco de insucesso no investimento), com a iniciativa privada se mostrou fundamental para o resultado. Assim concluem os autores (op. Cit. 2022, p. 7):

Taken together, our results indicate that the public sector was most likely instrumental in the development of COVID-19 vaccines and therapeutics. Thus, it would be critical to determine ways to safeguard both the affordability and global access to these health-sustaining modalities. The public sector facilitated critical R&D investments and provided funding that extended beyond basic research to include late-stage clinical development, notably during the early phases of the pandemic.

---

<sup>23</sup> Até março de 2021, os valores dispendidos pelo Tesouro dos EUA, direcionados à empresas com vacinas candidatas (vaccine candidates supported by BARDA and Other Federal Agencies) giravam em torno de US\$ 18Bi (dezoito bilhões de dólares dos EUA). Fonte: Report IN11560 – version 7 de março de 2021 do Congresso dos EUA, denominado “Operation Warp Speed Contracts for COVID-19 Vaccines and Ancillary Vaccination Materials” Disponível em <https://crsreports.congress.gov/product/details?prodcode=IN11560> . acesso em 05/10/2022.

O cenário acima narrado demonstra a complexidade do assunto que este trabalho tem como objeto discutir.

Isto posto, é notável que a atual forma de viver da humanidade com novos riscos advindos desta complexidade globalizada, um novo vírus surgido, em princípio, em cidade chinesa<sup>24</sup>, reunidas as condições necessárias, pode estar espalhado por todo o globo terrestre em poucos meses. O processo que levou ao surgimento do novo coronavírus, embora ainda não conhecido totalmente, tem relação direta com as atividades típicas da chamada “sociedade de risco”, a ser tratada em separado (BECK, 2010).

De outro lado, o cenário pandêmico exacerbou de modo incontornável questões discutidas há décadas pela doutrina ambientalista<sup>25</sup>: a importância do princípio da precaução para se concretizar o meio ambiente saudável e equilibrado, garantindo este mesmo direito às futuras gerações; a centralidade do desenvolvimento sustentável; a importância do papel estatal nas questões de meio ambiente e saúde humana, assim como na coordenação, financiamento e criação de políticas públicas para resolver (ou mitigar) problemas graves que afetam a coletividade; a urgência de uma abordagem sob a ótica da precaução para cenários em que há incerteza científica combinada com potenciais danos severos ou irreversíveis, como o são os danos ambientais.

O cenário de incerteza trazido pela pandemia, como não poderia deixar de ser, alterou drasticamente o mundo do Direito, em especial, o Direito do Trabalho<sup>26</sup>. Durante vários meses, havia incerteza científica sobre as características do vírus, especialmente quanto às principais formas de transmissão, assim como medidas efetivas para prevenção

---

<sup>24</sup> A hipótese atual, Segundo relatório da Organização das Nações Unidas (Resolução WHA73.1) é a de que o novo coronavírus tenha origem natural, provavelmente passou do morcego para um mamífero intermediário antes de infectar o ser humano. Fonte: Instituto Butantã, informação disponível em <https://butantan.gov.br/covid/butantan-tira-duvida/tira-duvida-noticias/como-surgiu-o-novo-coronavirus-conheca-as-teorias-mais-aceitas-sobre-sua-origem> . Acesso em 26/04/2022.

<sup>25</sup> V. (FELICIANO; EBERT, 2020, p. 3). “A partir do momento em que se reconhecia nacionalmente o fenômeno da transmissão comunitária, a dispersão do coronavírus adquiriu outro patamar, tornando-se uma questão efetivamente *ambiental*, na medida em que a circulação do microrganismo nos espaços naturais e artificiais que abrigam a população em geral passou a consubstanciar *risco biológico* sistêmico e *agravado*.<sup>6</sup> No estágio de transmissão comunitária, qualquer indivíduo está sujeito, em maior ou menor grau, a adquirir a COVID-19 nos lugares em que frequenta; e, mais, a transportar o agente transmissor para outros espaços, de modo que o vírus passou a ser um vetor biológico de base antrópica (porque disseminado pelo ser humano) passível de interferir negativamente na qualidade de vida da coletividade e de seus integrantes.”

<sup>26</sup> Sobre alterações legislativas em matéria trabalhista, vide “Legislação trabalhista em tempos de pandemia: comentários às Medidas Provisórias 927 e 936”. Homero Batista Mateus da Silva, São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2020.

do contágio (como, mas não somente, o tempo que o vírus poderia se manter ativo em diferentes superfícies), inclusive o índice de mortalidade, formas eficazes e disponíveis para testes, protocolos terapêuticos, etc.

Entendemos que, neste momento da pandemia (primeiros meses, até o controle pela administração de vacinas), o princípio da precaução presente com grande relevância: no Brasil, estados, municípios e o distrito federal emanaram normas jurídicas várias cujo conteúdo e fundamento era lastreado o princípio da precaução, ainda que não escrito na inteireza da expressão eleita pela técnica jurídica. As diversas leis, decretos, regulamentos internos de empresas, acordos ou convenções coletivas de trabalho, decisões judiciais de urgência (norma jurídica individual e concreta) e protocolos criados por autoridades sanitárias, tudo com vistas à evitar aglomerações, determinando fechamento de estabelecimentos, implementação de teletrabalho quando possível, mínimo contato pessoal (no meio ambiente laboral ou não) têm como base o princípio da precaução, concretizando o poder-dever de (tentar) evitar danos graves, de difícil ou impossível reparação. Não se sabia ao certo os detalhes de como o vírus se espalhava e quais medidas eram eficazes para evitar seu espalhamento na população.

Sopesando o possível risco de expor vidas humanas, houve priorização normativa, atendendo aos preceitos do sistema normativo, sobretudo o princípio da precaução, da vida em detrimento do bem econômico imediato.

### **1.3.2. Riscos labor-ambientais decorrentes do uso das nanotecnologias**

Ainda no ano de 2009 (EU-OSHA, 2009) a *European Agency for Safety and Health at Work* afirmou que as nanotecnologias estão dentre as tecnologias emergentes, sendo o seu domínio campo fundamental para o século XXI. Esta constatação e, ao mesmo tempo, projeção vem sendo confirmada reiteradamente, haja vista que as nanotecnologias são expandidas para virtualmente todos os seguimentos de mercado.

Ao mesmo tempo em que representa enorme potencial de benefícios, muitos já concretizados em produtos disponibilizados nos dias atuais em diversos seguimentos, este ramo do conhecimento também traz consigo riscos não totalmente conhecidos, sobretudo à população que, invariavelmente, tem maior tempo de exposição e risco de concretização



do risco em efetivo dano à saúde ou à vida: os trabalhadores que prestam seus serviços em meio ambiente do trabalho com uso de nanotecnologias.

O cenário de incertezas científicas quanto aos riscos que envolvem nanomateriais despertam especial preocupação pois dados relacionados aos acidentes do trabalho (em sentido amplo, incluindo doenças ocupacionais) são alarmantes. Segundo Jukka Takala (apud MELLO, 2010, p. 66), representante da OIT, “(...) na última década do século XX, ocorriam por ano no mundo, 1,1 milhão de mortes por acidentes do trabalho, 999 mil por acidentes de trânsito, 563 mil por violência e 502 mil em guerras”.

No Brasil, a realidade é ainda mais alarmante. Dados recentes<sup>27</sup> dão conta de que morreram 22.954 como consequência de acidentes de trabalho no Brasil (entre os anos de 2012 e 2021). Considerando apenas o ano de 2021, foram comunicados 571,9 mil acidentes e 2.487 óbitos relacionados ao trabalho, o que significa aumento de 30% sobre os dados do ano anterior.

Não é novidade que é no meio ambiente laboral que o ser humano passa boa parte do seu dia, suas semanas e, afinal, parcela significativa de sua vida. Maurício de Carvalho Góes e Wilson Engelmann (2015, p. 139) asseveram, particularmente sobre a preferencial atenção que o sistema normativo de proteção à saúde do trabalhador, pois em todas as fases do ciclo de vida de nanomateriais, haverá inevitavelmente exposição de pessoas trabalhadoras para viabilizar cada uma das etapas:

[...] a produção de nanopartículas engenheiradas, ou seja, aquelas desenvolvidas pela ação do ser humano deve ser o primeiro degrau de análise do ciclo de vida dos nanoproductos. A partir dele, ingressa na fabricação de produtos que serão colocados à disposição do mercado consumidor e profissional; daí para o destino a ser dado aos resíduos. Neste percurso, nos diversos degraus, haverá a exposição dos trabalhadores do meio ambiente.

Antes de adentrarmos com maior profundidade no tema principal deste capítulo, convém lançarmos as bases nas quais os riscos nanotecnológicos se assentam.

Para evitar adoecimentos ou acidentes típicos decorrentes do trabalho, antes, é necessário conhecer sistematicamente quais são as fontes de potenciais danos que certo

---

<sup>27</sup> Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho, da Plataforma SmartLab, uma iniciativa conjunta do Ministério Público do Trabalho e da Organização Internacional do Trabalho no Brasil. Disponível em [https://www.ilo.org/brasilia/noticias/WCMS\\_842760/lang--pt/index.htm](https://www.ilo.org/brasilia/noticias/WCMS_842760/lang--pt/index.htm) acesso em 23 de abril de 2022.

meio ambiente do trabalho (com seus diversos elementos e a interação entre eles) pode apresentar. Quais pessoas ou grupos de pessoas estão mais, ou menos, expostas a cada risco, assim como a severidade dos potenciais danos identificados e, por fim, a probabilidade de sua ocorrência.

Como já discutido anteriormente neste trabalho, a palavra risco ou a expressão fatores de risco podem ser compreendidas de diferentes formas. Para efeito desta seção, seguimos a aceção adotada também por Homero Batista Mateus da SILVA (2021, p. 41):

Por sua vez, usa-se a expressão riscos ou fatores de risco para se identificarem plausibilidades da ocorrência dos danos à saúde, combinando-se a severidade das lesões que pode acontecer com a probabilidade de sua ocorrência. A severidade costuma abranger tanto a magnitude do dano quanto a abrangência ou a quantidade de trabalhadores envolvidos.

Também deve-se ter em conta que o uso do vocábulo prevenção relaciona-se à danos conhecidos cientificamente ao passo que a precaução refere-se à incertezas quanto a eventuais danos que a conduta pode desencadear.

Pela breve introdução acima, a conclusão imediata é a de que a prevenção de doenças e acidentes do trabalho envolve diversas áreas do conhecimento humano como as engenharias, ciências da saúde, química, física, biologia, direito, apenas citando algumas.

No meio ambiente laboral que faz uso de nanotecnologia(s), a identificação dos riscos inerentes ao trabalho se mostra ainda mais complexa se comparado com outros que não lançam mão de nanotecnologias, pois, naqueles ainda existem importantes questões sem as correspondentes respostas assertivas da ciência quanto aos riscos a que trabalhadores e meio ambiente estão expostos. Tampouco há delimitação segura quanto à extensão de eventuais danos no tempo<sup>28</sup>.

---

<sup>28</sup> Por não ser parte do objeto desta pesquisa, não serão tratados *todos* os riscos vislumbrados pela literatura disponível. Para mais informações sobre o tema, por todos, recomendamos tese de doutorado defendida nesta Faculdade de Direito, de autoria de Ivandick Cruzelles RODRIGUES (2019) **Responsabilidade civil...** em que o autor aborda, por exemplo, possíveis danos ambientais pelo descarte inadequado de nanosubstâncias considerando todo ciclo de vida de produtos que utilizam nanotecnologias a responsabilidade civil objetiva compartilhada (fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, etc.) pelo ciclo de vida dos produtos”, nos termos da Lei 12.305/2010.

Este cenário típico de tecnologias emergentes está em constante alteração, o que impõe desafio adicional de manter a proteção à saúde dos trabalhadores sem haver, por outro lado, impedimento do desenvolvimento econômico (incluindo a geração de empregos em setores que utilizam nanotecnologias), tecnológico e social. As técnicas que aumentam a complexidade de nanotecnologias a cada geração de seu contínuo desenvolvimento também majoram em razão direta as incertezas científicas quanto aos riscos novos.

A relação do ser humano com novas tecnologias é de aparente contradição “*New technologies are often met with apprehension and criticism.*” (WINTLE *et al.*, 2007, p. 327). O deslumbramento de um mundo novo que se apresenta pelas nanotecnologias, com todos os potenciais econômicos, enormes potenciais benefícios para humanidade que ela traz em seu bojo, além do interesse por diferenciação mercadológica e até estratégia geopolítica para nações que estão na vanguarda das pesquisas de inovação, são vetores importantes para impulsionar o manuseio das nanotecnologias por trabalhadores de forma cada vez mais disseminada.

Contudo, as tecnologias não apenas importam em benefícios mas, invariavelmente são portadoras de novos riscos, possibilidades de consequências danosas ao meio ambiente natural e à saúde humana.

Quando comparados à população em geral, os trabalhadores são expostos aos riscos nanotecnológicos de maneira mais prolongada e frequente, dado que produção e pesquisa são realizadas por trabalhadores, lidando com nanopartículas durante boa parte de seu dia.

Assim, se mostra fundamental o desenvolvimento de protocolos específicos para cada situação concreta, seguindo as especificidades de cada meio ambiente laboral em que se pretende utilizar nanotecnologias (ANDRADE, 2021, p. 28).

As nanotecnologias provavelmente caracterizarão nosso tempo sem contudo serem isentas de risco. Em geral, os trabalhadores são os primeiros expostos tanto de forma crônica (pela continuidade do trabalho por longos períodos, vários anos em alguns casos), como de forma aguda (pela quantidade de material manipulado em uma indústria).

Assim, é justa e necessária uma reflexão sobre os possíveis impactos destas novas tecnologias sobre o mundo do trabalho.

Dado que as aplicações das nanotecnologias incluem virtualmente todos os setores econômicos (EU-OSHA, 2009, p. 16), a saber, tecnologia da informação, tecnologia biomédica, ambiental, energética, manufatura, transporte, aviação e aeroespacial, agricultura e nutrição, segurança e tecnologias militares, os riscos inerentes dependem de cada ambiente e dos materiais utilizados, o que reforça a necessidade de elaboração de programas de gerenciamento de riscos (conhecidos ou incertos).

As variáveis que tornam as nanotecnologias distintas do que já se conhecia antes do seu acelerado crescimento, em termos de medidas de prevenção de danos laborais, referem-se, sobretudo, ao impacto na saúde humana que elas têm potencial de causar. Da mesma forma que as particulares alterações de características físico-químicas são a fonte dos potenciais benéficos que a manipulação de substâncias em escala nano propicia, são elas mesmas que produzem preocupações quanto aos seus potenciais efeitos maléficos em organismos e no meio ambiente.

Dentre as características marcantes que diferenciam a nanopartículas – e que impactam na saúde e segurança do trabalho – destacam-se suas diferenciações quanto à toxicidade, maior permanência em suspensão no ar (como poeira), maior superfície de contato, riscos acentuados de combustão ou explosão, combustão espontânea. Todas as características citadas, contudo, dependem de cada composição, forma, dimensões e demais condições ambientais.

No ano de 2004 o U.S. “*National Institute for Occupational Safety and Health*” (NIOSH) criou o “*Nanotechnology Research Center*” (NTRC) com o objetivo de identificar riscos relacionados à exposição de trabalhadores a nanomateriais. Nos Estados Unidos da América, o NIOSH é a entidade governamental, vinculada ao *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) competente para pesquisar e produzir conhecimento na área de saúde e segurança ocupacional, incluindo em sua missão, a transferência deste conhecimento para a prática no mundo do trabalho com o fim de proteção da saúde e da vida dos trabalhadores.

Nanopartículas (EU-OSHA, 2009, p. 16), devido ao seu reduzidíssimo tamanho, têm potencial de adentrar organismos humanos pelas três vias: digestiva (ingestão), trato respiratório (inalação) e pela exposição direta (pele e mucosas). Além das múltiplas vias, uma vez dentro do corpo, em certas condições, algumas nanopartículas podem até atravessar a barreira hematoencefálica, estrutura responsável por proteger o sistema nervoso central.

Na imagem reproduzida abaixo, há um desenho esquemático do corpo humano e vias de exposição para nanopartículas, órgãos potencialmente afetáveis e doenças associadas em estudos *in vivo* e *in vitro* (BUZEA, *et al.* 2007, p. 19):

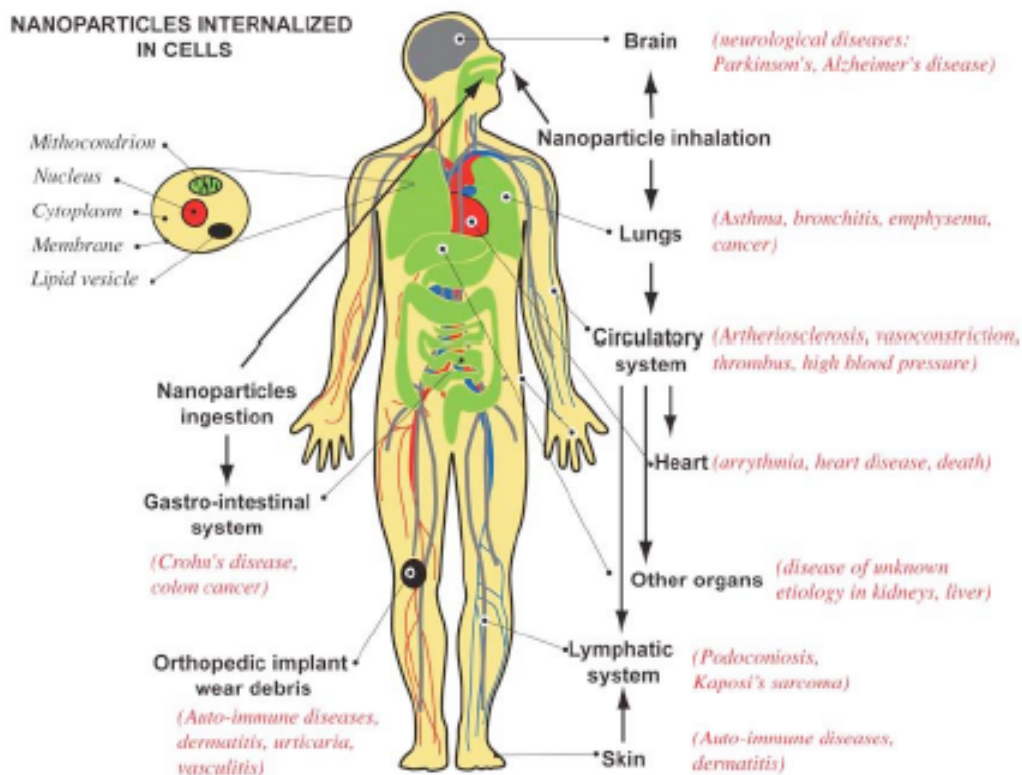


Figura 1- imagem ilustra principais vias de acesso, órgãos potencialmente afetados e doenças associadas às nanopartículas em estudos epidemiológicos, *in vivo* e *in vitro*. Fonte: BUZEA, *et al.*, 2007, p. 19)

Na mesma linha, (MARCHANT *et al*, 2013, p. 248/249) identifica os potenciais e plausíveis riscos à saúde humana como sendo consequências diretas das características que fazem dos nanomateriais particularmente úteis como tecnologia, no sentido de solucionar problemas concretos, destacando que a toxicidade é de difícil avaliação, quando comparadas as nanopartículas a suas correspondentes em escala macro, porque as substâncias em escala nano comportam-se de modo diverso daquelas:

Nanomaterials are generally more active than larger materials because of their increased surface area to volume ratio, and therefore may cause more unintended damage to bodily tissues. Because of their small size, nanomaterials may also be able to cross important biological barriers such as the placenta or blood-brain barrier, as well as the cell wall, further

increasing the potential for unanticipated, adverse effects. Moreover, the toxicity of nanomedical materials may be more difficult to evaluate or anticipate because of the potential for unique toxicological mechanisms and the lack of proven test methods. For example, surface area may be a better determinant than traditional mass-based measurements when determining relative toxicity in nanomaterials.

In general, the scientific data required for quantified risk assessment does not exist for most nanomaterials.

As incertezas apontadas pela ciência são premissas convalidadas pelas novas técnicas desenvolvidas a medida que as nanopartículas são testadas, com o avanço de pesquisas. A partir daí, órgãos de proteção à saúde dos trabalhadores atualizam suas recomendações e normas.

Após dez anos de pesquisa, a partir dos dados oriundos de pesquisas realizadas em roedores, no ano de 2013 o NIOSH atualizou suas diretrizes para exposição de trabalhadores aos nanotubos de carbono, reforçando que são os trabalhadores os mais expostos e, portanto, vulneráveis aos potenciais males causados pelas substâncias:

Results from recent animal studies indicate that carbon nanotubes (CNT) and carbon nanofibers (CNF) may pose a respiratory hazard. CNTs and CNFs are tiny, cylindrical, large aspect ratio, manufactured forms of carbon. There is no single type of carbon nanotube or nanofiber; one type can differ from another in shape, size, chemical composition (from residual metal catalysts or functionalization of the CNT and CNF) and other physical and chemical characteristics. Such variations in composition and size have added to the complexity of understanding their hazard potential. Occupational exposure to CNTs and CNFs can occur not only in the process of manufacturing them, but also at the point of incorporating these materials into other products and applications. A number of research studies with rodents have shown adverse lung effects at relatively low-mass doses of CNT and CNF, including pulmonary inflammation and rapidly developing, persistent fibrosis. Although it is not known whether similar adverse health effects occur in humans after exposure to CNT and CNF, the results from animal research studies indicate the need to minimize worker exposure.

Percebe-se que o conhecimento humano acerca das utilidades das nanotecnologias segue em compasso com o descobrimento de seus riscos, quando não constatados os danos já consumados. Em agosto de 2009 a agência de notícias Reuters publicou matéria dando conta de que pesquisadores chineses reportaram a morte de duas

trabalhadoras, além de várias outras que sofreram danos pulmonares permanentes após trabalharem, por meses, sem proteção adequada em uma fábrica de tintas com uso de nanopartículas<sup>29</sup>.

Neste ponto do presente trabalho, tratando de riscos labor-ambientais específicos decorrentes das nanotecnologias, cumpre-nos fazer uma importante digressão: os limites de tolerância e sua função para a saúde de trabalhadores e trabalhadoras. Temos consciência de que digressões não são recomendáveis, neste caso, entretanto, pela importância do tema ela se justifica, além de ser uma das colunas mestras do objeto deste trabalho.

Mesmo se considerarmos substâncias em escala macro, os limites de tolerância para agentes capazes de causar danos à saúde humana, merecem reflexão mais detida.

No caso brasileiro, a legislação concedeu especial importância às normas regulamentadoras previstas na Lei 6.514/1977, que alterou a Consolidação das Leis do Trabalho, para atribuir ao Ministério do Trabalho (órgão do Poder Executivo federal) a competência para emanar normas de saúde e segurança do trabalho.

Afora o importante debate doutrinário quanto à competência normativa do Executivo, via Ministério do Trabalho, é cediço o fato de que questões regulatórias do meio ambiente laboral são multidisciplinares, envolvendo diversas e especializadas áreas do conhecimento humano, sendo recomendável que sua regulamentação seja feita por órgão que reúna profissionais de tantas áreas quanto se mostrem necessárias.

Assim se deu no Brasil com a Fundação Jorge Duprat Figueiredo (FUNDACENTRO), órgão vinculado ao governo federal com atuação direta na criação do (SILVA, 2121, p. 30) “sistema brasileiro de saúde ocupacional” com a elaboração da Portaria do Ministério do Trabalho de número 3.214 de 8 de junho de 1978 e seus 28 anexos, chamados de normas regulamentadoras (NR)<sup>30</sup>, cada um deles regulamentando determinado assunto.

---

<sup>29</sup> Deaths, lung damage linked to nanoparticles in China. Agência Thomson Reuters, 19 de agosto de 2009. Disponível em <https://www.reuters.com/article/us-china-nanoparticles-idUSTRE5711Y720090819>. Acesso em 26 de abril de 2021.

<sup>30</sup> “A elaboração e a revisão das normas regulamentadoras são realizadas adotando o sistema tripartite paritário, preconizado pela Organização Internacional do Trabalho (OIT), por meio de grupos e comissões compostas por representantes do governo, de empregadores e de trabalhadores. Nesse contexto, a Comissão Tripartite Paritária Permanente (CTPP) é a instância de discussão para construção e atualização das normas regulamentadoras, com vistas a melhorar as condições e o meio ambiente do trabalho.” Ministério do Trabalho e Previdência, disponível em <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normas-regulamentadoras-nrs>, acesso em 29 de dezembro de 2021.

As normas regulamentadoras, como é de simples constatação pela breve exposição acima, são anexos da mesma portaria ministerial e devem ser lidas em seu conjunto, sendo certo que existe sistematização e harmonia entre elas. De seu conjunto pode-se extrair alguns princípios norteadores não exaustivos (elencados por Homero Batista Mateus da SILVA), tais como a universalidade da aplicação, uniformidade dos temas, contemporaneidade e periodicidade, complementariedade, subsidiariedade e supletividade, progressividade da eliminação de riscos (SILVA, 2021, p. 31-33).

Posto este contexto normativo, a própria Consolidação das Leis do Trabalho prevê expressamente as condições para que determinado meio ambiente laboral seja considerado, juridicamente, insalubre. O artigo 189 da CLT determina que:

Serão consideradas atividades ou operações insalubres aquelas que, por sua natureza, condições ou métodos de trabalho, exponham os empregados a agentes nocivos à saúde, acima dos limites de tolerância fixados em razão da natureza e da intensidade do agente e do tempo de exposição aos seus efeitos.

O subsequente artigo 190 da Consolidação das Leis do Trabalho prevê que:

O Ministério do Trabalho aprovará o quadro das atividades e operações insalubres e adotará normas sobre os critérios de caracterização da insalubridade, os limites de tolerância aos agentes agressivos, meios de proteção e o tempo máximo de exposição do empregado a esses agentes.

Parágrafo único - As normas referidas neste artigo incluirão medidas de proteção do organismo do trabalhador nas operações que produzem aerodispersóides tóxicos, irritantes, alérgicos ou incômodos.

A ideia segundo a qual limites quantitativos de determinados agentes (previstos nas normas regulamentadoras), de forma peremptória, sobretudo na prática jurídica nacional, em que os limites de tolerância são considerados como verdadeiros definidores de meio ambiente do trabalho hígido (quando a concentração de certo elemento químico está abaixo do limite) ou, no sentido oposto, ambiente degradado quando se afere a extrapolação do limite de tolerância merece críticas, ainda que sejam consideradas apenas substâncias ordinárias, em dimensões micro ou macro<sup>31</sup>. Quando se trata de limites de

---

<sup>31</sup> Nesta mesma linha (SILVA, 2021, p. 107)



tolerância em nanotecnologias, como será detalhado abaixo, as incertezas ficam ainda mais severas.

Não se pode ignorar, ainda que o valor específico definido como limite de tolerância não tenha sido atingido, que a presença de agente sabidamente nocivo, em valores próximos ao limite previsto, acaba por tornar o meio ambiente laboral poluído. Se não é possível afirmar, nas condições limítrofes, que o certo ambiente do trabalho causará danos à saúde da maioria das pessoas que conviverem ali durante certo tempo, é líquido e certo que este ambiente tem potencial de causar agravos à saúde de parcela considerável da população que estiver exposta aos seus riscos.

Merece destaque o fato de as primeiras normas regulamentadoras, nos anos 70 do século passado, serem fruto do trabalho feito por profissionais de vanguarda, pesquisadores e pesquisadores de excelência, cabendo a menção especial os servidores públicos vinculados à Fundação Jorge Duprat Figueiredo (FUNDACENTRO). Estavam em sintonia com o estado da arte científico, adaptadas de forma criteriosa às suas coirmãs emanadas pela *American Conference of Governmental Industrial* (ACGIH).

A reflexão crítica aqui proposta sobre os níveis de tolerância é voltada à desproporcional força normativa, conferida pelos profissionais do Direito do Trabalho, ao interpretar o sistema de normas relacionadas ao meio ambiente laboral, passando a conferir aos limites de tolerância verdadeiro atestado de ambiente hígido, sem que esta racionalidade esteja presente nas áreas da saúde humana, sobretudo a toxicologia.

Isso porque, os limites de tolerância em si, não são bons ou ruins, mas parâmetros indicativos de que medidas adicionais devem, ou não, serem adotadas para se preservar a saúde humana, priorizando – como ademais em todas as outras subáreas da saúde do trabalho – a redução ou eliminação do agente e do risco de contato com seres humanos. Nas palavras de Homero Batista Mateus da Silva (2021, p. 107):

Os limites deveriam servir apenas de parâmetro genérico para tomadas de decisão e não como uma espécie de tábua de salvação ou como se fosse um selo de qualidade de ambiente infenso a qualquer contaminação. A ideia de que o limite corresponda a uma blindagem produz vários equívocos na disciplina da saúde ocupacional e é fonte constante de tensão entre os profissionais das ciências biológicas e o mundo do direito.

A técnica normativa que define limites de tolerância tem como uma das consequências, a possível análise, dentro da lógica empresarial, dos custos em

comparação ao benefício para se afastar ou neutralizar o agente ou, de outro lado, se o custo de se investir, por exemplo, em equipamentos e adequações diversas do meio ambiente, capazes de afastar a potencial fonte de dano. A depender do custo e dos correspondentes benefícios, é possível afirmar que a escolha de incorporar os adicionais de insalubridade como custo aceitável para o empreendimento não sofrerá qualquer censura dos órgãos de fiscalização ou do Judiciário. Ou seja, a lógica dos limites de tolerância acaba tendo o potencial de corromper os pilares da saúde e segurança do trabalho, quais sejam, a priorização da eliminação dos riscos labor-ambientais em detrimento da monetização, via pagamento de adicionais ou mesmo adoção de equipamentos de proteção individual.

Quanto aos riscos específicos decorrentes da utilização de nanomateriais no meio ambiente do trabalho, os limites de tolerância devem ser repensados completamente.

Isto posto, é sabido que as nanopartículas comportam-se de modo diverso das mesmas substâncias em escala maior. Por esta razão, os limites de tolerância previstos em normas para substâncias que se apresentam em outro tamanho, que não seja na escala nano, são inúteis quando se trata de segurança ou prevenção de riscos em nanotecnologias.

Bem por isso, VIEGAS (2018, p. 52) aponta o desencontro de limites considerados seguros pelos diferentes órgãos técnicos:

O documento sobre a prata, publicado pela *European Commission* (2014) afirma que existem vários limites e diretrizes de exposição ocupacional para a prata, mas os valores de cada um dependem da forma da prata, bem como da agência individual que faz tais recomendações. Por exemplo, a Conferência Americana de Higienistas Industriais Governamentais (ACGIH) estabeleceu valores limiar (TLV) separados para prata metálica (0,1 mg/m<sup>3</sup>) e compostos solúveis de prata (0,01 mg/m<sup>3</sup>). Por outro lado, o limite de exposição permitido (PEL) recomendado pela Administração de Segurança e Saúde do Trabalho (OSHA) e pela Administração de Segurança e Saúde de Minas (MSHA) e o limite de exposição recomendado pelo Instituto Nacional de Segurança e Saúde do Trabalho (NIOSH) é de 0,01 mg/m<sup>3</sup> para todas as formas de prata.

Com a disseminação de nanotecnologias, é esperado que trabalhadores sejam cada vez mais expostos à nanopartículas. No caso da nanop prata, por exemplo, é amplamente utilizada por suas propriedades antimicrobiana, agindo contra bactérias,

vírus, fungos e protozoários (utiliza-se, por exemplo, na indústria de alimentos, higiene, na indústria têxtil para evita mau cheiro em roupas, máquinas de lavar utilizam como bactericida, assim como em aparelhos de ar condicionado, tintas para equipamentos cirúrgicos, dentre outras), comportamento altamente dependente de seu tamanho, apresentação (spray, líquido, sólido) há verdadeira ausência de parâmetros consolidados sobre seus limites de tolerância, se é que existe algum realmente seguro para seres humanos.

Dentre as variáveis a serem analisadas em saúde e segurança do trabalho, necessariamente, deve-se identificar o potencial do dano, caso o risco se concretize. Para substâncias químicas, avalia-se também a probabilidade de contato involuntário (chance de o evento danoso ocorrer no mundo dos fatos), tempo de contato, existência e eficácia de medidas capazes de afastar a fonte dos riscos, quantidade de pessoas afetadas e lesividade em caso de falha nas medidas de segurança. Não menos importante é a identificação da possibilidade de dano imediato (agudo) ou de longo prazo, inclusive quando a relação de trabalho (ou emprego) não mais existir.

Área fundamental do conhecimento humano que pode contribuir neste sentido é a toxicologia. Refundada a toxicologia, para nanotecnologias, surgiu a necessidade de um novo ramo desta ciência ou, melhor, um ramo das nanociências: a nanotoxicologia.

A nanotoxicologia pode ser definida como “(...) um ramo da toxicologia dedicado ao estudo dos efeitos toxicológicos de nanomateriais em diferentes sistemas biológicos, incluindo células, tecidos e organismos vivos.” (DURÁN *et al*,2019, p. 219). Fatores que fazem o ser humano ter interesse em criar ou manipular nanomateriais, a saber, suas propriedades físico-químicas e forma, causam especial impacto na interação do nanomaterial com o meio biológico e, assim, surtem efeitos em sua toxicidade (DURÁN *et al*,2019, p. 219).

A nanotoxicologia, também, se baseia em parâmetros diferentes da toxicologia para materiais micro ou macroscópicos. Para estes materiais, a dose é definida com base na relação massa do composto químico pela massa do indivíduo (g/kg). Contudo, no mundo nanotoxicológico DURÁN *et al*,2019, p. 219:

Entretanto, apesar da nanotoxicologia estudar os efeitos tóxicos de nanomateriais, os efeitos de tamanho dos materiais são importantes ao compará-los com materiais em escala microscópica ou macroscópica. Logo, o conceito de dose para nanotoxicologia se baseia em diferentes parâmetros, como:

tamanho da partícula e sua área superficial, morfologia, composição, química da superfície, estado de aglomeração/agregação, etc. De fato, todos estes parâmetros influenciam criticamente na determinação da dose das nanopartículas e, conseqüentemente, na avaliação precisa da sua toxicidade.

Saber que as características influenciam na toxicidade, entretanto, não é tudo, os mesmos autores afirmam que:

Uma década de pesquisa envolvendo a nanotoxicologia tem mostrado que as interações entre os nanomateriais com células, animais, seres humanos e meio ambiente são extremamente complexas. Atualmente, os pesquisadores ainda estão tentando entender, em detalhes, como as propriedades físico-químicas e morfológicas dos nanomateriais podem influenciar essas interações, e assim determinar o impacto final dos nanomateriais na saúde e no meio ambiente.

Ademais, a toxicidade das nanopartículas não tem paralelo com a mesma substância em escala não nano, além do fato da própria dificuldade de experimentos em cobaias animais por possível diferença de comportamento em diferentes organismos. Também pode haver diferença de toxicidade de nanopartículas da mesma substância, dentro da escala nano, mas com tamanhos diversos<sup>32</sup>.

O relatório elaborado pela Organização Mundial de Saúde vai na mesma linha, identificando que a toxicidade de nanomateriais pode discrepar consideravelmente, a depender de diversos fatores físico-químicos como formato, tamanho, características de superfície, composição, etc. (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. *WHO guidelines on protecting workers from potential risks of manufactured nanomaterials*. 2017, p. 4):

The toxicity of MNMs may largely depend on numerous physicochemical properties, including size, shape (i.e. size in a particular dimension), composition, surface characteristics, charge and rate of dissolution. There is currently a paucity of precise information about human exposure pathways for MNMs, their fate in the human body and their ability to induce unwanted biological effects such as generation of oxidative stress. Data from in vitro, animal and human MNM inhalation studies are available for only a few MNMs. So far,

---

<sup>32</sup> Sabe-se que há significativas diferenças de comportamentos em diferentes propriedades, por exemplo, do ouro com alguns nanômetros de tamanho (mesmo em escala nano), como a cor, podendo variar do azul ao vermelho. Fonte: <https://www.sepmag.eu/blog/properties-of-nano-gold>. Acesso em 26/04/2022.

no long-term adverse health effects in humans have been observed. This could be due to the recent introduction of MNMs, the precautionary approach to avoid exposure and ethical concerns about conducting studies on humans. This means that, except for a few materials where human studies are available, health recommendations must be based on extrapolation of the evidence from in vitro, animal or other studies from fields that involve exposure to nanoscale particles, such as air pollution, to the possible effects in humans.

The increased production of MNMs and their use in consumer and industrial products means that workers in all countries will be at the front line of exposure to these materials, placing them at increased risk for potential adverse health effects.

Portanto, longe de consenso científico, os nanomateriais desenvolvidos pelo ser humano, apresentam sérias e razoáveis fontes de incertezas científicas quanto aos riscos criados. Além da sua complexa aferição em ambiente prático, do mundo real, por exemplo o industrial. Como, em ambiente laboral, para o necessário mapeamento dos riscos inerentes ao trabalho, o programa de gestão de riscos com uso de nanotecnologias se mostra ainda mais importante para assegurar a higidez do meio ambiente laboral.

De outro lado, a toxicidade de nanopartículas não é o único elemento de risco trazido aos trabalhadores no meio ambiente de trabalho.

Vale ressaltar que relatório recente da OCDE aponta que existem lacunas sobre os dados que poderiam colaborar para elucidação dos riscos a que consumidores e trabalhadores estão expostos, por isso recomenda pesquisas, modificações de métodos, alterações em termos de regulamentação de embalagens para que contenham informações quanto à presença de nanopartículas, etc.

Por fim, entendemos ser importante reproduzir a imagem que estampa a capa do “*Currente intelligence Bulletin #65*”<sup>33</sup> publicado no documento que atualiza os limites de exposição recomendados (“*recommended exposure limit – REL*”) para exposição ocupacional aos nanotubo de carbono. Ela é didática por: (a) dar ideia da escala em que a nanotecnologia atua e; (b) por outro lado, demonstra em imagem, um *single multi-walled*

---

<sup>33</sup> On the cover: High-resolution electron microscope image of a single multi-walled carbon nanotube (MWCNT) penetrating out of the lung surface into the pleural space. Figure 7D from Mercer et al. Particle and Fibre Toxicology 2010, 7:28. Article can be found at: <http://www.particleandfibretoxicology.com/content/7/1/28> - Image courtesy of Robert Mercer and Diane Schwegler-Berry, NIOSH.

*carbon nanotube* (MWCNT) penetrando a superfície do pulmão, alcançando o espaço pleural<sup>34</sup>.

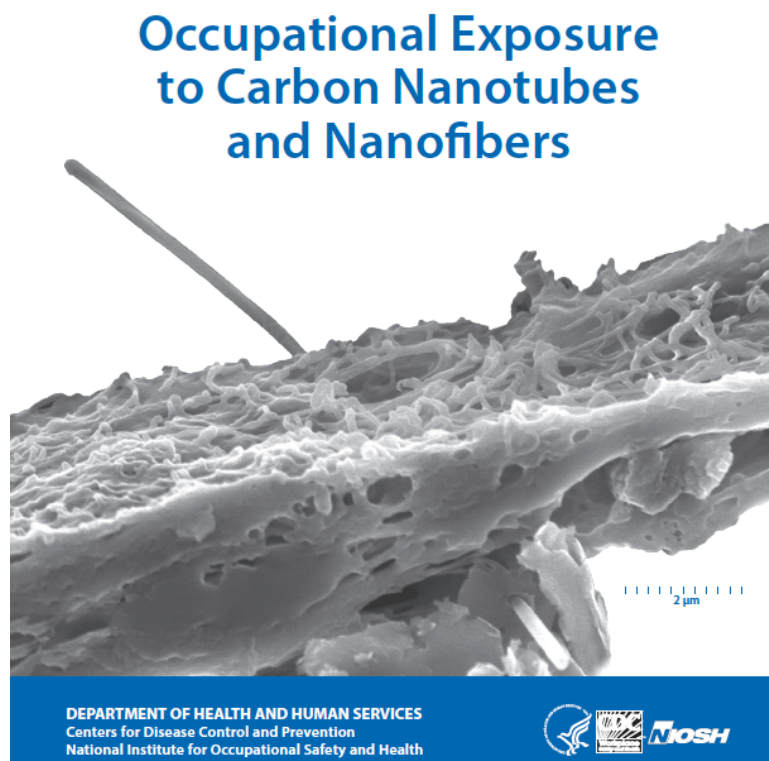


Figura 2 - A imagem de microscópio em alta resolução que ilustra o “Current intelligence Bulletin #65”.

---

<sup>34</sup> Tradução livre de “penetrating out of the lung surface into the pleural space”.

## CAPÍTULO 2 – DIREITO AMBIENTAL DO TRABALHO E O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO

### 2.1. O meio ambiente e seu conceito, incluindo o meio ambiente do trabalho

As normas de Direito Ambiental possuem base sólida e bem definida na Constituição Federal de 1988. É na Constituição da República que encontramos toda a estrutura e conceitos fundantes para o estudo do Direito Ambiental do Trabalho. Não obstante, a Lei de Política Nacional do Meio Ambiente (Lei n. 6.938/81), devidamente recepcionada (FIORILLO, 203, p. 60) pela Constituição posterior, de 1988, tem a definição legal quanto ao meio ambiente, como sendo o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas, conforme Raimundo Simão de Melo (2010. p. 29), citando o artigo 3º, I da Lei de Política Nacional do Meio Ambiente.

Decorre desta aberta e receptiva definição legal que, por sua natureza, a classificação em diferentes significados é útil para efeitos de identificar o bem juridicamente protegido e as atividades capazes de degradar este meio ambiente. A própria razão de existir um Direito Ambiental não é outra que a proteção a todas as formas de vida e ao próprio equilíbrio ambiental e, por esta razão nada modesta, a opção de definição aberta, de modo a permitir – e recomendar – a incidência da norma ambiental. Da mesma forma a Constituição manteve a linha ampla de conceitos quanto ao meio ambiente, apenas subdividindo-o como natural, artificial, cultural e do trabalho. Assim, quando norma jurídica fala especificamente sobre ambiente, sem especificar *qual* meio ambiente, não há razão hermenêutica para delimitar sua incidência apenas em uma de suas facetas, já que não há, em princípio, conceitos herméticos.

Nas palavras de Fiorillo:

Primeiramente, cumpre frisar que é unitário o conceito de meio ambiente, porquanto todo este é regido por inúmeros princípios, diretrizes e objetivos que compõem a Política Nacional do Meio Ambiente. Não se busca estabelecer divisões estanques, isolantes, até mesmo porque isso seria um empecilho à aplicação da efetiva tutela.

A divisão do meio ambiente em aspectos que o compõem *busca facilitar* a identificação da *atividade* degradante e do *bem imediatamente agredido*. Não se pode perder de vista que o direito ambiental tem como *objeto maior* tutelar a vida saudável, de modo que a classificação apenas identifica o aspecto do meio ambiente em que valores maiores foram aviltados.

A classificação é meramente didática e só faz sentido se facilitar a compreensão dos bens juridicamente tutelados, assim como suas primeiras vítimas, em caso de degradação. Assim, o meio ambiente é uno, sendo sua separação necessária apenas em razão da utilidade, quando se mostrar útil, para identificar o que se pretende proteger pela norma de modo a fazer incidir certas normas específicas para cada um dos bens protegidos.

Em finíssima sintonia com o Direito Internacional, a Constituição brasileira estipula a linha e a hierarquia de prioridades que o jurista deverá atender, de modo a preservar os direitos das atuais e futuras gerações.

Vem de tais premissas a determinação constitucional de que todos têm direito ao meio ambiente equilibrado, seja ele natural ou artificial, incluindo o do trabalho (artigo 225, *caput* combinado com artigo 200, VIII da Constituição Federal). A inovação alvissareira do texto constitucional é patente. Antes, toda a matéria relativa aos riscos a que o ser humano trabalhador está exposto no ambiente laboral, eram previstos estritamente na legislação infraconstitucional, mais precisamente a Consolidação das Leis do Trabalho (PADILHA, 2002, p. 232). A via reversa também é verdadeira, ou seja, o direito ambiental do trabalho está inserido sistematicamente em questão mais abrangente, qual seja, a do direito ambiental em sentido amplo, ponto de debate essencial no início do século XXI, quando pesquisas demonstram a ameaça à perenidade da espécie humana diante de graves desequilíbrios ambientais numa sociedade capitalista globalizada. A degradação do meio ambiente natural pode conduzir a humanidade à sua própria extinção, se não houver reação global em relação ao tema, assim como a proteção do meio ambiente laboral se revela essencial para a proteção à saúde e à vida do trabalhador, sobretudo diante de novos riscos criados pela tecnologia.

Decorre deste fenômeno que o direito ambiental, em qualquer de suas facetas, está umbilicalmente ligado aos interesses da coletividade pois sua degradação atinge a todos indistintamente, inclusive às futuras gerações. Portanto, quando se trata de matéria



ambiental, os conceitos devem ter amplitude, necessária para abarcar todas as suas facetas, o que se coaduna com o disposto em nosso sistema constitucional:

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.

O acima transcrito não está isolado no neste dispositivo constitucional, ao contrário, faz parte de um sistema, como já mencionado anteriormente. Em matéria labor-ambiental, é complementado e se relacionada com diversos outros, sobretudo, o *caput* do artigo 7º, o art. 200, VIII. Some-se aos dispositivos citados, as bases da República Federativa do Brasil, inseridos pelo constituinte já no preâmbulo da Constituição ao instituir um Estado Democrático, cuja finalidade é assegurar o exercício dos direitos sociais e individuais, a liberdade, a segurança, o bem-estar, dentre outros, como bens supremos de uma sociedade fraterna, inserindo em normas como o artigo 1º a dignidade da pessoa humana (III), os valores sociais do trabalho e da livre iniciativa (IV), além do artigo 7º, XXII a cobertura do risco e proteção contra o acidente do trabalho, concretizado também no artigo 196, declarando que a saúde é um direito de todos e dever do Estado, garantindo a todos a redução dos riscos de doença e outros agravos.

De forma harmônica, o constituinte originário inseriu o trabalhador e o ambiente em que desempenha suas atividades na proteção ambiental, cujo fim é reduzir os riscos produzidos pelo trabalho, de forma que as normas de proteção ambiental sejam efetivas e busquem evitar agravos a sua saúde, pela degradação ambiental.

## **2.2. Direito fundamental do trabalhador: o direito ao meio ambiente do trabalho hígido**

Ao analisarmos o ordenamento jurídico brasileiro, simples é a percepção da amplitude da proteção à saúde do trabalhador e de sua necessária evolução, consubstanciada sintaticamente na proibição do retrocesso (direitos sociais em geral e, em especial, o rol do art. 7º, *caput* e seus incisos CRFB/88), da mesma forma que abraça o conceito de meio ambiente do trabalho dentro do conceito de meio ambiente em geral

(art. 199, VIII da CRFB/88), também determinando a responsabilização objetiva do poluidor, nas hipóteses de violação ao direito do meio ambiente do trabalho, incluído o do trabalho (art. 225, §3º e art. 200, VIII, CRFB/88 c/c Lei 6.938/81, art. 14, §1º e art. 927, parágrafo único do CC).

Quanto aos riscos a que o trabalhador está exposto, a Carta Magna determina a redução dos riscos laborais (art. 7º, XXII CRFB/88) ao passo que ameniza eventuais riscos de danos, monetizando-os (art. 7º XXIII CRFB/88).

A tarefa que se impõe é a de sistematizar todo este aparato jurídico, já positivado ou não, de acordo com os princípios formadores do Direito do Trabalho. Como pano de fundo estará sempre o interesse econômico tentando se sobrepor aos demais interesses, inclusive os sociais e à própria dignidade do trabalhador. Não nos iludamos quanto a isto, uma das funções do Direito do Trabalho (socialmente) é justamente impor limites a esta tendência predatória do capitalismo desenfreado. Este trabalho se insere neste contexto, inexoravelmente.

### **2.3. Princípio da precaução: origens e evolução**

Antes de adentrar no princípio da precaução em si, deve-se, por rigor metodológico, salientar, uma vez mais, o que vem a ser o “meio ambiente”, considerando que o princípio da precaução tem como finalidade evitar os danos ao meio ambiente. Como já tratado em capítulo anterior, partimos da premissa de que a expressão “meio ambiente” engloba as diversas dimensões de seu denso significado e, no caso específico, o meio ambiente do trabalho.

Édis MILARÉ (2014, p. 135) pontua que “meio ambiente” é daquelas expressões muito mais fáceis de serem compreendidas intuitivamente do que definidas, pela complexidade e pela evolução de seus significados. Contudo, a bem da Ciência do Direito há de conferirmos delimitação mínima das acepções e, para efeito desta pesquisa, a expressão meio ambiente é utilizada o sentido mais amplo possível, quer em sua dimensão natural, quer em sua dimensão artificial, além de sua multiplicidade de interações combinadas, envolvendo o ser humano ou não. Afinal, é o ser humano quem cria e modifica o meio ambiente, é ator e influenciado por ele.

Nesta acepção, o patrimônio natural ou artificial (físico) e cultural estão inseridos numa visão holística do meio ambiente como forma multidisciplinar e ampla, tendente a compreender o todo em suas diversidades e acepções, como de fato o estudo do meio ambiente requer. Não cabe, a princípio, separar as normas gerais aplicáveis ao meio ambiente artificial das relativas ao meio ambiente natural pois, no caso dos danos ambientais, as consequências e as formas de prevenção seguem a mesma lógica de dificuldade de reparação e extensão. Dito de outro modo, a separação apenas didática entre as diversas dimensões do meio ambiente só faz sentido para facilitar a compreensão.

Como regra, o princípio da precaução – assim como os demais princípios deste Direito Ambiental do Trabalho – aplica-se a qualquer possível risco de dano ambiental (presente a incerteza científica) e, por isso, diante de severidade ao meio ambiente, ou de difícil reparação, convém que se aja de modo a impedir que os danos sejam perpetrados. Antes de tudo, o referido princípio surge para ter a finalidade específica de se evitar o risco, perigo ou o dano, eis que são em regra de difícil ou impossível reparação.

Decorre daí que o princípio da precaução está diretamente vinculado às próprias bases e razão de ser do Direito Ambiental, cuja função é a preservação do equilíbrio ecológico e, como consequência, a proteção da vida em todas as suas formas (PADILHA, 2010, p. 248). Para François EWALD *et al*, citado por Teresa Ancona LOPES, a questão se refere à mudança de paradigma em relação às obrigações sociais e filosofia política (2010, p. 1227):

[o] século XIX teve como paradigma a ‘responsabilidade’ (compensação das perdas). Na passagem para o século XX, esse paradigma da responsabilidade foi substituído pelo da solidariedade (Estado-Providência e garantia da indenização pela segurança, o que veio a desembocar na ‘socialização do risco’ como vimos). Supõe que agora pode ser que estejamos no momento de assistir ao nascimento de um novo paradigma, ou seja, da segurança que faz aparecer uma nova economia de direitos e deveres. Antes a noção de risco satisfazia; agora, há uma noção a ser reconhecida, a da incerteza.

Com efeito, não há forma mais eficaz de se evitar o dano ambiental do que impedir que ele ocorra, sendo certo que os danos ao meio ambiente são, por sua própria natureza, irreversíveis ou de difícil reversão. Nesse sentido, pelo princípio da precaução, há imposição de mudança de postura impostas ao potencial agressor e à autoridade

pública, deslocando o foco de ações para o cuidado prévio, assegurando que os riscos de danos estejam dentro de critérios de previsibilidade e ausência de incerteza científica quanto aos danos decorrentes do empreendimento humano em questão. Diversamente do princípio da precaução, em que se evita o perigo, na precaução há o “risco do risco” (KOURILSKY et al, 2000, p. 17):

La notion de risque potentiel est elle-Même d’un maniement délicat. Pour qui retient surtout l’idée de danger contenue dans le terme de risque, le risque potentiel deviente un «risque de risque».

A postura de precaução vai ainda mais longe, dispondo que, ainda que não haja certeza científica quanto ao dano ou ao risco, tal fato não pode ser utilizado como escusa para inação. Há, assim, o enfrentamento de ideias no plano teórico-científico quanto às possíveis consequências danosas ao meio ambiente, à vida humana (saúde, bem-estar, qualidade de vida), ameaça às futuras gerações, à determinadas espécies, biomas, flora e, portanto, exige-se a identificação e gerenciamento de dos riscos inerentes ao experimento, assim como a demonstração de reversibilidade de eventuais danos. O que se busca, pelo princípio da precaução, é a preservação do meio ambiente e dos direitos decorrentes do seu equilíbrio em contraste com a ampla liberdade de ação em outros ramos do Direito.

Em caso de incertezas científicas, opta-se não pela inação, mas pela cautela e aprofundamento nos estudos quanto aos riscos e seu gerenciamento na atividade que se pretende, de alguma maneira, manipular e transformar o meio ambiente (PADILHA, 2010, p. 248). O sentido contrário também é verdadeiro: a ausência de certeza científica quanto a possíveis danos não pode ser usada como escusa pela ausência de medidas de precaução. É a consagração do princípio fundador do Direito Ambiental *in dubio pro natura* (ambiente).

A ideia central é a de que não se pode reparar, na esmagadora maioria dos casos, *in natura* danos ambientais (retorno ao *status quo ante*), ou o custo e o tempo para se reparar tais danos, não justificam os riscos assumidos. Havendo riscos ambientais ou incerteza científica quanto aos potenciais riscos e sua irreparabilidade, deve ser invocado o princípio da precaução para que a atividade em questão, e os interessados em intervir no meio ambiente em questão, demonstre racional e cientificamente a segurança do agir. É, portanto, a base do desenvolvimento sustentável. Dito de outro modo, o princípio da precaução pressupõe a busca pelo desenvolvimento, mas não *qualquer* desenvolvimento,

mas aquele que assegura o compromisso com a perenidade dos recursos naturais e a reiteração do pacto com as futuras gerações, assim como seu próprio direito de existir.

Machado (2010, p. 351) lembra que, em que pese o princípio da precaução tenha sido aprofundado nas últimas três décadas, nem todas as normas de proteção ambiental, em sentido amplo, datam desta época pois vem de séculos a regulação da higiene urbana, controle de florestas e da caça. Também na mesma linha, Philippe Sands, (2010, p. 29) constata que

Enquanto o princípio da prevenção pode ser encontrado em tratados internacionais ambientais e em outros atos internacionais, pelo menos desde os anos 1930, o princípio da precaução começou a constar nos instrumentos legais internacionais em meados dos anos 1980.

O *Vorsonrgeprinzip* do direito alemão vem desde os anos 1970 (MACHADO, 2010, p. 352; MOLTKE, p. 57). Não por acaso, a base filosófica do princípio da precaução está ancorada, também, na teoria do filósofo alemão Hans Jonas (1903 – 1993) em sua clássica obra “O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica” (1979). Segundo este autor, dentre as maravilhas da Natureza – citando o canto coral da Antígona de Sófocles – a maior é o homem, capaz de, com sua inteligência, fazer o bem e o mal, violando o estado de coisas naturais para construir a civilização e, ao mesmo tempo, tendo a potência de destruir, pela engenhosidade, inclusive a própria natureza (mormente a partir da Revolução Científica do século XVII) (ABRAMOVAY, 2016, p. 169). Desde o grande avanço da técnica (*techne*), experimentado pelo correspondente avanço do poder destrutivo da intervenção humana no equilíbrio da natureza – antes a ética se fazia necessária apenas na interação do homem em relações entre homens –, o agir humano mudou de patamar, já que antes o domínio das criaturas do mar, da terra e o ar não tinham capacidade de repercussão significativa no todo (JONAS, 2015, p. 35).

Nesse contexto Jonas (2015) propõe uma ética tecnológica, dado que a capacidade de intervenção do homem na natureza se mostra superior à capacidade de certeza científica quanto às consequências de tal intervenção. Para que os riscos decorrentes da tecnologia não sejam paralisantes, há de se guiar pelo princípio responsabilidade, cumprindo o pacto que as atuais gerações têm com as futuras, no

sentido de viabilizar a existência desta, sob a ética do desenvolvimento sustentável. Não se trata, portanto, de questionar a legitimidade de se desenvolver, de buscar novas possibilidades pela engenhosidade humana, mas de questionar a legitimidade, diante da incerteza científica, de *qualquer* avanço científico e tecnológico. Para Teresa Ancona Lopez (2010, p. 1227) o fundamento ético do princípio da precaução “está na virtude da prudência, como a definiu Aristóteles: o comportamento diante do incerto.” Sendo “que Hans Jonas tem outro fundamento para esse princípio, qual seja, a ética do medo.” O que, como citado acima, Ricardo Abramovay chama de “heurística do medo”.

Sob o aspecto normativo, o princípio da precaução, como já mencionado, já podia ser encontrado nos anos 1970 no Direito alemão, “ao lado do princípio da cooperação e do princípio do poluidor-pagador” (MACHADO, 2016, p. 89). No Direito Internacional, contudo, é na ocasião da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, no Rio de Janeiro em 1992, com aprovação unânime, o Princípio 15:

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

A redação do princípio 15, da Rio 92, representa grande avanço em termos Direito Internacional do Meio Ambiente pois claramente obriga os Estados a observado, amplamente, o princípio da precaução, mesmo que não haja evidências científicas absolutas, quando o que estiver em jogo for a proteção do meio ambiente, sob ameaças de danos sérios e irreversíveis. Segundo análise de Kenisha Garnett e David J. Parsons (2017, p. 503), existem muitas formulações posteriores à “Rio Declaration”, citando 19 versões diferentes por Sandin (1999), sendo certo que no Princípio 15 da Rio 92 estão presentes três atributos: (1) futuro dano potencial, representado pela expressão “ameaça de danos sérios e irreversíveis”; (2) o requisito de se ter uma ameaça séria, não mera especulação, representado pela palavra “ameaça” no Princípio 15; (3) ação para prevenir o dano antes de haver certeza científica concreta. Hoje o princípio da precaução está inscrito em mais de 50 instrumentos multilaterais (FALKNER e JASPERS, 2012, p. 8), sendo bem consolidado no Direito Internacional do Meio Ambiente.

A Declaração de Wingspread é um exemplo clássico de, com a reunião de juristas, filósofos, cientistas e ativistas renomados, tentar definir do princípio da precaução. Segundo a Declaração, a potencial ameaça já é suficiente para medidas precaucionais, mesmo que a relação de causa e efeito entre o potencial ameaça à saúde humana ou ao meio ambiente. O que muda, em relação ao Princípio 15 é que lá o que se exige é a mera ameaça, sem menção a critérios qualitativos, sem necessidade de irreversibilidade ou severidade. Ademais, aprofunda o processo decisório, que deveria incluir as partes potencialmente afetadas. Outro ponto importante da Declaração de Wingspread é a expressa menção ao ônus da prova que deve pesar sobre o proponente da conduta com potencial de dano, não ao público.

Ainda sobre a análise do Princípio 15, Paulo Machado menciona que as expressões “precaução” e “ameaça de danos sérios e irreversíveis” devem ser conceituadas, assim como a identificação dos significados em diferentes línguas. Citando as definições e etimologias em cinco idiomas, toda ligada à raiz latina de *precautio-onis* como “cautela antecipada”, assegura o autor que não há divergências de conceituação em português, inglês, espanhol, francês e italiano (2016, p. 91). O princípio da precaução, assim, mostra-se como um meio de proteção contra danos em situações específicas, a saber, quando não se tem conhecimento científico acerca dos potenciais danos, assim como a própria relação de causalidade entre a conduta em questão e eventual dano. Nesse aspecto, é um princípio direcionado à tomada de decisão quanto à conveniência de se continuar, ou não, determinadas atividades.

Nicolas de Sadeleer (2004, p. 49) propõe a análise do princípio da precaução sob quatro perspectivas (I) exame do princípio quando enunciado em textos de direito não-cogente, *soft norm*; (II) quando firmado em convenções internacionais; (III) tendo sido citado em inúmeras convenções, por reafirmação da importância desse princípio em inúmeras convenções, se se trata de um valor comunitário (Comunidade Europeia – CE); se estamos diante de um princípio nos termos do Estatuto da Corte Internacional de Justiça, artigo 38, c:

A Corte, cuja função é decidir de acordo com o direito internacional as controvérsias que lhe forem submetidas, aplicará: (...)

c. os princípios gerais de direito, reconhecidos pelas nações civilizadas;

A consagração do princípio da precaução em direito Internacional do Meio Ambiente, como já mencionado, levou décadas desde seu surgimento no campo filosófico. A Carta Mundial da Natureza, firmada pela Assembleia Geral das Nações Unidas, em 1982, no princípio número 11, “b”, estabelece a necessidade de os Estados controlarem as atividades potencialmente danosas ao meio ambiente, a despeito de seus efeitos não serem completamente conhecidos:

(b) Activities which are likely to pose a significant risk to nature shall be preceded by an exhaustive examination; their proponents shall demonstrate that expected benefits outweigh potential damage to nature, and where potential adverse effects are not fully understood, the activities should not proceed;

Progressivamente, aparece como *soft law* em exaustivas citações na maior parte dos atos internacionais bilaterais e multilaterais, quando relacionadas ao meio ambiente<sup>35</sup> desde o final dos anos 1980: Convenção de Londres, de 30 de novembro de 1990 sobre poluição por hidrocarbonetos; Convenção de Paris, de 22 de setembro de 1992, sobre proteção ao ambiente marinho do Atlântico; Convenção de Helsinque, de 17 de março de 1992 sobre proteção e a utilização de cursos de água transfronteiriços e de lagos internacionais; Convenção de Helsinque, de 2 de abril de 1992, sobre proteção do meio marinho, na zona do Mar Báltico; Convenção de Charleville-Mezière, de 26 de abril de 1994, sobre a proteção do rio Escaut e do rio Meuse; Convenção de Sofia, de 29 de junho de 1994, sobre cooperação para proteção sustentável do rio Danúbio; Protocolo de Barcelona, de 10 de junho de 1995, na Convenção de Barcelona de 1976, sobre as zonas especialmente protegidas e a diversidade biológica, no Mediterrâneo; Convenção de Roterdã, de 22 de janeiro de 1998, sobre proteção do rio Reno.

Diante desse quadro, o que se nota é a evolução histórica do princípio da precaução, partindo de legislação interna (alemã) com vistas a se evitar danos ao meio ambiente, até o pacto plurinacional de direito internacional do meio ambiente para

---

<sup>35</sup> SADELEER, Nicolas de. O estatuto do princípio da precaução no direito internacional. *In* Princípio da Precaução, VARELLA, Marcelo Dias; PLATIAU, Ana Flávia B. (org.)



colaboração em termos de precaução, em sua acepção de tomada de decisões políticas, exigência de estudos prévios e, ao final, aplicação do princípio da precaução em decisões administrativas ou judiciais. A gênese do princípio se mostra fundamental para a compreensão de todas as suas dimensões, pois ela evoluiu em relação direta com a conscientização e do conhecimento científico dos impactos da atividade humana no meio ambiente, assim como suas consequências irreversíveis. Não obstante, a ideia de que o conhecimento científico quanto aos riscos, danos e sua (i)reversibilidade se mostra como patamar mínimo para se empreender determinada atividade, cujo potencial de dano ao meio ambiente é possível de se deduzir por critérios racionais. Em termos normativos históricos, parte, pois, da mera menção em preâmbulos de tratados para verdadeira norma jurídica de conteúdo profundo de cooperação entre os diversos atores: tomada de decisões políticas nacionais (direito interno) e internacionais (direito comunitário), comunidade científica, sociedade civil e particulares interessados em empreender.

Em resumo, parte-se da ideia de coordenação para a cooperação entre os atores, que passam a ter o dever de se antecipar aos riscos, incertos e de difícil ou impossível reparação.

Em direito internacional do meio ambiente o sistema normativo possui mecanismos próprios, sem a tradicional hierarquização de normas emanadas pelo Estado (poder centralizado) como fonte primária, sendo um sistema horizontal, já que os Estados, por definição, são iguais formalmente entre si. Portanto, há eleição entre os Estados, consentimento baseado em interesses de seus aderentes, para criação de órgãos capazes de dirimir questões específicas e especializadas, como por exemplo, a Corte Interamericana de Direitos Humanos. Esta foi a saída encontrada pelo Direito Internacional para tornar o conteúdo do princípio da precaução (e outras normas) em norma válida e eficaz, seja como direito consuetudinário, seja pelo processo próprio de internalização própria de cada Estado-membro.

No Brasil, há prevalência da doutrina e jurisprudência no sentido de o princípio da precaução, tendo inclusive posicionamento Supremo Tribunal Federal no RE 627.189/SP, de relatoria do Ministro Dias Toffoli, na ADI 3510, de relatoria do Ministro Ricardo Lewandowski, conferindo cogência ao princípio como norma jurídica válida no plano interno. A doutrina brasileira (MILARÉ, 2014, p. 267), sobre o princípio da precaução, identifica no artigo 225 da Constituição Federal de 1988 a garantia de sua total

compatibilidade com o direito interno, no nível normativo mais elevado em nosso sistema:

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.

Sobretudo o inciso IV, que determina a necessidade de estudo prévio de impacto ambiental, com a devida publicidade, quando se pretende a instalação de obra ou atividade com potencial de causar degradação do meio ambiente. Há, portanto, singular harmonia entre as normas de direito internacional do meio ambiente com o ordenamento jurídico brasileiro, desde a Constituição Federal, até a legislação infraconstitucional que reforça em diversos diplomas as normas externas, além de abundante jurisprudência sobre o mesmo tema. O Decreto Legislativo 1, de 03 de fevereiro de 1994, incorporou, dando ainda maior concretude ao disposto na Constituição Federal, o princípio da precaução ao ordenamento jurídico brasileiro, ao ratificar a Convenção-Quadro sobre a Mudança do Clima (Nações Unidas, Nova Iorque, 09 de maio de 1992), cujo artigo 3º dispõe expressamente:

as partes devem adotar medidas de precaução para prevenir, evitar ou minimizar as causas da mudança do clima e mitigar seus efeitos negativos. Quando surgirem ameaças de danos sérios ou irreversíveis, a falta de plena certeza científica não deve ser usada como razão para postergar essas medidas (...)

No mesmo sentido, a Lei dos Crimes Ambientais (Lei 9.605/1998) impõe, artigo 54, §3º, pena mais severa àquele que se omite na adoção de medidas de precaução determinadas pela autoridade competente, em caso de risco ambiental grave ou irreversível. Protege-se o meio ambiente do risco de dano grave ou irreversível, independentemente do resultado da conduta, em absoluta harmonia com as normas constitucionais e internacionais acima elencadas. A Lei da Biossegurança (Lei 11.105/2005) não foi menos incisiva em abranger o princípio da precaução. Como suas diretrizes, expõe que o avanço científico na área de biossegurança e biotecnologia não é um valor absoluto, ao contrário, devem observar a proteção à vida (animal, vegetal e humana) pela observância do princípio da precaução para proteção do meio ambiente,

artigo 1º, *caput*. Portanto, o que se busca é o desenvolvimento sustentável e não apenas o desenvolvimento tecnológico ou econômico como um valor em si.

O que se conclui é que o princípio da precaução ganha especial aplicabilidade quando não se tem certeza científica quanto ao potencial dano, sendo esta a sua utilidade e razão de existir. Não obstante seja o desenvolvimento tecnológico e econômico seja um valor positivo e caro à humanidade, ele não deve ser levado a cabo sem que se tenha o mapeamento dos riscos a que o meio ambiente está exposto, cabendo a quem pretende desenvolver a atividade demonstrar, cientificamente, a segurança e as medidas capazes de mitigar os riscos inerentes a tal atividade.

Como será colocado mais adiante, questões inevitavelmente emergem em relação aos riscos, os danos e o conhecimento científico: todos os riscos devem ser evitados? Quais níveis de riscos são toleráveis? *Quem* deve ter conhecimento científico quanto aos danos potenciais? A partir de que momento os riscos devem gerar a incidência do princípio da precaução? Há, juridicamente, especificidades relativas aos riscos no meio ambiente de trabalho?

Não raro, são os próprios interessados em explorar a atividade sob análise quem são os maiores conhecedores dos riscos, assim como da forma de gerenciá-los, limitá-los, ou não. Neste ponto, a democratização do conhecimento e a participação efetiva dos atores tais como autoridades competentes, sociedade civil, comunidade científica e particulares devem compartilhar informações a fim de viabilizar uma verdadeira governança na gestão de riscos, viabilizando o desenvolvimento sem a inviabilizar das atuais e futuras gerações.

### **2.3.1. Precaução e prevenção: semelhanças e diferenças**

Houve bastante debate na doutrina quanto à existência de alguma diferença entre o princípio da precaução e o da prevenção. Ainda hoje há corrente minoritária que entende ambos como sinônimos, o que não nos parece válido. Há, também, respeitáveis entendimentos no sentido de a norma constitucional brasileira do artigo 225 se tratar, de fato, do princípio da prevenção.

O que se pode antever é que tanto a prevenção quanto a precaução lançam esforços para o momento anterior ao dano. Ambos, portanto, possuem grandes semelhanças em termos de objetivos e razões de existir.

Édis Milaré (2014, p. 264) afirma que há semelhanças entre as expressões em termos de etimologia. A prevenção do latim (*prae* = antes e *venire* = vir, chegar) em sua literalidade significa ato ou efeito de antecipar-se, uma verdadeira antecipação no tempo, genericamente, diante de algo conhecido. O substantivo do verbo precaver, a precaução, também deita raízes no latim (*prae* = antes e *cavere* = tomar cuidado), segundo o autor “sugere cuidados antecipados com o desconhecido, cautela para que uma atitude ou ação não venha a concretizar-se ou resultar em efeitos indesejáveis”. Como afirma Raimundo Simão de Melo (2010, p. 53), precaução, em Direito Ambiental se relaciona (assim como a prevenção) com a ideia de risco, prejuízo, irreversibilidade e, ao contrário da prevenção, incerteza científica.

Destas distinções elementares, pode-se extrair que a prevenção é mais abrangente do que a precaução pois engloba os riscos conhecidos pela ciência e os desconhecidos por ela. A precaução, mais específica, tende a evitar os riscos, apesar das incertezas científicas quanto a relação de causa e efeito decorrentes da conduta em questão. Havendo apenas potencial de risco sério, irreversível ou de difícil reversão, aplica-se a precaução.

Em Direito Ambiental do Trabalho, o plexo normativo que prevê as hipóteses de incidência de tais princípios está previsto na Constituição Federal de 1988, CLT e normas infraconstitucionais. Se em danos ambientais em geral o que se protege é o equilíbrio ambiental, a proteção aos ecossistemas, fauna, flora e a vida em todas as suas formas, no Direito Ambiental do Trabalho é a saúde e a vida do trabalhador os objetos de proteção jurídica, sendo no plano constitucional, as normas expressas nos artigos 7º, XXII, 225, §1º, IV, V as de maior destaque. Já na esfera infraconstitucional, o artigo 157 da CLT determina que cabe às empresas o dever jurídico de cumprir e fazer os empregados cumprirem as normas de segurança e medicina do trabalho (I), instruí-los quanto às precauções no sentido de evitar acidentes e doenças relacionadas ao trabalho (II), assim como facilitar a fiscalização de autoridades competentes em relação ao cumprimento de tais deveres.

Na mesma linha, possui evidente cunho preventivo as normas voltadas ao Seguro de Acidente de Trabalho (SAT), artigo 22, II da Lei 8.212 de 1991 que prevê a

progressividade da alíquota da contribuição, conforme o grau de risco da atividade econômica. A mesma linha segue a Lei 10.666 de 2003, em seu artigo 10, que prevê o aumento proporcional da contribuição, diretamente relacionada aos riscos ambientais. Não por outra razão, o Código de Defesa do Consumidor, artigo 6º, I, estipula como direito básico do consumidor a proteção da vida, saúde e segurança “contra os riscos provocados por práticas no fornecimento de produtos e serviços considerados perigosos ou nocivos”

Portanto, o que se tem na legislação consumerista é a figura da proteção contra os riscos conhecidos, a que o fornecedor de produtos e serviços está obrigado a tomar medidas preventivas (perigo). Em matéria ambiental a proteção é ainda mais profunda, abarcando os riscos conhecidos (perigo) e os desconhecidos, ainda que não haja conhecimento científico atual sobre tais riscos, por força do princípio da precaução. É a proteção típica da sociedade do século XXI, em que os paradigmas anteriores não se mostram suficientes, mas são cumulativamente abarcados pelas normas jurídicas e políticas públicas. Neste sentido é fundamental que o Direito ofereça respostas proporcionais aos riscos e perigos típicos do seu tempo como, por exemplo, a doença da “vaca louca”, alimentos transgênicos, manipulação de material genético, carros autoguiados, inteligência artificial e, dentre outros incontáveis, as nanotecnologias, como fruto de uma sociedade industrial tecnológica e de risco global, na concepção de Beck e Jonas.

### **2.3.2. Risco**

Viver no fim do primeiro quarto do século XXI, momento em que as informações estão disponíveis ao alcance de boa parte da população, pela internet ou pelos meios formais de mídia, implica em conviver com a ideia de medo. Medos novos, inexistentes há algumas poucas décadas como, por exemplo, ter a privacidade invadida, ou senhas, dados pessoais vazados com ou sem más intenções.

Este cenário nos traz o questionamento fundamental quanto à formação de quais riscos corremos no dia a dia e, ainda, quanto ao processo de escolha social dos riscos propagados de forma a formar a opinião pública sobre *quais* riscos devemos evitar, ou não. Quais riscos que achamos que corremos são reais e quais não passam de mais uma lenda urbana?

A ideia central do conceito de risco reside na dualidade incerteza e probabilidade quanto aos possíveis danos futuros, considerando o conhecimento científico atual. Ou seja, o risco está ligado de forma fundamental com o tempo e o conhecimento científico. Isso não significa que somente a partir da revolução e criação do método científico a humanidade passou a experimentar riscos, mas são a tecnologia e a globalização os principais ingredientes para o aumento dos riscos, inerentes ao desenvolvimento da técnica e exploração da natureza. Na Idade Média, por exemplo, havia medos relacionados à peste negra, às invasões bárbaras; o que se discute atualmente, portanto, são os riscos novos, inerentes ao atual estágio de desenvolvimento social e tecnológico da humanidade.

“O mundo vive com medo” (LOPEZ, 2010, p. 22), essa afirmação, além de importante enquanto constatação nos conduz ao questionamento das razões de convivermos com certos medos e não em relação a outros riscos e perigos, talvez até mais iminentes ou com potenciais danosos ainda maiores. Tudo passa pela ideia central de construção social dos riscos que *escolhemos* aceitar, em detrimento de outros que rejeitamos. Cass Sustein Henri Lepage faz importantes questionamentos como ponto de partida o medo e riscos envolvidos na chamada crise das vacas loucas:

*La crise de la vache folle a posé deux problèmes qu'il convient de bien distinguer. Le premier est celui, technique et politique, d'un risque possible d'épidémie future et de ce qu'il convient de faire. Fallait-il interdire les farines animales ? Faut-il abattre toutes les bêtes des troupeaux où l'on a identifié la présence d'un animal malade ? Après tout, si l'on considère qu'il y a un réel danger, peut-être est-il "prudent" de prendre ce genre de décision. La prévention des épidémies relevant de la compétence traditionnelle des Etats, on ne peut leur reprocher de se mêler de prendre de telles décisions. On peut en discuter le contenu. Proposer une autre politique. Mais on ne peut leur reprocher de rester dans leur rôle.*

A contaminação de um animal com a doença da vaca louca poderia colocar o rebanho todo em perigo? Quais seriam os impactos à saúde humana? Qual seria a atitude política correta a adotar, dizimar o rebanho de determinado país? A doença e os perigos consequentes obedecem aos limites das fronteiras do Estado?

Diante de tais riscos, a situação de medo expressa *peur toujours, peur partout* (LOPEZ, 2010, p. 22), assim como diante dos acidentes nucleares de Chernobyl e Fukushima, a concretização do risco não poderia ser mais assustadora. Contudo, é importante constatar que o medo, decorrente do perigo ou do risco de dano, decorre de um conceito de risco, como já mencionado acima. A própria palavra risco está

intimamente ligada tanto a inovação tecnológica, quanto ao desbravamento dos mares pelas grandes navegações e o surgimento do mercado de seguros.

Considerando a importância de diferenciar o conceito de risco, porque é juridicamente relevante para a válida incidência da norma aplicável. A probabilidade e previsibilidade do dano são as variáveis que determinam se estamos diante de um perigo, álea ou risco. Imprevisível e fortuito, a álea, no sistema normativo brasileiro é, inclusive excludente da responsabilidade civil, por força do artigo 393 do Código Civil de 2002. Não há outra solução possível diante da álea, a não ser que as partes não tenham estipulado livremente a responsabilização de uma delas em tais casos. A norma decorre de um princípio de razão: se o caso é fortuito ou de força maior, a parte não podia prevê-lo ou agir de modo a evitar o dano.

De modo diverso, os casos de perigo, a ameaça de dano é conhecida, real e tem consequências, extensões concretamente estabelecidas. Daí porque, em caso de perigo, aplica-se o princípio da prevenção, de modo a evitar o dano com medidas já estabelecidas, cujos resultados práticos, capazes de evitar o dano, são de eficácia comprovada e segura.

Já o risco se refere ao perigo eventual e incerto, abstrato pode ser apenas hipotético (risco do risco). A questão, portanto, passa pela análise de risco e, por consequência, por uma aferição dos riscos envolvidos de modo a justificar a escolha de certos riscos em detrimento de outros, assim como os benefícios esperados. Portanto, em se tratando da aplicabilidade do princípio da precaução, o modo como se avalia os riscos (*risk assessment*) se mostra como parte da própria essência do princípio, já que interfere diretamente no objetivo último do princípio, que é evitar o dano.

Especificamente em relação às nanotecnologias, o *risk assessment* se mostra ainda mais complexo, já que idealmente a avaliação dos riscos deveria ser feita caso a caso, para cada substância, o que poderia gerar maior segurança no uso de tais materiais em nanoescala. O que torna esta avaliação mais difícil, se não impossível na prática, é a quantidade de interações químicas que cada nanomaterial pode ter e sua multiplicidade de outras interações. De acordo com o *Report of the World Health Organization*<sup>36</sup> (*expert meeting* 10-11, Dez. 2012, Bonn, Alemanha), apenas os os tubos de carbono de parede

---

<sup>36</sup> Nanotechnology and human health: Scientific evidence and risk governance, WHO Region Office for Europe, 2013.

simples (SWCNT, em inglês) tem potencial de cinquenta mil combinações, dependendo de suas próprias características:

*On the other hand, the number of potential combinations of various material properties makes case-by-case risk assessment of nanomaterials so demanding as to be impracticable, unless the key specific properties driving the critical outcome of interest are well known. It has for instance been suggested that there are up to 50,000 potential combinations of single-walled carbon nanotubes (SWCNTs), depending on structural types, length, manufacturing and purification processes, and surface coatings. Each one of these SWCNTs has different chemical, physical and biological properties that may determine their overall hazard. Not all of these SWCNT varieties are expected to be of commercial relevance, but there are numerous other kinds of nanoparticles, such as fullerenes, quantum dots, metals and metal oxide nanoparticles, resulting in effectively countless types of nanomaterials, which may pose different types of risk.*

Ou seja, para apenas um tipo de nanotubo de carbono há milhares de variáveis significativas em termos de riscos. Cada uma das variações dos SWCNT possui diferentes características físico-químicas e biológicas diversas, o que pode determinar seus riscos inerentes, assim como suas aplicações comerciais.

Deste modo, estamos diante de risco evidente com o conhecimento científico atual. De modo que a utilização das nanotecnologias deve envolver um processo decisório democrático e, tendo em vista que os riscos em questão suportados pela sociedade global, o foro adequado não diz respeito apenas a certo país, mas à comunidade global toda. Nesse sentido, OCDE, União Europeia, Organização das Nações Unidas e demais órgãos supranacionais desempenham função essencial para garantir a interação entre comunidade científica, tomadores de decisões políticas e atores da sociedade civil.

### **2.3.3. Incerteza científica**

Após o Iluminismo, o conhecimento científico passou a ser quase um sinônimo de *verdade* e, talvez, o único meio de se estabelecer consenso. Contudo, durante o século XX o conhecimento científico passa a ser questionado como provedor de verdade absoluta, sendo elementar que a própria ciência não pode ser considerado um tipo de conhecimento absolutamente imune a críticas ou vieses. Neste contexto, desastres



ambientais e mesmo humanitários possuem relação direta com a ciência, assim como a tecnologia. Nesse sentido “tocada pela dúvida, a ciência é desde então obrigada a aplicar a si própria as faculdades da crítica que até agora foram eficazmente voltadas para a natureza” (OST, 199, p. 326).

A tomada de decisão, política, com a abordagem da precaução utiliza como subsídios o conhecimento científico pois é próprio do princípio em questão que, em que pese a ausência de conhecimento científico, determina-se que medidas de precaução devam ser tomadas pelos tomadores de decisão. Assim, o questionamento que recai sobre o ponto a partir do qual há (ou não) certeza científica quanto aos potenciais danos, assim como suas repercussões jurídicas. A ciência, por definição, não tem verdades absolutas e segue caminho próprio de aprofundamento do conhecimento que nega o outrora aceito cientificamente. Portanto, a base de sustentação do conhecimento científico na aplicabilidade do princípio da precaução é temporal, de acordo com o conhecimento que a humanidade detém em dado momento, para certa atividade que comprovadamente implica em riscos de danos graves e irreversíveis.

O que corrobora para a proteção e conseqüente antecipação de danos ambientais é fato de que o princípio da precaução utiliza não o conceito de certeza científica, mas de incerteza, que faz nascer a sua incidência no campo decisório e jurídico no sentido de o interessado, assim como autoridades competentes, tomar medidas eficazes para evitar danos, *apesar* da incerteza científica. Deste modo, recai sobre aquele que pretende explorar certa atividade de risco a comprovação de que a incerteza científica não obsta as medidas de precaução, de modo que tais medidas sejam eficazes para evitar os danos irreversíveis e/ou graves ao meio ambiente. Como assevera Jean-Pierre Dupuy, “Ce n’est pas l’incertitude, scientifique ou non, qui est l’obstacle, c’est l’impossibilité de croire que le pire va arriver” (DUPUY, 2004, p. 142) o foco do debate se deve voltar às possibilidades de danos, sendo necessária a utilização de medidas eficazes para avaliação dos riscos e seu gerenciamento. É a proposta de “catastrofismo esclarecido”, uma leitura de Jonas, proposta por Jean-Pierre Dupuy (ABRAMOVAY, 2016, p. 172), como uma espécie de desconfiança prudente da capacidade de previsão dos futuros desdobramentos decorrentes da interferência da sociedade tecnológica de risco, como meio eficaz de se evitar o dano, pelo princípio responsabilidade, fundamento ético da precaução.

Daí resulta não um convite à paralisia das inovações, e sim um apelo a que essas sejam permanentemente norteadas por

uma orientação ética sintetizada na revisão do que faz Jonas do princípio kantiano. (...)

A heurística do medo preconiza o reconhecimento permanente da ignorância como o outro lado do saber, e nesse sentido é um antídoto contra a ambição de uma organização social cujos princípios de justiça afastassem a necessidade de uma ética da ciência e da tecnologia.

Portanto, o que se propõe é o oposto da concepção de ciência asséptica e impenetrável aos interesses pessoais, já que a velha separação entre cientista e objeto de pesquisa, entre os interesses políticos e financiadores da pesquisa e os resultados encontrados, passa a ser de forma alvissareira, questionados. Nas palavras de Robert Flakner e Nico Jaspers (2018, p. 6):

Risk assessment, and to a lesser extent risk management, are often portrayed as being determined solely by scientific criteria and findings. In reality, however, both processes, which are about determining whether certain risks exist and deciding on how to deal with them, cannot be separated from political decision-making. Even though scientists play a central role in creating knowledge about potential harm to humans and the environment, their scientific judgments alone cannot suffice as the basis for risk assessment and management.

Portanto, o conhecimento científico não pode ser a única base para a tomada de decisão, mas isso não o torna menos importante, já que a decisão política de se explorar ou não certa atividade depende de evidências científicas quanto aos limites de risco que a sociedade está disposta a correr em troca dos potenciais benefícios.

Não menos importante, a ideia de se questionar o próprio limite do conhecimento científico é um dos fundamentos do princípio da precaução pois, ao se atribuir o ônus de prova quanto à ausência de potencial de risco grave, assim como quanto à eficácia dos meios de precaução, o que se tem como resultado é o aprofundamento das pesquisas de modo a avançar o conhecimento da técnica sem assumir riscos desconhecidos totalmente. O resultado da aplicação do princípio da precaução não é a inação ou a ausência de desenvolvimento tecnológico e científico, ao contrário, é a garantia de que este processo ocorrerá de modo a assegurar tanto quanto possível (não existe risco zero) os bens mais caros à humanidade.

A falta de certeza científica é a incerteza, que faz nascer a necessidade de se aplicar métodos capazes de evitar o dano. Neste cenário, a incerteza não significa ausência de conhecimento, mas conhecimento insuficiente.

Incerteza também pode se referir aos efeitos nefastos de determinada substância ou atividade no meio ambiente, assim como quanto à probabilidade de produção de novas substâncias ou atividade, e suas interações, quando expostas ao meio ambiente, este é o caráter dúplice da incerteza (WEDY, 2018).

Por outro lado, como a incerteza científica é inerente às atividades humanas e ambientais, ela não pode funcionar como mecanismo de barreira ambiental por Estados ou setores da sociedade civil (embora haja esse potencial, a princípio) para fins comerciais ou meramente políticos de competitividade. Contra este mecanismo, de um lado cientistas determinados a frear qualquer nível de risco ao meio ambiente e, de outro, cientistas intimamente ligados a atores interessados em explorar determinada atividade que tem potencial de risco irreversível ou grave, é que se criou a forma de aplicação do princípio da precaução proporcional e democrática, sendo necessária a participação dos diversos atores envolvidos na questão, em cooperação e amplo debate. Nesse sentido, o modelo adotado pela Convenção-Quadro das Nações Unidas Sobre Mudança do Clima (inserido no ordenamento jurídico brasileiro pelo Decreto 2.652/1998), em seu artigo 9º, nos parece o mais adequado:

#### Artigo 9

##### Órgão Subsidiário de Assessoramento Científico e Tecnológico

1. Fica estabelecido um órgão subsidiário de assessoramento científico e tecnológico para prestar, em tempo oportuno, à Conferência das Partes e, conforme o caso, a seus órgãos subsidiários, informações e assessoramento sobre assuntos científicos e tecnológicos relativos a esta Convenção. Esse órgão deve estar aberto à participação de todas as Partes e deve ser multidisciplinar. Deve ser composto por representantes governamentais com competência nos campos de especialização pertinentes. Deve apresentar relatórios regularmente à Conferência das Partes sobre todos os aspectos de seu trabalho.

2. Sob a orientação da Conferência das Partes e recorrendo a organismos internacionais competentes existentes, este órgão deve:

- a) Apresentar avaliações do estado do conhecimento científico relativo à mudança do clima e a seus efeitos;
  - b) Preparar avaliações científicas dos efeitos de medidas adotadas na implementação desta Convenção;
  - c) identificar tecnologias e conhecimentos técnicos inovadores, eficientes e mais avançados bem como prestar assessoramento sobre as formas e meios de promover o desenvolvimento e/ou a transferência dessas tecnologias;
  - d) Prestar assessoramento sobre programas científicos e cooperação internacional em pesquisa e desenvolvimento, relativos à mudança do clima, bem como sobre formas e meios de apoiar a capacitação endógena em países em desenvolvimento; e
  - e) Responder a questões científicas, tecnológicas e metodológicas que lhe formulem a Conferência das Partes e seus órgãos subsidiários.
3. As funções e o mandato deste órgão podem ser posteriormente melhor definidos pela Conferência das Partes.

A criação de um órgão científico e tecnológico, cuja composição é aberta a todas as partes, de modo a viabilizar o debate científico quanto aos riscos e sua abordagem (*risk assessment*) possibilita a cooperação e, ao mesmo tempo, o estudo multidisciplinar do tema em análise. Cada parte poderá ser afetada de modo próprio, de acordo com sua realidade, assim como casos existem em que a utilização de certa tecnologia por apenas uma delas poderá impor riscos às demais. Nestes casos, questões fundamentais como o estado atual do conhecimento científico, deverão passar pelo crivo da comissão, assim como a cooperação entre as partes tende a submeter os interesses eventualmente individuais aos demais e, assim, possibilitar a crítica fundada. Outro aspecto que merece incentivo é o desenvolvimento e cooperação para técnicas eficazes de identificação e administração de riscos.

Especialmente no que se refere aos nanomateriais, ao mesmo tempo em que eles podem representar um grande avanço da proteção ao meio ambiente, sem dúvidas representa riscos potenciais em longo e mesmo curto prazo. O que torna o uso de tais tecnologias ainda mais complexos do ponto de vista da incerteza científica é que há falta de dados desde a análise, assim como a ambiguidade dos dados, o que impossibilita a

análise de riscos tradicionais, de modo qualitativo (WHO, 2012, p. 6), baseadas nas variáveis de perigo, severidade do dano, tempo de exposição e probabilidade de dano.

Tais mecanismos não são, necessariamente qualitativos, justamente pela falta de conhecimento científico. Ademais, pela própria natureza de materiais nanotecnológicos, não há uniformidade, mesmo na mesma amostra, com a mesma substância, o que implica em maior complexidade no *risk assessment*. Do mesmo modo, as tecnologias mais recentes têm, por si mesmas, riscos desconhecidos justamente pela ausência de pesquisas suficientes de longo prazo. Segundo Falkner e Jaspers (2012, p. 7), as autoridades reguladoras e os “policy-makers” tem respondido à incerteza científica em diferentes formas, sendo, o primeiro extremo de uma abordagem a do “wait-and-see” e postergação da regulação da matéria, até que se tenha maiores conhecimentos científicos sobre. A ideia é que se incentive a pesquisa para que, a partir do conhecimento gerado, tenha-se mais condições de tomada de decisão com base em dados científicos. De outro lado do espectro, os autores afirmam que as autoridades tendem a regular as tecnologias e produtos derivados dela, apesar das incertezas, sobretudo quando os riscos em questão se mostram graves e/ou irreversíveis (FALKNER e JASPER, 2012, p. 7):

Today, the precautionary principle is reflected in well over 500 multilateral instruments. The 1992 Rio Declaration confirmed its growing importance in Article 15, and its definition of precaution (“Where there are threats of serious or irreversible damage, lack of full scientific certainty shall not be used as a reason for postponing cost-effective measures to prevent environmental degradation”) has since become a widely cited reference point in international interpretations.

De acordo com a EU-OSHA (*European Agency for Safety and Health at Work*) em documento denominado “*Workplace exposure to nanoparticles*” falando especificamente de uma falta de certeza científica quanto aos riscos oriundos dos riscos de ocorrência de tumores de pulmão, dado que há divergências entre estudiosos do tema, além de possíveis resultados falsos negativos, já que hamsters e camundongos não são tão sensíveis aos materiais em escala diminuta, quanto ratos. Uma das correntes científicas, segundo o documento, assevera que os tumores nos pulmões ocorreriam apenas em caso de sobrecarga dos órgãos respiratórios, ocasionando lesões anteriores (*prelesions*) como inflamações e fibroses. Portanto, os tumores podem ser evitados, se

evitadas as inflamações e fibroses que lhe são anteriores. Outros autores defendem que esta linha não é suficiente, argumentando que a interação dos antígenos com o DNA é uma possibilidade, o que implica em aumento do risco de que as substâncias sejam carcinogênicas por si mesmas. Atualmente, a disputa científica não pode ser definida sem incertezas de ordem científica quanto ao processo de desenvolvimento dos tumores pulmonares. Portanto, a incidência do princípio da precaução na avaliação e gerenciamento do risco é altamente recomendada, já que há a presença de incertezas científicas e risco de dano irreparável (surgimento de tumores), sem garantia de que as medidas adotadas são aptas a afastar o risco (EU-OSHA, 2009, p. 42).

De qualquer modo, é certo que apenas o critério de incerteza científica, não pode ser o único fator para tomada de decisões regulatórias, como já apresentado acima, mas outras variáveis como interesses políticos, sociais, específicos de certo país ou região ou mesmo no sentido de se criar uma governança em determinado setor e tecnologia, mas a incerteza científica se mostra um dos fatores mais importantes para aferição dos riscos envolvidos e, assim, para incidência do princípio da precaução no caso concreto.

## **CAPÍTULO 3 – UM CAMINHO: APLICABILIDADE DO PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO NO ÂMBITO DOS RISCOS NANOTECNOLÓGICOS NO MEIO AMBIENTE DO TRABALHO**

### **3.1. O papel das convenções e dos acordos coletivos de trabalho**

O presente trabalho surge a partir da constatação de que atualmente existe, no meio ambiente laboral, com a ampla disseminação do uso das nanotecnologias, potencial risco não regulamentado por norma estatal.

Diante deste vácuo legislativo, o Direito do Trabalho dispõe de instrumentos com grande potencial de suprir a omissão. Ao longo do trabalho tratamos especificamente do princípio da precaução como um dos instrumentos aptos a contribuir para solução da questão central: gerenciamento dos riscos nanotecnológicos no meio ambiente do trabalho.

Sem prejuízo de outras ferramentas, inclusive do próprio princípio aqui tratado, enxergamos as normas coletivas como importante potencial de preenchimento da lacuna normativa. É certo que existe Projeto de Lei em trâmite no Senado Federal<sup>37</sup> para regulamentar a matéria mas, no momento, o fato é que não existe legislação específica sobre o tema. Ademais, ainda que houvesse lei em sentido estrito sobre o assunto, as normas coletivas possuem, em nosso entendimento, aptidão natural para aperfeiçoamento das normas de proteção jurídica à saúde do trabalhador, dado seu caráter específico, aplicável às categorias profissional e econômica, via negociação.

Quando afirmamos que as normas coletivas são aptas, não estamos querendo dizer que acordos e convenções coletivas de trabalho seriam a única e definitiva medida para o adequado gerenciamento de riscos nanotecnológicos. Estamos dizendo, com outras palavras, que convenções e acordos coletivos de trabalho são instrumentos potencialmente úteis para a criação de normas jurídicas, em sentido formal e material, capazes – por seu caráter de negociado – de adequar a realidade experimentada por certa

---

<sup>37</sup> Projeto de Lei n. 880/2019 de iniciativa do Senador Jorginho Mello (PL/SC). Encontra-se com a relatoria desde 12/04/2022. Fonte: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/135353> . Acesso em 19/12/2022.

categoria (profissional e econômica) aos riscos específicos a que esta população é exposta.

Não advogamos, por certo, que os acordos e convenções coletivas de trabalho passem a definir, por exemplo, limites de tolerância para certas substâncias em escala nano. Esta tarefa, se se mostrar viável tecnicamente<sup>38,39</sup>, certamente não é de competência dos particulares que compõem as cláusulas dos instrumentos coletivos negociados.

A importância que os instrumentos coletivos possuem no Direito do Trabalho, reconhecida historicamente e pelo ordenamento jurídico (CF, art. 7º, XVI; CLT, art. 611) confere a possibilidade supressão da inércia legislativa. Nesse sentido, apesar ainda não serem comuns, conseguimos encontrar algumas convenções coletivas que tratam do tema desde o ano de 2012, do setor químico de São Paulo.

PASQUALETO e CASTRO (2016, p.13) cita a instauração de Dissídio Coletivo pelo Sindicato dos trabalhadores nas indústrias da fabricação do álcool, etanol, bioetanol, biocombustível, químicas e farmacêuticas de Ribeirão Preto e Região no âmbito do Tribunal Regional do Trabalho da 15ª Região<sup>40</sup>. Segundo as autoras, o dissídio foi instaurado “buscando o atendimento das cláusulas constantes da pauta de reivindicações,

---

<sup>38</sup> Deixamos consignado que existe debate importante acerca da adequação dos limites de tolerância como critérios objetivos de (in)adequação do ambiente laboral. Vide trecho sobre o tema: “Há propostas inclusive no sentido de se abolir puramente o limite de tolerância, a fim de se evitar qualquer mau entendimento a seu respeito: em seu lugar seria construído um conceito de limite negociado ou limite possível. Esse limite negociado poderia advir de entendimentos com as entidades sindicais, por exemplo, ou por meio de perícias multidisciplinares a serem convocadas pelo próprio empregador, ampliando-se o espectro e os agentes envolvidos no processo, inclusive com a presença de autoridades da fiscalização trabalhista.

Não é esse o sistema brasileiro, todavia, que se apegava razoavelmente ao conceito de tolerância fixada por lei, em caráter vinculante e como uma espécie de tipificação do que é degradado e do que não é degradado no ambiente laboral.

Observe-se, todavia, que o próprio sistema contém algumas válvulas de escape, que nos permitem concluir que, mesmo com o emprego dos limites de tolerância para a formação do acervo conceitual da Norma 15, os indicadores estão mais para presunção relativa do que para presunção absoluta de salubridade do local de trabalho. Explica-se.

Se os limites fossem realmente seguros e acima de dúvidas, talvez fosse despicienda a realização de exames médicos periódicos para aferição dos mesmos agravos que, na norma ao lado, foram tratados dentro de padrões de segurança. Por exemplo, não haveria necessidade de realização de audiometria em trabalhadores sujeitos à exposição sonora de menos de 85 decibéis, que é o índice de segurança indicado na Norma 15. E não haveria razão para submeter os empregados da metalurgia e da siderurgia aos exames de sangue, se os indicadores de concentração de agentes químicos estivessem abaixo dos patamares contidos nos anexos correspondentes.” Homero Batista Mateus da Silva, 2021, p. 107, v.03.

<sup>39</sup> Ressaltamos que atualmente não existem normas brasileiras que definem limites de tolerância para nanomateriais. No plano internacional são raros os nanomateriais contemplados com algum tipo de valor de referência segura. Sobre os nanotubos e nanofibras de carbono respiráveis, por exemplo, a OSHA recomenda não exceder 1,0 micrograma por metro cúbico para exposição de 8 horas. Esta recomendação de limite máximo se baseia em estudos realizados pelo NIOSH. (OSHA, 2013, p. 2; NIOSH, CIB 65, 2013, p. 38)

<sup>40</sup> Dissídio Coletivo autuado sob o número 0006151-86.2013.5.15.0000.



com o objetivo de estabelecer a fixação de cláusulas econômicas e sociais, a partir de 1º de maio de 2013 (...).”

Destacamos abaixo o conteúdo citado pelas autoras (grifos no original):

#### CLÁUSULA 101ª – NANOTECNOLOGIA

**Reivindicação: As empresas são obrigadas a informar a entidade sindical sobre o uso de nanotecnologia no processo industrial e no ambiente de trabalho.**

**No uso de nanotecnologia serão tomadas as devidas providências de proteção e monitoramento da saúde dos trabalhadores.**

Iniciar processo de informação ampla sobre os conceitos básicos de nanotecnologias: o que é, a importância, os possíveis usos e as incertezas; Utilizar os espaços de comunicação nas SIPATs, encontros anuais, comunicação visual e virtual sobre o tema;

**Transmitir informações específicas quando do início do uso de nanocompósitos na fabricação de fármacos, respeitando o Direito de Saber.** Divulgar aos trabalhadores informações sobre as substâncias e suas particularidades quando em escala nanométrica, medidas de verificação de vazamentos e/ou contaminações, medidas de primeiros socorros, estratégias de prevenção e monitoramento da saúde; (grifo nosso)

As empresas que optarem por utilizar nanotecnologias destinarão recursos para pesquisa sobre as consequências e medidas de proteção ao trabalhador equiparadas aos recursos destinados a pesquisa de produtos;

**Obedecer ao princípio da precaução:** adoção de medidas que devem ser implantadas visando prevenir danos à saúde dos trabalhadores, mesmo na ausência da certeza científica formal da existência do risco grave ou irreversível e de suas consequências à saúde; (grifo nosso) Estabelecer sistema de proteção coletiva eficaz; Estabelecer medidas específicas no PPRA e PCMSO para os trabalhadores expostos a nanocompósitos;”

Como o caso judicializado acima demonstra, em que pese haver potencial de regulação entre as partes envolvidas, na prática, a realidade pode não ser tão simples. Sabe-se que a pauta das nanotecnologias entre os sindicatos profissionais tem sido

debatida desde 2007<sup>41</sup> no setor químico, resultando na assinatura de convenção coletiva em que consta recomendação de inclusão<sup>42</sup> na programação da Semana Interna de Prevenção aos Acidentes do Trabalho, dentre outros assunto, “(...) aspectos relativos à nanotecnologia (...)”.

Em conclusão, as normas coletivas apontam caminho importante para a complementação do ordenamento jurídico estatal. Considerando a omissão legislativa estatal quanto às nanotecnologias, os acordos e convenções coletivas, em tese, mostram-se instrumentos aptos a ampliar o rol de normas jurídicas para o gerenciamento de riscos nanotecnológicos. Contudo, ainda não nos parece viável do ponto de vista prático até o presente momento, considerando que foram encontradas normas coletivas mencionando nanotecnologia durante esta pesquisa, assim como baixo número de processos judiciais. Dada importância do tema nanotecnologia e a referida aptidão das normas coletivas para regulá-lo, concluímos que são necessárias pesquisas para identificar eventuais dificuldades no processo de negociação da matéria entre os sindicatos.

### **3.2. Conceito e evolução histórica da responsabilidade civil: a construção do requisito culpa.**

A regra segundo a qual aquele que causa dano injusto a outrem deve repará-lo não é novidade no mundo do Direito.

Ao contrário, o sentimento de desequilíbrio diante do dano está dentre aqueles mais “primitivos” (OLIVEIRA, 2018, p. 114) e impulsiona aquele que sofreu o dano a buscar o responsável pela reparação.

Segundo Caio Mário da Silva Pereira (2022, p. 40):

Vem do ordenamento mesopotâmico, como do Código de Hamurabi, a ideia de punir o dano, instituindo contra o causador um sofrimento igual; não destoa o Código de Manu, nem difere essencialmente o antigo direito Hebreu. Mais avançada, a civilização helênica legou o conceito de reparação do dano causado, com sentido puramente objetivo,

---

<sup>41</sup> Informação dada em entrevista de maio de 2015 pelo economista do DIEESE. Fonte: <http://cnq.org.br/noticias/economista-do-dieese-ressalta-acao-sindical-inovadora-sobre-nanotecnologia-no-ra-a06c/> . Acesso em 22/12/2022.

<sup>42</sup> Disponível em <http://fetquim.org.br/publicacoes/convenc-a-o-coletiva-de-trabalho-qui-micos-5aca/> . Acesso em 22/12/2022.

e independentemente da afronta a uma norma predeterminada.

Desde a vingança privada até a evolução para os novos conceitos de reparação de danos, a responsabilidade civil pode ser vista como forma encontrada pelas civilizações, sempre no contexto histórico em que é inserida, para solução de conflitos em que, de um lado, há alguém que sofreu danos, procurando sua reparação e, de outro, o causador do dano (ou o responsável juridicamente). Ao longo do tempo, a ideia de proporção entre o mal sofrido e a reparação decida ganhou força, evitando assim a criação de novo dano, agora ao então ofensor. É a transmutação da ideia de pena privada para a reparação civil.

Segundo o já citado autor, a responsabilidade civil com culpa tem está voltada para o ato ilícito, a existência ou não de ato ilícito (dano + dolo ou culpa) passa a ser o pilar mais importante deste modelo.

Em síntese, o sistema de responsabilidade civil fundado na teoria subjetiva centra-se no ato ilícito, com os seguintes pressupostos: conduta culposa por parte do agente, dano e nexos de causalidade entre a conduta e o dano. (PEREIRA, 2022, p. 60)

Quanto à origem mais próxima deste modelo, Pereira (2022, p. 34) pontua que elas remontam ao famoso Código de Napoleão:

Dada sua influência na construção da doutrina francesa, pode-se dizer que a teoria da responsabilidade civil nos Códigos modernos deve muito ao Código Napoleão. Neste monumento legislativo de 1804, vai buscar inspiração o conceito de responsabilidade civil no século passado, notadamente o princípio enunciado no art. 1.382: *Tout fait quelconque de l'homme, qui cause à autrui un dommage, oblige celui par la faute duquel il est arrivé, à le réparer.* Afirma-se, mesmo, que a “reparação” se desvencilhou da exigência de “casos especiais” somente a partir do século XVIII, quando foi enunciado um princípio geral, “obrigando a reparar todos os danos que uma pessoa causar à outra por sua culpa”<sup>44</sup>. Isto não obstante, o Código Civil francês, depois de assentar a regra geral do art. 1.382 anteriormente transcrito, enumera nos arts. 1.384 a 1.386 casos particulares, de que a doutrina veio a desenvolver a responsabilidade civil fora do princípio subjetivo da culpa,

A norma dos artigos 186 e 187, combinados com o *caput* do artigo 927 do Código Civil repete a mesma fórmula do começo do século XIX, estabelecendo no Direito brasileiro exatamente os requisitos acima para incidência da obrigação de reparar:

Art. 186. Aquele que, por ação ou omissão voluntária, negligência ou imprudência, violar direito e causar dano a outrem, ainda que exclusivamente moral, comete ato ilícito.

Art. 187. Também comete ato ilícito o titular de um direito que, ao exercê-lo, excede manifestamente os limites impostos pelo seu fim econômico ou social, pela boa-fé ou pelos bons costumes.

Art. 927. Aquele que, por ato ilícito (arts. 186 e 187), causar dano a outrem, fica obrigado a repará-lo.

Trata-se de matéria que figura entre as mais abrangentes (e importantes) da Ciência do Direito, pois acaba por disciplinar grande parte dos conflitos sociais. Desta forma, é crucial que esteja apta a atender expectativas<sup>43</sup> de pacificação social, pois, idealmente, não deve haver dano sem reparação.

Isto posto, é interesse de todos que ninguém amargue prejuízos injustos. Para tanto, não basta identificar e quantificar o dano, a função da responsabilidade civil é também identificar quem deve repará-lo e de que forma. Silvio de Salvo VENOSA (2011, p.1), na mesma linha:

Os princípios da responsabilidade civil buscam restaurar um equilíbrio patrimonial e moral violado. Um prejuízo ou dano não reparado é um fator de inquietação social. Os ordenamentos contemporâneos buscam alargar cada vez mais o dever de indenizar, alcançando novos horizontes, a fim de que cada vez menos restem danos irressarcidos.

Desenvolvendo a ideia exposta, o ordenamento jurídico não pode se dar ao luxo de ficar estático ao longo do tempo.

O Direito (*dever-ser*), para dar conta dos novos conflitos surgidos por mudanças significativas no seio da sociedade, deve fazer esforços para adequar seus conceitos à

---

<sup>43</sup> FELICIANO (2021, p. 165) explica que, na teoria luhmanniana, a função do Direito é *respaldar as expectativas socialmente legítimas*; e “a contrário”, *sancionar a frustração dessas expectativas*. (itálico no original)

realidade imposta (mundo do *ser*) socialmente, diante da insuficiência de suas respostas até então oferecidas. Teresa Ancona LOPEZ (2010, p. 64) vai na mesma linha:

Com o acelerar das invenções tecnológicas e científicas, e também com a produção e o consumo em massa, que caracterizam a sociedade de consumo, surge a responsabilidade pelo fato dos produtos defeituosos, a responsabilidade pelos riscos de poluição, os riscos em tratamentos médicos, na circulação de veículos, no transporte terrestre e aéreo, sem falar dos riscos potenciais que aterrorizam a modernidade. A crise iniciada no séc. XIX parece não ter fim "*et demeure donc ouvert*", como afirma Viney.

Assim, potenciais danos coletivos e de grande monta passaram a ser preocupação constante no contexto da sociedade atual. Acompanhando o processo de possibilidade de danos coletivos causados, sobretudo por empresas que produzem em massa, foi identificada a distorção do sistema pelo ônus, que recaía sobre a vítima do dano, de provar o elemento subjetivo de culpa – até então fundamental – para que surgisse a obrigação de reparação.

Com o requisito subjetivo de culpa, percebeu-se ao longo do tempo que este tipo de responsabilização impõe a boa parcela das pessoas que experimentaram danos, um novo sofrimento, que é conviver com o prejuízo sem ter alguém para por ele responder. Em outro espectro, a responsabilidade civil com culpa acaba por privilegiar situações em que a produção de prova se mostra difícil de ser produzida no mundo dos fatos e isso se agrava porque há inescapável elemento subjetivo na aferição da culpa.

Além da culpa, o nexo de causalidade, como conexão entre a conduta do ofensor e o dano experimentado pelo ofendido, é elemento essencial para caracterização da responsabilidade aquiliana.

Diante deste cenário, foram surgindo diversas normas jurídicas prescindindo da culpa para imputar a alguém o dever de reparar o dano, mantendo a responsabilidade civil aquiliana como a regra.

Embora haja, inclusive, novas hipóteses juridicamente válidas de responsabilidade civil (sem dano)<sup>44</sup>, nos parece razoável a norma do Código Civil

---

<sup>44</sup> A possibilidade de responsabilidade civil sem dano baseia-se na flexibilização dos requisitos considerados essenciais pela teoria clássica. Para o nexo causal, em caso de danos graves e irreversíveis, aplica-se a “presunção de causalidade”, baseada na probabilidade estatística ou “probabilística”. “A probabilidade, assim como a verossimilhança, se aproxima da verdade, diferentemente da estatística, que não diz nada com relação ao caso concreto. A estatística só serve para cálculo em contrato de seguro.

brasileiro segundo a qual deve haver relação de causa e efeito entre a conduta e o dano correspondente, ficando responsável pela reparação somente aquele que causou o efetivo dano seja obrigado a repará-lo. Ou, dito de outro modo, “ninguém” é obrigado a reparar dano sem que haja prova de que agiu ou deixou de agir de modo a causar lesão a patrimônio jurídico de outrem. Dizemos “ninguém” porque o Direito prevê diversas hipóteses em que determinada pessoa (física ou jurídica) fica responsável pela reparação sem, contudo, ter contribuído diretamente com a relação de causa e efeito da qual resultou o dano. Empregadores em relação aos atos de seus prepostos, responsáveis por atos praticados por filhos ou pessoa incapaz sob sua responsabilidade.

Podemos citar também danos causados por animais. Há situações em que o responsável legal pelo animal pode ser obrigado a indenizar quem o sofreu o dano, sem, entretanto, tenha contribuído para o resultado danoso. Sob o ponto de vista estritamente causal, o ser humano (mundo dos fatos), por ser tutor, não necessariamente concorre para que o dano ocorresse. Situações como a descrita acabam por enfraquecer a ideia do nexos causal enquanto efeito de conexão entre a conduta (comissiva ou omissiva) e o resultado dano. No singelo exemplo acima, ainda que não haja qualquer conduta do responsável juridicamente pelo animal, ele – ou ela – pode ser compelido a reparar o dano.

Em outras palavras, a insuficiência da responsabilidade com culpa para situações práticas típicas da sociedade de risco impulsionou (e continua a impulsionar) a evolução do ordenamento jurídico. No caso de responsabilidade civil objetiva, percebe-se por tudo o que foi narrado, é a norma jurídica quem imputa a responsabilidade a alguém. Pela autoridade do Direito, sem necessidade de ação ou omissão daquele a quem a responsabilidade civil é imputada.

Nessa esteira, a fim de não ignorar a nova realidade mais complexa, sobretudo a partir da segunda metade do século XX, foram sendo criadas novas previsões normativas sem a exigência do elemento culpa.

Há diversas hipóteses deste tipo no ordenamento jurídico brasileiro. É o que prevê o parágrafo único do supracitado artigo 927 do Código Civil:

---

As "presunções de causalidade" têm sido aplicadas aos danos à saúde, como a presunção de contaminação com o vírus HIV, depois de receber transfusão de sangue. Pode ser que não seja de fato verdade, mas juridicamente é tida como verdadeira essa decisão. Aliás, essa é a aplicação da regra da *res ipsa loquitur*, ou seja, a coisa fala por si mesma, já usada nos casos de erro médico há muito tempo. (LOPEZ, 2010, p. 135).

Parágrafo único. Haverá obrigação de reparar o dano, independentemente de culpa, nos casos especificados em lei, ou quando a atividade normalmente desenvolvida pelo autor do dano implicar, por sua natureza, risco para os direitos de outrem.

Como se nota, existem duas hipóteses previstas no referido parágrafo único do artigo 927 do Código Civil. A primeira é a previsão em lei específica; a segunda é “quando a atividade normalmente desenvolvida pelo autor do dano implicar, por sua natureza, risco para os direitos de outrem”.

Quanto à primeira hipótese, não restam muito a ser dito, eis que a letra da lei é explícita no sentido de poder haver normas para situações específicas prevendo a desnecessidade de se comprovar a culpa. Citemos alguns poucos exemplos para ilustrar: o Código de Defesa do Consumidor (artigo 12) prevê responsabilidade sem culpa de toda a cadeia que fez o produto chegar até as mãos do consumidor, sendo direito do consumidor escolher quem acionar para exigir a reparação. Pode, inclusive, optar por um deles ou todos eles, solidariamente.

Quanto à segunda hipótese, embora também seja objeto de tratamento detalhado na subseção subsequente, cumpre-nos adiantar que, em matéria laboral, em Sessão Plenária, o Supremo Tribunal Federal, fixou tese de que esta segunda parte da norma se aplica às relações de emprego. Vale a transcrição pela importância do tema para o nosso estudo:

O artigo 927, parágrafo único, do Código Civil é compatível com o artigo 7º, XXVIII, da Constituição Federal, sendo constitucional a responsabilização objetiva do empregador por danos decorrentes de acidentes de trabalho, nos casos especificados em lei, ou quando a atividade normalmente desenvolvida, por sua natureza, apresentar exposição habitual a risco especial, com potencialidade lesiva e implicar ao trabalhador ônus<sup>45</sup> maior do que aos demais membros da coletividade.

---

<sup>45</sup> Na dicção da expressão construída no verbete “**implicar** ao trabalhador **ônus** maior...” importa em dois conceitos iniciais implícitos na tese ficada: (1) é que há riscos tolerados pelo sistema jurídico, os riscos típicos da vida em sociedade e (2) os riscos proibidos, que fazem nascer a responsabilidade civil objetiva com base na norma em questão são os que a atividade (empresarial, em regra) “transfere” ao trabalhador e, por isso, os riscos a que este trabalhador se expõe ficam maiores em relação aos “demais membros da coletividade”

A condição para a compatibilidade da norma em tela com as relações de emprego (responsabilidade civil do empregador em caso de “acidentes do trabalho”<sup>46</sup>) depende, com fundamento no entendimento vinculante do Supremo Tribunal Federal de especificação em lei ou em razão da natureza do risco de dano, aumentado e razão da própria atividade que, por sua natureza implicar ônus ao trabalhador maior que aos membros da coletividade.

Superadas as linhas gerais da responsabilidade objetiva patronal, não sendo o caso de previsão expressa em norma específica (ou o previsto na tese fixada pelo STF), fica obrigado a reparar dano causado a outrem, pela regra geral do Código Civil, aquele que: (a) por ação ou omissão voluntária; (b) haja nexos de causalidade entre a conduta do ofensor e o dano sofrido pelo ofendido; (c) seja verificada a culpa na conduta.

A exceção apontada, ou seja, casos em que há previsão no ordenamento jurídico de aplicação de outro tipo de responsabilidade civil que não seja a com culpa se multiplicam no ordenamento jurídico brasileiro.

Uma das importantes propulsoras da evolução da responsabilidade civil, historicamente, é a condição particular da vítima do dano. O que nos faz seguirmos para o próximo subitem.

### **3.2.1. Responsabilidade civil no contexto da sociedade de risco**

Como já explicitado ao longo deste trabalho, a criação e justificativa para existência de ramos específicos do Direito para regulamentar, via norma estatal geral e abstrata, com vista a estabelecer condições mínimas entre partes em condições iguais apenas do ponto de vista teórico, mas não no mundo dos fatos, faz parte de um contexto de evolução histórica da Ciência do Direito.

A evolução normativa em referência se dá, apenas para repassarmos as premissas, com algum descompasso quando comparada às relações sociais que o Direito deve regulamentar, sendo função deste o atendimento de certas expectativas da sociedade. Isto posto, é cediço que diversas normas de caráter civilizatório surgiram para proteger

---

<sup>46</sup> Interpretamos a expressão “acidente do trabalho”, contida na tese fixada, no seu sentido técnico-jurídico. Ou seja, conforme definição legal prevista na Lei 8.213/1991, artigo 21, I também são considerados acidentes do trabalho, além do típico, a doença relação ao trabalho que contribuiu, ainda que parcialmente, para o resultado danoso.



peessoas em posições desiguais materialmente, funcionando a norma jurídica como elemento importante de (re)equilíbrio concreto, evitando que a aparente liberdade hipotética não se consubstancie em supressão de direitos de pessoas em posições fragilizadas pelas condições. Assim ocorre também no Direito brasileiro ao pressupor, de saída, a desigualdade de condições e vulnerabilidade de certos grupos, impondo deveres a quem está em posição de poder. Os exemplos são abundantes.

Citaremos alguns sem qualquer relação próxima com o Direito do Trabalho (ramo em que vigora o princípio da proteção), apenas para efeito de ilustração do quanto este caráter de equidade permeia o ordenamento jurídico como um todo.

O Código de Trânsito Brasileiro<sup>47</sup>, assim como o Direito do Trabalho, segue a lógica de proteção ao mais vulnerável, ao atribuir preferência aos pedestres, ciclistas e motociclistas (nesta ordem) com base na vulnerabilidade em caso de acidente.

Outro exemplo: nas regras que regulamentam o tráfego aquaviário, por seu turno, a gradação de preferências é condizente com as características próprias desta modalidade e das condições de navegabilidade das embarcações envolvidas no caso concreto. Segundo o “Regulamento Internacional Para Evitar Abalroamentos no Mar” (RIPEM-72)<sup>48</sup>, as “embarcações com capacidade restrita de manobra” têm preferência (regra geral)

---

<sup>47</sup> Código de Trânsito Brasileiro (grifos nossos): Art. 58. Nas vias urbanas e nas rurais de pista dupla, a circulação de bicicletas deverá ocorrer, quando não houver ciclovia, ciclofaixa, ou acostamento, ou quando não for possível a utilização destes, nos bordos da pista de rolamento, no mesmo sentido de circulação regulamentado para a via, **com preferência sobre os veículos automotores.**

Art. 70. Os pedestres que estiverem atravessando a via sobre as faixas delimitadas para esse fim terão prioridade de passagem, exceto nos locais com sinalização semafórica, onde deverão ser respeitadas as disposições deste Código.

Parágrafo único. Nos locais em que houver sinalização semafórica de controle de passagem será dada preferência aos pedestres que não tenham concluído a travessia, mesmo em caso de mudança do semáforo liberando a passagem dos veículos.

Art. 214. Deixar de dar preferência de passagem a pedestre e a veículo não motorizado:

<sup>48</sup> O chamado RIPEAM-72 tem origem na Convenção pela Assembleia da Organização Marítima Internacional ocorrida na cidade de Londres em 1972. Foi internalizado no Direito brasileiro pelo Decreto Legislativo 77 de 1.974, Decreto Nº 80.068/1977, Decreto Nº 10.901/2021 e Normas da Autoridade Marítima Para Embarcações Empregadas na Navegação Interior, emanada pela Marinha do Brasil-Diretoria de Portos e Costas (NORMAM-02/DPC). Marina do Brasil, Diretoria de Portos e Costas. Disponível em <https://www.marinha.mil.br/dpc/node/3761> e [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2021/decreto/D10901.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/decreto/D10901.htm). Acesso em 15/12/2022.

em detrimento de outra, com limitação menor, própria de suas condições<sup>49</sup>. Ou seja, uma embarcação pequena, com propulsão mecânica (motor), em regra, por ter capacidade de manobra maior<sup>50</sup>, terá a responsabilidade de evitar acidente caso sua rota coincida, por exemplo, com uma outra embarcação a vela<sup>51</sup> porque esta, por depender do vento, tem capacidade de manobra Regra 18 do RIPEAM.

Embora os exemplos acima sejam elucidativos, pensamos que o Direito do Consumidor nos mostra de forma ainda mais didática a lógica que estamos a expor.

O Código de Defesa do Consumidor (CDC), assim como o ramo da Ciência do Direito, denominado Direito do Consumido, tem princípios próprios, com vista expressa à proteção da parte hipossuficiente, a saber, o consumidor de produtos e serviços.

É próprio deste subsistema sua historicidade e as razões fáticas que o fizeram ser criado como ramo dotado de autonomia, princípios próprios e hermenêutica condizente com seus princípios informadores.

---

<sup>49</sup> Regra 18 do RIPEAM: Responsabilidade Entre Embarcações

Exceto quando disposto em contrário pelas Regras 9, 10 e 13: (a) Uma embarcação de propulsão mecânica em movimento, deverá manter-se fora do caminho de: (I) uma embarcação sem governo; (II) uma embarcação com capacidade de manobra restrita; (III) uma embarcação engajada na pesca; (IV) uma embarcação a vela. (b) Uma embarcação a vela em movimento deverá manter-se fora do caminho de: (I) uma embarcação sem governo; (II) uma embarcação com capacidade de manobra restrita; (III) uma embarcação engajada na pesca. (c) Uma embarcação engajada na pesca em movimento deverá, tanto quanto possível, manter-se afastada do caminho de: (I) uma embarcação sem governo; (II) uma embarcação com capacidade de manobra restrita. (d) (I) Toda embarcação que não uma embarcação sem governo ou uma embarcação com capacidade de manobra restrita deverá, se as circunstâncias do caso o permitirem, evitar interferir com a passagem segura de uma embarcação restrita devido ao seu calado, exibindo os sinais da Regra 28.

<sup>50</sup> O exemplo não se aplica a situações em que, mesmo com propulsão mecânica, a embarcação tenha capacidade de manobra ainda mais reduzida. Embarcações grandes, como cargueiros, navios de cruzeiro, etc., no exemplo, teriam preferência em relação ao veleiro por terem capacidade de manobra ainda menor.

<sup>51</sup> Recente Acórdão proferido pela 31ª Câmara de Direito Privada do Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo nos autos da Apelação Cível 0192541-71.2011.8.26.0100, Rel. Des. Adilson de Araújo, Disp. DEJ. 12/11/2021 vai ao encontro, fundamentando decisão sobre acidente entre lancha motorizada e barco a vela com apoio na norma contida na “Regra 18 (‘a’- inciso IV) do RIPEAM:”, nos seguintes termos: (a) Uma embarcação de propulsão mecânica em movimento, deverá manter-se fora do caminho de: (...) (IV) uma embarcação a vela.” Transcrevemos trecho do acórdão referido "Analisando-se o acidente de navegação em pauta, previsto no artigo 14, letra 'a', da Lei Orgânica deste Tribunal (Lei nº 2.180/54, com alterações posteriores), à luz do conjunto probatório, e tendo como norte a REGRA 18 ('a' inciso IV) do RIPEAM, este incorporado no Ordenamento Jurídico pátrio, pela NORMAM-02/DPC em seu Cap. 11, item 1118, concluímos teve o mesmo como causa determinante o erro de manobra cometido pelo ora representado (...)"

Neste sentido, assevera Rizzatto NUNES (2010, p. 39-40):

Antes de buscar compreender a extensão da aplicação da Lei n. 8.078, de 11 de setembro de 1990, é importante fazer a apresentação dos fundamentos que lhe deram origem. (...)

Por isso vamos aqui abordar algumas situações que são históricas e que, por sua vez, são fundamentos do CDC. (...)

A grande dificuldade que existe hoje de compreensão das regras brasileiras instituídas pela lei de proteção ao consumidor reside nesse aspecto típico da nossa memória jurídica. Apesar de a lei ter vigência desde 11 de março de 1991, a maior parte dos estudantes ainda veio sendo formada tendo por base a tradição privatista, absolutamente inadequada para entender a sociedade de massa do século XX. É por isso que, se não apontarmos, ainda que sucintamente, os pressupostos formadores da legislação de consumo, acabaremos não entendendo adequadamente por que o CDC traz um regramento de alta proteção ao consumidor na sociedade capitalista contemporânea, com regras específicas muito bem colocadas e que acaba gerando toda a sorte de dificuldades de interpretação das questões contratuais, da responsabilidade, da informação, da publicidade, do controle in abstracto das cláusulas contratuais, das ações coletivas, enfim, literalmente de tudo o que está por ele estabelecido.

Seguimos a mesma de Nunes, para compreendermos mais profundamente as regras próprias é imprescindível que se aprofunde nas razões que fizeram tal ramo da enciclopédia do Direito surgir e quais ordem de complexidade social dele se pretende resposta. No caso do Direito do Consumidor, aponta o autor (2010, p. 43), foi o surgimento, no seio social, da produção em massa de produtos e serviços padronizados, disponibilizados para um sem-número de consumidores de forma homogênea. Processo que se intensificou ao longo do século XX, na dicção do referido autor:

Este é o modo de produção, de oferta de produtos e serviços de massa do século XX. Só que nós aplicamos, no caso brasileiro, até 10 de março de 1991, o Código Civil às relações jurídicas de consumo, e isto gerou problemas sérios para a compreensão da própria sociedade.

Passamos a interpretar as relações jurídicas de consumo e os contratos com base na lei civil, inadequada para tanto e, como isso se deu durante quase todo o século XX, ainda temos dificuldades em entender o CDC em todos os seus aspectos. Por exemplo, nessa questão contratual, nossa memória privatista pressupõe que, quando vemos o contrato, assistimos

ao aforismo que diz *pacta sunt servanda*, posto que no direito civil essa é uma das características contratuais, com fundamento na autonomia da vontade.

Sabe-se que nas relações contratuais no direito civil, no direito privado, há um pressuposto de que aqueles que querem contratar sentam-se à mesa em igualdade de condições e transmitem o elemento subjetivo volitivo de dentro para fora, transformado em dado objetivo num pedaço de papel.

O alerta feito para o direito consumerista também é aplicável às relações de trabalho. Fizemos a introdução nos parágrafos acima para identificar a eloquente semelhança entre os dois ramos do Direito: ambos surgiram, de forma sistematizada e autônoma, com o evidente viés protetivo da parte em desvantagem na relação jurídica de base (a título de exemplos, citamos CDC, artigos 1º, 4º *caput* e inciso III; Constituição Federal, art. 7º, *caput*, e incisos); são filhos da modernidade, lançando raízes históricas no Direito Civil, incapaz de solucionar os novos conflitos de ordem concreta; em ambos os casos, o brocado *pacta sunt servanda* se mostrou insuficiente, diante da complexidade das relações jurídicas e sociais; estes ramos do direito possuem grande carga axiológica em suas normas, vinculando o processo de hermenêutica; as relações jurídicas regulamentadas pressupõem, por força do ordenamento jurídico, a mitigação da autonomia da vontade da parte hipossuficiente; por conseguinte, atendidos os requisitos previstos no ordenamento jurídico, as normas de regência se impõem (artigos 2º e 3º da CLT; CDC, artigos 2º e 3º), independentemente da vontade das partes, configurando matéria de ordem pública e de interesse social; há importantes reflexos processuais – sempre em benefício da parte hipossuficiente – com base também na disparidade de condições entre as partes no mundo do *ser*, visando a efetivação dos direitos materiais da parte mais frágil da relação jurídica.

Como exemplo de reflexos processuais em ambos os seguimentos do Direito, a facilitação pelo procedimento (princípio da informalidade) do acesso à ordem jurídica justa, facilidade de acesso à ordem jurídica justa (Juizados Especiais e *jus postulandi*<sup>52</sup>), busca pela verdade real. Há outros desdobramentos e semelhanças, mas pensamos que os citados bastam para demonstrar o ponto central do argumento, qual seja, é típico de

---

<sup>52</sup> Neste ponto, nos referimos ao instituto em sua origem. Temos ciência de que, com a complexificação das demandas trabalhistas, poucos trabalhadores teriam condições de postular em juízo em nome próprio sem prejudicar a si mesmo.

ordenamentos jurídicos democráticos, no caso, o brasileiro a criação de ramos do Direito normas que pressupõem a desigualdade concreta, para chegar ao ideal de justiça.

Com os exemplos citados, não queremos significar que não haja profundas distinções entre os ramos jurídicos mencionados. Temos ciência das diferenças e entendemos que elas não esvaziam o argumento central, que é, em suma: (a) a dinâmica da Ciência do Direito, como ciência social, em se transformar ao longo do tempo para seguir cumprindo expectativas sociais legítimas, no sentido de que este ramo do conhecimento humano deve dar conta dos conflitos sociais do seu tempo, sob pena de se tornar inócuo; (b) a necessidade de se criar, dentro do sistema normativo, estruturas com relativa autonomia, que adotam premissas ontológicas diversas do sistema em que está inserido, ou de subsistemas “vizinhos”; (c) a constatação de que respostas jurídicas, que eram válidas e eficazes em outros tempos, com a evolução e complexificação da sociedade e dos fatos juridicamente relevantes, podem não deixar de ser; (d) a existência de ramos do Direito, com autonomia e princípios próprios, sobretudo os que foram criados para proteger especialmente determinado grupo de pessoas, partes de uma relação jurídica ou bens juridicamente relevantes (por exemplo, o Meio Ambiente Natural, terras indígenas, etc.), não são exclusividade do Direito do Trabalho, tampouco do Direito Ambiental do Trabalho.

### **3.3. Especificidades da responsabilidade civil no âmbito das relações de trabalho**

É corrente, na prática forense trabalhista brasileira, a afirmação de que “a Justiça do Trabalho é uma Justiça de desempregados”. Constatação semelhante poderia ser feita quando se analisa o instituto da responsabilidade civil no âmbito das relações de trabalho. Adaptando a frase inicialmente citada à realidade da saúde e segurança do trabalho, não seria exagero afirmar que aplica-se, na Justiça do Trabalho, a responsabilidade civil como arcabouço jurídico-teórico para tentar amenizar o sofrimento de trabalhadores doentes, espólios e pessoas que sofreram acidente do trabalho ou desenvolveram enfermidades, decorrentes do trabalho, por meio do pagamento de alguma soma em dinheiro.

Em outras palavras, a responsabilidade civil, tradicionalmente, é aplicada após o dano consumado. Como os danos decorrentes de acidentes e doenças ocupacionais são, no mais das vezes – como é típico dos danos ambientais – irreversíveis ou de difícil

reparação *in natura* (retorno da situação ao estado anterior), a solução que o direito desenvolveu foi a tentativa de reparação do dano sofrido pelo pagamento de valores em dinheiro. Sebastião Geraldo de Oliveira (2018, p. 114) demonstra que a ideia de reparação pelo dano está impregnada de tal modo socialmente que “(...) aquele que sofre dano tem, como primeiro pensamento, praticamente como reação instintiva, a necessidade de procurar o culpado para cobra a reparação.”

Com efeito, constata-se que a relação direta entre o nível de desenvolvimento de determinada sociedade e o número de danos sem reparação: quanto mais desenvolvida, menor é o número de danos sem a correspondente e proporcional responsabilização. Nas relações de trabalho, especialmente, danos não reparados acabam por onerar as próprias vítimas, a Previdência Social, as famílias da pessoa vitimada e, ao cabo, a sociedade como um todo.

Assim, o questionamento que se coloca, pela descrição feita acima quanto aos danos ocorridos no meio ambiente do trabalho, é se a entrega da tutela jurisdicional, pela transformação em indenização, atende aos preceitos fundamentais da Constituição da República – e ao ordenamento jurídico brasileiro – promovendo a pacificação social. Entendemos que não.

Para avançarmos na análise da responsabilidade civil no âmbito das relações de trabalho que se desenvolvem em meio ambiente laboral com uso de nanotecnologias, convém aprofundarmos nos aspectos fundamentais próprios desta relação jurídica.

Implícitos nas frases acima estão os princípios estruturantes do Direito do Trabalho, dentre eles, consequência do princípio da proteção, a presumida hipossuficiência do empregado. Analisando a questão, Arnaldo SÜSSEKIND *et al* (1991, p.128) reconhece a relação direta entre um conceito e outro:

O princípio da proteção do trabalhador resulta das normas imperativas e, portanto, de ordem pública, que caracterizam a instituição básica do Estado nas relações de trabalho, visando a opor obstáculos à autonomia da vontade. Essas regras cogentes formam a base do contrato de trabalho - uma linha divisória entre a vontade do Estado, manifestada pelos poderes competentes, e a dos contratantes. Estes podem complementar ou suplementar o mínimo de proteção legal. Daí decorre o princípio da irrenunciabilidade, que é intenso na formação e no curso da relação de emprego, e que se não confunde com a transação, quando há *res dubia* ou *res litigiosa* no momento ou após a cessação do contrato de trabalho.

Sendo desigual a relação jurídica mantida entre empregado e empregador, durante o curso da relação de emprego, a parte hipossuficiente, individualmente, pouco ou nada pode fazer para resistir a eventuais situações que lhe são potencialmente danosas.

A clássica autonomia da vontade fica gravemente mitigada, sendo os direitos mínimos garantidos em lei, irrenunciáveis. As frases introdutórias deste capítulo dão conta de demonstrar a importância imanente dos princípios que fizeram, sob o ponto de vista histórico, o engenho humano, criar um ramo específico do direito, dentre toda enciclopédia jurídica, para adequadamente dar conta da realidade social Pós-Revolução Industrial<sup>53</sup>. Assim, uma das funções que dá sentido e razão de existir ao Direito do Trabalho – e que, por isso, demonstra sua importância como ferramenta “tecnológica” (FERRAZ JÚNIOR, 2001, p. 84-86) – é a sua precípua vocação de pacificação das relações de trabalho no contexto capitalista, o que possibilitou a produção global, em larga escala, além da circulação dessas mercadorias e serviços com certa segurança jurídica e previsibilidade. Portanto, o Direito do Trabalho é um dos pilares que possibilita, em última análise, a organização da sociedade capitalista há mais de um século.

Salientamos que a realidade ilustrada pela frase adaptada acima, segundo a qual trabalhadores vítimas de acidentes do trabalho ou doenças ocupacionais procuram a Justiça do Trabalho somente após a ocorrência do dano, é, ao menos em tese, válida sob o ponto de vista individual das relações de emprego. O aspecto coletivo, por ter outras bases históricas, doutrinárias e factuais, será tratado em capítulo específico.

Nas relações de emprego, a subordinação jurídica, sobretudo em realidade como a brasileira, em que há permissão legal para dispensa imotivada, índices comumente altos de desemprego, precarização, baixas remunerações, dentre outros fatores, dificulta sobremaneira a resistência individual por parte do trabalhador, mesmo em ocasiões em que o meio ambiente laboral em que está inserido não é saudável.

Os números anuais de novas reclamações na Justiça do Trabalho<sup>54</sup> e a proporção de brasileiros que se socorrem do Judiciário para pleitear direitos trabalhistas revelam,

---

<sup>53</sup> Não se pretende inferir que o Direito do Trabalho surge repentinamente, como se fosse um produto acabado para solução de problemas, ao contrário, é construído e reconstruído historicamente. Sobre especificamente o aspecto histórico de formação do Direito do Trabalho, vide: FELICIANO, Guilherme Guimarães; Curso crítico de Direito do Trabalho: teoria geral do Direito do Trabalho (2013) (pp. 66-90) São Paulo: Editora Saraiva. SOUTO MAIOR, Jorge Luiz; Teoria geral do Direito do Trabalho – V. I, Parte I (2011) São Paulo: LTr. NASCIMENTO, Amauri Mascaro; Curso de Direito do Trabalho (2010), 25ª Ed. São Paulo: Editora Saraiva.

<sup>54</sup> Dados Relatório Geral da Justiça do Trabalho (2022) do Tribunal Superior do Trabalho apontam que no ano de 2021 foram distribuídas 2.550.397 reclamações trabalhistas novas. A cada 100.000 habitantes do

dentre outros dados, que, mesmo direitos líquidos e certos como verbas rescisórias<sup>55</sup>, adicional de horas extras, respeito ao intervalo previstos em lei e a obrigação patronal de não ferir direitos de personalidade para (como assédio moral, privacidade, direito ao convívio social e familiar, etc.) não são respeitados com bastante frequência no mundo do trabalho.

Este trabalho trata de danos (ou potenciais danos) a bens jurídicos elevados ao mais alto grau de proteção pois são, em regra, irreparáveis ou de difícil reparação. O que estamos dizendo, em outras palavras, é que deixar de cumprir espontaneamente obrigações de natureza alimentar (como são as obrigações trabalhistas), mas pecuniárias, como as citadas verbas rescisórias, por exemplo, é grave o suficiente para merecer sanção do ordenamento jurídico. Mais grave é o descumprimento de normas relacionadas à saúde e segurança do trabalho pois o pagamento de indenização posterior, após a cessação da relação de emprego (ou trabalho) não mais é capaz de retornar ao *status quo ante*, o que denota a limitação do instituto da responsabilidade civil da forma como é aplicado ordinariamente. Refletir sobre a utilidade e conveniência deste estado de coisas é o propósito deste trabalho.

Guilherme Guimarães FELICIANO (2021, p. 306) explica como o Direito do Trabalho se consolida como ramo autônomo, especialmente do Direito Civil, eis que os parâmetros fáticos são diversos:

Bem se viu, com Palma Ramalho e outros autores, que a relação de emprego – e, por ela, o próprio Direito do Trabalho – ganha plena autonomia em face das relações obrigacionais jurídico-civis – e, portanto, em face do próprio Direito Civil – sobretudo pela sua progressiva caracterização comunitário-pessoal, especialmente a partir da doutrina germânica da primeira metade do século XX, identificando como cerne do contrato de trabalho o *binômio dever de lealdade vs. dever de assistência* (e já não o velho sinalagma *trabalho vs. remuneração*, encontradiço em todas as formas anteriores de prestação de serviços por conta de outrem, algumas delas tipicamente civis, como as próprias "*locatio conductio operarum*" e "*locatio conductio operis*" romanas).

O paradigma do sinalagma, um das bases no Direito Civil com raízes romanas (inclusive com o brocado clássico segundo o qual *pacta sunt servanda*), tem seus reflexos

---

país, 1.196 ingressaram com pelo menos uma ação ou recurso na Justiça do Trabalho, disponível em <https://www.tst.jus.br/web/estatistica/jt/relatorio-geral>. Acesso em 25/06/2022.

<sup>55</sup> 40% das demandas no ano de 2021. Idem.



drasticamente reduzidos no Direito do Trabalho. Isso porque a relação jurídica de base tem outros pressupostos fáticos e normativos. Particularmente no seio de um *Estado Democrático de Direito*<sup>56</sup>, as relações de trabalho em geral, e as de emprego em particular, ensejam a irradiação da organização do Estado, vinculado ao Direito que, por sua vez, tem base em norma fundamental de caráter democrático. Nesse sistema jurídico, é assegurado ao trabalhador os direitos e garantias individuais e coletivas inerentes à cidadania plena. Sendo cidadão, não pode deixar de ter em seu patrimônio jurídico os direitos de cidadão por estar inserido no âmbito da organização empresarial (ou do empregador em sentido estrito), afinal, a Constituição Federal e toda ordem jurídica não podem ser suprimidas pelo poder diretivo do empregador.

Neste ponto, os reflexos da relação de emprego ficam evidenciados pelo dever de proteção como obrigação do empregador inerente à relação de emprego. A incidência normativa do sistema jurídico de proteção à saúde do trabalhador se dá tanto em momento posterior à ocorrência de eventual dano (indenização por danos morais e materiais, obrigações de fazer ou não fazer, etc.) quanto, e sobretudo, no dever de evitar os danos tanto quanto possível pelo emprego de medidas preventivas ou precaucionais, a depender do conhecimento científico atual acerca dos riscos que a atividade impõe. O risco da atividade, na relação de emprego, é assumido pelo empregador (artigos 2º e 3º da CLT) e também o benefício pelos resultados do empreendimento.

Portanto, o contexto em que a responsabilidade civil pelo uso de nanotecnologias no meio ambiente do trabalho, no Brasil, pressupõe minimamente as bases lançadas nos parágrafos anteriores, assim como a evolução do instituto da responsabilidade civil ao longo da história. O sistema normativo brasileiro oferece respostas diversas para cada situação concreta, sendo tarefa eminentemente do jurista a identificação da norma aplicável, tendo como premissa, em todo caso, parte integrante da relação de emprego, o dever de indenidade. Novamente FELICIANO (2021, p. 295) bem pontua este caráter inerente às relações de trabalho subordinado está presente nas legislações dos países europeus:

Como se percebe, é praticamente pacífica, entre os autores europeus citados (mesmo os de perfil mais conservador), a compreensão dos ingentes deveres acessórios do empregador, em relação a higidez psicofísica do empregado em seu meio

---

<sup>56</sup> Vide FELICIANO (2021, p. 306) *apud* CANOTILHO, J. J. Gomes (p. 113-114) sobre os elementos definidores do Estado Democrático de Direito.

ambiente de trabalho, como inerentes à relação de emprego, independentemente dos teores consensuados e/ou dos comportamentos concretos que se deem antes, durante ou após a pactuação. Dito de outro modo, são deveres que nascem da própria condição de empregador, independentemente de qualquer configuração perigosa concretamente posta no seu âmbito de organização (i.e., independentemente de qualquer comportamento anterior gerador de risco): estamos diante de *deveres apriorísticos*, que se impõem “*prima facie*” à figura estereotipada do empregador.

Dão-se variações que derivam basicamente das técnicas e dos “estilos” legislativos; mas os respectivos conteúdos deontológicos são sempre muito próximos.

Em algumas legislações, com efeito, o dever de indenidade labor-ambiental ínsito aos contratos individuais de trabalho exsurge em fórmulas descritivas. noutros sistemas, em *fórmulas sintéticas*, que podem ser depois desdobradas no ordenamento legal ou infralegal. Citem-se, exemplificativa e respectivamente, o caso português e o francês, entre as fórmulas descritivas; e o caso italiano, entre as fórmulas sintéticas. A meio caminho de um modelo e outro, citaríamos o caso alemão.

O mesmo autor confere atenção ao caso francês, que o legislador passa para o texto legal deveres acessórios com “inconfundível cariz jurídico-ambiental”, a saber, “os princípios da precaução e da prevenção”, dentre outros citados (FELICIANO, 2021, p. 299).

### **3.4. Aplicação do princípio da precaução em matéria labor-ambiental**

Embora o ordenamento jurídico brasileiro tenha previsão cada vez mais ampliada para incidência da responsabilidade civil sem culpa, o dever jurídico de evitar danos é o primado em sede de saúde e segurança do trabalho. Com esta ideia não fazemos menoscabo das funções reparatória, punitiva e pedagógica da responsabilidade civil em momento posterior ao evento danoso, mas chamamos atenção para o fato de que, muito provavelmente, o dano ambiental irreversível já terá consumado, cabendo neste momento a tentativa de minimizar o dano causado

Não é demais repisarmos que danos ocasionados em meio ambiente laboral são, em regra, irreparáveis. Ou, ainda que haja possibilidade de retorno ao *status quo ante*

(reparação in natura), dificilmente isso se dá sem grande dificuldade, sem impor à vítima e pessoas de sua convivência abalos diversos como, por exemplo, tratamentos médicos, dores físicas e emocionais, convivência com o medo e angústia, etc.

Quando se trata de ambientes laborais com uso de nanotecnologias, deve-se somar a este cenário, a incerteza científica quanto aos potenciais riscos decorrentes da atividade.

Isto posto, cumpre elucidar que acidentes e doenças ocupacionais não ocorrem por capricho do destino ou má-sorte<sup>57</sup>, ao contrário, as doenças e acidentes são, em sua esmagadora maioria, explicáveis por lógicas bem conhecidas pelo conjunto de ciências dedicadas a explica-las. Dito de outro modo, a ocorrência de um dano de origem labor-ambiental significa dizer que todas as medidas mandatórias para evita-lo falharam.

A singeleza da afirmação supra pode parecer despicienda, contudo, julgamos relevante reforçar tais fatos, apriorísticos para o desenvolvimento das análises do presente trabalho. A ideia de que acidentes simplesmente acontecem, que fazem parte da vida, que são consequências esperadas de todas as atividades, especialmente aquelas que lidam com variáveis como altura, materiais inflamáveis ou explosivos, agentes químicos agressivos à saúde humana, metais com massa considerável, atividades em que a ergonomia adequada é “impossível”, dentre outros argumentos que acabam por terem aceitação tamanha – pela repetição exaustiva – que passam a serem aceitos como verdade absoluta. Sobretudo o senso comum acaba por aceitar que danos em ambientes laborais são efeitos colaterais causados pela necessidade de desenvolvimento econômico.

Entretanto – e apenas para citar alguns exemplos ilustrativos – os pressupostos do raciocínio estão equivocados. Questioná-los e desconstruí-los é fundamental para o devido enfrentamento dos números trágicos de doenças e acidentes de origem etiológica ocupacional. Ora, todos os dias milhares de voos comerciais são completados sem qualquer dano a passageiros e tripulação. Analisando as mesmas variáveis acima expostas como justificativas para a aceitação natural de agravos à saúde do trabalhador no meio ambiente laboral, o avião, em altitude e velocidade de cruzeiro, atua com praticamente

---

<sup>57</sup> Aqui cabe a crítica à tradicional doutrina jurídica que, reforçando a ideia de acidente como “falta de sorte”, cunhou o nome “infortúnio” para designar acidentes do trabalho, assim como “infortúnica” quando se refere ao sistema normativo que trata de agravos à saúde ou à vida do trabalhador. Segundo o dicionário Michaelis (2015), “Fortuna”: (a): “Segundo uma crença dos povos antigos, deusa que presidia aos acontecimentos cotidianos da humanidade, ao bem e ao mal; (b): por extensão: Força que supostamente teria o poder de influir no sucesso ou fracasso do ser humano e determinar o destino das pessoas e das coisas a elas relacionadas; acaso. (c): Destino; (d): Boa sorte; felicidade, ventura. (e): Má sorte; infelicidade, infortúnio.”

todos os componentes acima: toneladas de combustível altamente inflamável, temperatura externa extrema, centenas de pessoas a bordo, velocidade próxima a mil quilômetros por hora, tudo isso em uma máquina feita de metal, pesando milhares de toneladas este conjunto. Para não exagerar nos exemplos, cito outro, igualmente fora do ambiente laboral: analisando o número de acidentes em determinada rodovia, pode-se, erroneamente, atribuir como causa principal a conduta dos condutores, excesso de velocidade, etc., todavia, estatisticamente, os acidentes automobilísticos têm predileção para locais específicos, que concentram a esmagadora maioria deles.

O que estamos expressando é que o meio ambiente bem planejado, que considera a multiplicidade de riscos típicos, suas interações que devem adequadamente serem gerenciadas, assim, mostra-se plenamente eficaz para evitar danos, sejam eles de quais natureza forem. Para contrapor aos acidentes automobilísticos, basta dizer que está dentre as rodovias mais seguras do mundo as chamadas Autobahn da Alemanha<sup>58</sup>, famosas por não terem limites de velocidade em boa parte de seus trechos.

No caso de relações trabalhistas, como já demonstramos na subseção anterior e ao longo deste trabalho, há obrigação acessória à relação de emprego de lançar mão de todos os meios conhecidos (estado da arte da técnica) a fim de evitar o dano. O plexo normativo que regulamenta a questão aponta sistematicamente para a obrigatoriedade de agir antes, para não ter que pagar depois. Do mesmo modo, para doenças amplamente conhecidas, ambientes laborais conhecidos, a incidência de normas jurídicas se dá de modo a considerar tais conhecimentos.

A medicina do trabalho – além de outras áreas do conhecimento humano – tem mapeadas as doenças típicas de cada profissão. Foi Bernardino Ramazzini<sup>59</sup> quem percebeu, ainda no final do século XVII a relação entre determinadas moléstias e ocupações desempenhadas pelos trabalhadores que as desenvolvia.

René MENDES (2016, p. 298-299), ao comentar o tricentenário do lançamento da obra mais importante de Ramazzini, “*De Morbis Artificum Diatriba*” ou As Doenças Dos Trabalhadores (negritos e itálicos no original):

---

<sup>58</sup> Ao citar as famosas rodovias alemãs não queremos dizer que o fator velocidade não compõe importante variável para aumento da probabilidade de acidentes e sua potencial gravidade, o argumento se mostra válido porque a velocidade é um dos fatores, não o único.

<sup>59</sup> Ramazzini é apontado como “o pai da Medicina do Trabalho” justamente pela publicação, no ano de 1.700, do livro “*De Morbis Artificum Diatriba*”.

Uma quarta área em que Ramazzini deixou sua indelével contribuição foi a da **sistematização e classificação das doenças segundo a natureza e o grau de nexa com o trabalho**. Com efeito, ao descrever as "Doenças dos Mineiros" (capítulo I de seu livro), Ramazzini entendeu que "[...] o múltiplo e variado campo semeado de doenças para aqueles que necessitam ganhar salário e, portanto, terão de sofrer males terríveis em consequência do ofício que exercem, prolifera, [...] devido a duas causas principais: a primeira, e a mais importante, é a natureza nociva da substância manipulada, o que pode produzir doenças especiais pelas exalações danosas, e poeiras irritantes que afetam o organismo humano; a segunda é a violência que se faz à estrutura natural da máquina vital, com posições forçadas e inadequadas do corpo, o que pouco a pouco pode produzir grave enfermidade". A propósito das "Doenças dos que trabalham em pé" (capítulo XXIX de seu livro), assim se expressa Ramazzini: "[...] até agora falei daqueles artífices que contraem doenças em virtude da nocividade da matéria manipulada; agrada-me, aqui, tratar de outros operários que por outras causas, como sejam, a posição dos membros, dos movimentos corporais inadequados, que, enquanto trabalham, apresentam distúrbios mórbidos, tais como os operários que passam o dia de pé, sentados, inclinados, encurvados, correndo, andando a cavalo ou fatigando seu corpo por qualquer outra forma".

De fato, deste critério de classificação empírica utilizado por Ramazzini, é possível pinçar as bases para uma sistematização da Patologia do Trabalho, na qual, no primeiro grupo, estariam as "doenças profissionais" ou "tecnopatias" e, no segundo, as "doenças adquiridas pelas condições especiais em que o trabalho é realizado" ou as "mesopatias" - classificação até hoje utilizada para fins médico-legais e previdenciários em muitos países, inclusive no Brasil.

Ao longo de séculos as relações de causa e efeito entre doenças e profissões, agente químicos, movimentos e posições ergonômicas, etc. foram sendo acumuladas em amplo conhecimento sobre o assunto, o que, por exemplo, reflete diretamente nas legislações aplicáveis. No caso brasileiro há o chamado NTEP, sigla popularizada para o Nexa Técnico Previdenciário, previsto no Decreto de número 3.048/1999 (Anexo II, por força do previsto em seu artigo 337, parágrafo 3º) em que se relaciona, estatisticamente, o código da Classificação Internacional de Doenças (CID) e a atividade econômica desenvolvida pelo empregador, com base na Classificação Nacional de Atividade Econômica (CNAE):

Art. 337. O acidente do trabalho será caracterizado tecnicamente pela Perícia Médica Federal, por meio da identificação do nexo entre o trabalho e o agravo.

(...)

§ 3o Considera-se estabelecido o nexo entre o trabalho e o agravo quando se verificar nexo técnico epidemiológico entre a atividade da empresa e a entidade mórbida motivadora da incapacidade, elencada na Classificação Internacional de Doenças - CID em conformidade com o disposto na Lista C do Anexo II deste Regulamento.

A lista de relações entre os agravos que, tipicamente, acometem trabalhadores de determinado setor econômico não é exaustiva, frise-se, por expressa previsão na Lei 8.213/91, parágrafo 2º do artigo 20:

Art. 20. Consideram-se acidente do trabalho, nos termos do artigo anterior, as seguintes entidades mórbidas:

I - doença profissional, assim entendida a produzida ou desencadeada pelo exercício do trabalho peculiar a determinada atividade e constante da respectiva relação elaborada pelo Ministério do Trabalho e da Previdência Social;

II - doença do trabalho, assim entendida a adquirida ou desencadeada em função de condições especiais em que o trabalho é realizado e com ele se relacione diretamente, constante da relação mencionada no inciso I.

(...)

§ 2º Em caso excepcional, constatando-se que a doença não incluída na relação prevista nos incisos I e II deste artigo resultou das condições especiais em que o trabalho é executado e com ele se relaciona diretamente, a Previdência Social deve considerá-la acidente do trabalho.

Como a lista não é, repise-se, exaustiva, há muitas outras doenças e riscos conhecidos para cada atividade. Para todos esses casos, há o dever de prevenção (agir antes do dano, evita-lo é, em si, dever jurídico que recai sobre aquele que assume os riscos da atividade), eis que riscos e agravos são conhecidos pelo estado atual da ciência.

A Constituição Federal, nos artigos 7º, *caput* e incisos XXII e XXVIII, 225, *caput*, 200, VIII insere no sistema normativo brasileiro, elevando ao patamar constitucional a regulamentação do meio ambiente do trabalho e da proteção à saúde do trabalhador. O Estado brasileiro é, também, signatário de Convenções Internacionais, devidamente internalizadas, sobre a prevenção e precaução de riscos no meio ambiente laboral. A legislação infraconstitucional, por sua vez, em sintonia fina com o texto constitucional, desce às minúcias, especificando as obrigações e direitos dos trabalhadores.

O princípio da precaução remonta longa história na humanidade. Michel PRIEUR, explicando a gênese do princípio até sua consagração como norma jurídica cogente assevera:

*En réalité le principe de précaution est aussi vieux que le monde. Il est l'expression de la sagesse populaire qui, face à des incertitudes, préfère la prudence à une audace qui pourrait être suicidaire. Il est le refus d'une société ou l'homme jouerait, sans contrôles, à l'apprenti sorcier. Ce principe eut d'ailleurs été mieux qualifié de « principe de prudence ».*

*Norme de comportement issue du bon sens, la précaution est peu à peu devenue d'abord une référence de politique publique, puis un principe général sans valeur normative, enfin une véritable norme juridique. Il est désormais indispensable d'en préciser le sens et la portée. C'est le travail actuel des juges.*

No âmbito da Organização Internacional do Trabalho, sobreleva a importância da Convenção 155. FELICIANO, (2021, p. 336) destaca:

Em especial no art. 12 “a “: 1. quanto a maquinários, equipamentos e substâncias para uso profissional: “Deverão ser adotadas medidas de conformidade com a legislação e a prática nacionais a fim de assegurar que aquelas pessoas que projetam, fabricam, importam, fornecem ou cedem, sob qualquer título, maquinário, equipamentos ou substâncias para uso profissional: a) **tenham certeza, na medida do razoável e possível, de que o maquinário, os equipamentos ou as substâncias em questão não implicarão perigo algum para a segurança e a saúde das pessoas que fizerem uso correto dos mesmos**” (g.n.). “A contrario sensu”, diante da incerteza científica quanto à real extensão da nocividade do maquinário, do equipamento ou da substância, tais objetos

não devem ser projetados, fabricados, importados, fornecidos ou cedidos, sob qualquer título; e, de todo modo, não podem ser introduzidos no meio ambiente de trabalho, sob pena de responsabilidade civil do empregador.

Ainda citadas por Guilherme Guimarães FELICIANO (2021, p 336), o Brasil também é signatário da Convenção sobre Diversidade Biológica, contando de seu preâmbulo “observando também quando existia ameaça de sensível redução ou perda de diversidade biológica, **a falta de plena certeza científica não deve ser usada como razão para postergar medidas para evitar ou minimizar essa ameaça [...]**”. (negrito no original). Também, neste contexto de convenções internalizadas pelo Brasil, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (art. 3º, explicita os requisitos típicos de aplicação do princípio da precaução, a saber, a ameaça de danos sérios ou irreversíveis, a falta de certeza científica para postergar medidas, considerando a eficácia em termos de custos.

Pelo cenário exposto, resta evidenciado o dever jurídico, por força do princípio da precaução, no sentido de que todos os atores envolvidos nas questões ambientais (Poder Público, iniciativa privada, sociedade civil, autoridades, etc.) cooperem para que os potenciais danos sejam evitados.

Quando o dano ambiental vislumbrado tem o poder de tornar o meio ambiente do trabalho desequilibrado, favorecendo a ocorrência do fato danoso, o dever de adotar medidas de precaução é direcionado à figura do empregador por ser ele quem organiza os meios de produção e, assim, tem não apenas o dever jurídico, poder de agir.

No plano jurídico, é referência frequente ao Princípio 15 da Declaração do Rio de Janeiro de 1992 sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. A Constituição de 1988 não menciona nominalmente o princípio da precaução<sup>60</sup>. Isso se deve ao fato de a doutrina jurídica da época, no Brasil, não estar totalmente desenvolvida (WEDY, 2020, p. 34). Contudo, sistematicamente, pode-se extrair o princípio do texto constitucional em diversos dispositivos, especialmente quando trata de mandamentos impostos à Administração Pública e à iniciativa privada com vistas à evitar danos aos bens jurídicos mais relevantes e que, se uma vez consumados, são irreversíveis. Assim, quando o assunto é relativo à saúde, determina o Constituinte que deve ser priorizadas “atividades

---

<sup>60</sup> Interessante notar que o Poder Constituinte Originário estava em sintonia com os princípios ambientais, mesmo em momento anterior à Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), também conhecida como Cúpula da Terra ou Rio-92, realizada no Rio de Janeiro em 1992.



preventivas” (artigo 198, II); sobre direitos da criança, do adolescente, pessoas com deficiência, a ordem é a “criação de programas de prevenção”, na mesma linha para a dependência de entorpecentes e drogas afins (artigo 227, II e VII).

Em matéria ambiental, a Constituição Federal não poderia ser mais precisa no sentido de criar um arcabouço de proteção aos riscos labor-ambientais. Como já amplamente consignado, inclui o meio ambiente do trabalho – como não poderia deixar de ser – como uma das faces do conceito de meio ambiente e sua higidez como uma das formas de concretização da saúde e qualidade de vida.

Não por acaso, esta dicção específica se dá pela combinação dos artigos 225, *caput*, com o artigo 200, VIII. A harmonia sistemática reside na precisão e profundidade conceitual do Poder Constituinte Originário; o artigo 225 se insere no Capítulo VI “DO MEIO AMBIENTE” da Constituição Federal, já o supracitado artigo 200 a matéria regulamentada (criada) é o Sistema Único de Saúde (SUS) e faz parte do “CAPÍTULO II – DA SEGURIDADE SOCIAL – SEÇÃO II – DA SAÚDE”.

Indo um passo além, a mesma lógica e harmonia entre as disposições constitucionais e a legislação de regência também se mostra, por exemplo, no fato de a definição legal de acidente do trabalho (incluindo doenças ocupacionais) estar inserida em legislação de caráter previdenciário, o que também se encontra espelhado na Constituição da República, conforme acima.

A saúde é bem elencado dentre com os mais altos valores sociais e jurídicos. Também é característica deste bem jurídico que o risco de abalos graves tendem a ser irreversíveis, quando o processo de reversão para retorno ao estado de plena saúde não se mostra, em si, também uma espécie de dano, com variadas classificações: extrapatrimonial, moral, estético, material, cada um com suas variantes próprias. Características semelhantes têm os danos ambientais – sejam danos ao meio ambiente natural, cultural, artificial, do trabalho ou genético. A escolha legislativa de sistematização insculpida no texto constitucional demonstra, indubitavelmente, a preocupação com enfoque cogente em momento anterior à consumação da conduta danosa.

O alcance normativo do artigo 225 da Constituição Federal é amplo. Exemplo da imposição do dever, neste caso, ao Poder Público, de adoção de medidas de ordem precaucionais é a evidenciado no inciso V:

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.

(...)

V - controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;

Assim o é também quando a Constituição Federal protege o ser humano trabalhador dos riscos labor-ambientais. Ao elencar os direitos “dos trabalhadores urbanos e rurais”, o Poder Constituinte assegura o princípio do não retrocesso e da melhoria contínua, deixando patente que a lista de direitos não será exaustiva (ordem direcionada ao Poder Constituinte Derivado, ao Legislativo, a todos que empregam ou contratam “trabalhadores” e também ao Judiciário) com a expressão “(...) além de outros que visem à melhoria de sua condição social (...). Dentre os direitos ali elencados, a “redução de riscos inerentes ao trabalho, por meio de normas de saúde, higiene e segurança”.

Já no Ato das Disposições Constitucionais Transitórias (artigo 10, II, “a”), também é a saúde do trabalhador e a prevenção aos riscos labor-ambientais o objeto de proteção ao assegurar que, desde o registro da candidatura ao cargo de direção da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA), até um ano após o final do mandato, o empregado cipeiro não poderá ser dispensado de forma arbitrária ou sem justa causa.

Art. 10. Até que seja promulgada a lei complementar a que se refere o art. 7º, I, da Constituição:

(...)

II - fica vedada a dispensa arbitrária ou sem justa causa:

a) do empregado eleito para cargo de direção de comissões internas de prevenção de acidentes, desde o registro de sua candidatura até um ano após o final de seu mandato;

Da mesma maneira, a Constituição Federal prestigia a ordem econômica e impõe a ela os limites típicos do Estado Democrático de Direito, a saber:

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:

(...)

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;

Como norma jurídica de maior caráter axiológico e geral, a Constituição da República cria sólida estrutura sobre a qual as normas infraconstitucionais se assentarão. A criação do sistema de proteção à saúde e à vida dos trabalhadores, por meio de normas que visam a garantia da higidez labor-ambiental, pela Constituição Federal em 1988, trata, nas palavras de PADILHA (2018, p. 977-978)

[...] nova perspectiva constitucional quanto ao risco à saúde e qualidade de vida do trabalhador no ambiente do trabalho, fundamentada nos princípios que alicerçam o ordenamento jusambiental brasileiro, e na caracterização do equilíbrio do meio ambiente como um direito fundamental que prioriza a proteção da vida, e impõe o eficiente controle dos riscos, na perspectiva de sua minimização e possível eliminação, e sob a ótica da precaução e não apenas de sua mera monetização, além de propiciar um amplo sistema de responsabilização do poluidor.

O princípio da precaução é especialmente útil, enquanto norma jurídica cogente pertencente ao sistema de proteção ambiental, para situações em que, apesar de o responsável juridicamente e criador do risco cumprir estritamente, à primeira vista, todas as leis vigentes em termos de saúde e segurança do trabalho. Para tais casos, em que os riscos são incertos e não há consenso científico quanto às consequências se concretizados os danos então vislumbrados, transfere-se ao responsável pela exploração da atividade o ônus de demonstrar sua segurança integralmente. Em situações assim, como os demonstra a história<sup>61</sup>, pode acontecer de particulares estarem à frente da legislação protetiva do

---

<sup>61</sup> Quanto aos casos históricos de danos ambientais – com consequências diretas para a saúde de determinada sociedade, incluindo empregados em comunidade, assim como meio ambiente em diversas de suas facetas – cumpre mencionar o relativamente recente e paradigmático conhecido como “Recanto dos Pássaros” que tramitou na 2ª Vara do Trabalho de Paulínia (SP), autos 0022200-28.2007.5.15.0126, sentença de mérito proferida em 19/08/2010 pela Juíza do Trabalho Maria Inês Corrêa de Cerqueira César Targa. Dentre outras matérias, apesar de a contaminação por substâncias químicas denominadas organoclorados (família “drin”) ter ocorrido entre os anos de 1977 e 2002, “as datas antes indicadas não podem ser consideradas como marcos iniciais da contagem de eventual prazo prescricional.” Antes,

meio ambiente<sup>62</sup> que, em última análise, protege a saúde e a vida humana. Estes possíveis cenários não podem ser utilizados como razão para não agir de modo a prevenir a degradação ambiental.

Tereza Ancona LOPEZ (2010, p.115-117) elenca cinco fundamentos jurídicos encontrados no direito brasileiro, são eles:

1º) No artigo 3º da Constituição Federal de 1988, que determina que constitui objetivo fundamental da República Federativa do Brasil "I - construir uma sociedade livre, justa, solidária". Portanto, **a solidariedade** é objetivo fundamental da República.

Esse princípio tem que ser usado sempre, pois vai iluminar a interpretação das normas, porquanto é ele um dos pilares que ajudam a construir o sistema jurídico pátrio. Não poderia deixar de aplicar-se à responsabilidade civil, que é o ramo do direito que vela para que os danos não fiquem impunes (*alterum non laedere*) e agora também para que os riscos e danos sejam evitados.

2º) Também são fundamentados os princípios da precaução e da prevenção no caput do artigo 5º, do título II da Constituição Federal de 1988, que trata dos "Direitos e Garantias Fundamentais". O artigo 5º dispõe que "Todos são iguais perante a lei, sem distinção de qualquer natureza, garantindo-se aos brasileiros e aos estrangeiros o direito à vida, à liberdade, à igualdade, **à segurança** e à propriedade, (...)". Completa essa proteção constitucional a norma do artigo 6º, insculpida no Capítulo II dos "direitos sociais", que determina que "São direitos sociais a educação, a saúde, o trabalho, o lazer, **a segurança**, a previdência social, a proteção à maternidade e à infância (...)". Portanto, a segurança aparece como um direito e garantia individual e coletiva e também como direito social. A precaução tem como objetivo direto **a segurança** individual e social, ou melhor, é um dos modos pelos quais se faz a gestão de riscos, riscos esses graves, irreparáveis e incertos. O princípio da precaução vai desenvolver o princípio da segurança.

---

consignou que "A matéria tratada neste feito [contaminação do meio ambiente do trabalho por substâncias sem qualquer informação acerca de seu potencial deletério, sob a alegação de se estar cumprindo os limites de tolerância previstos em lei] não se encontra sujeita à prescrição. (...) Não se pode cogitar de aplicação de prescrição quando o dano promovido é permanente e contínuo. Afinal, os efeitos da degradação ambiental se prolongam no tempo." (p. 33 da decisão)

<sup>62</sup> Vide também filme de longa-metragem, baseado em fatos reais históricos "Erin Brockovich – Uma mulher de talento", por Steven Soderbergh e, também sobre poluição do meio ambiente de trabalho e do meio ambiente natural, vide o filme *O Preço da Verdade: Dark Waters* (2019), dirigido por Todd Haynes, estreia no Brasil em 20/02/2020.

3º) Sem dúvida, também há os fundamentos estatutários, isto é, do direito infraconstitucional, como o Código de Defesa do Consumidor, que prevê expressamente a obrigação geral de segurança afeta ao fornecedor de produtos e serviços que ameacem a saúde, a vida e a segurança dos consumidores. É direito básico do consumidor "a proteção à vida, à saúde e à segurança contra riscos provocados por práticas no fornecimento de produtos e serviços considerados perigosos ou nocivos" (artigo 6º, I, CDC). Além disso, o consumidor tem expectativa de segurança nos produtos e serviços postos no mercado. O Código de Defesa do Consumidor, visando proteger a parte mais fraca e vulnerável, tem como "regras de fundo" os princípios da prevenção e da precaução, obrigatórios para os fornecedores de produtos e serviços.

O mesmo acontece com as leis ambientais, que exigem essa precaução para que o meio ambiente e, por consequência, as pessoas não fiquem prejudicados com seu mau uso ou uso abusivo. Podemos lembrar a Declaração do Rio de Janeiro, de 1992, que, em seu artigo 15, prevê expressamente o princípio da precaução ("De modo a proteger o meio ambiente, o princípio da precaução deve ser amplamente observado pelos Estados, de acordo com suas capacidades. Quando houver ameaça de danos sérios e irreversíveis, a ausência de absoluta certeza científica não deve ser utilizada como razão para postergar medidas eficazes e economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental"), que exprime de modo claro quando o princípio da precaução deve ser aplicado. A lei da responsabilidade em atividades nucleares (lei nº 6.453 de 1977) consagra a responsabilidade irrestrita por danos nucleares e, em matéria de precaução, prevê a responsabilização penal daquele que, ao explorar atividade nuclear, não observar as normas de segurança relativas à instalação nuclear e ao manuseio do material nuclear (artigo 26).

4º) Todos os ordenamentos nacionais e supranacionais que tratam do princípio da precaução.

5º) Porém, de outro lado, temos, para fundamentar juridicamente o princípio da precaução, em sua aplicação na prática jurisdicional, a *analogia legis*, ou seja, podemos aplicar para casos semelhantes e com a mesma razão de direito o artigo 15 da Carta do Rio de 1992, que exprime de maneira clara quando o princípio da precaução deve ser aplicado. Assim, diante da lacuna sobre a precaução, o intérprete usará a norma prevista para hipótese semelhante.

6º) Finalmente, o fundamento da precaução e também da prevenção como princípios jurídicos pode vir dos princípios inspiradores do sistema (*analogia juris*), como o princípio da segurança, o princípio da ética social, o princípio da função social da propriedade e dos contratos, o princípio da

dignidade humana, o princípio da solidariedade, o princípio do respeito à vida, à saúde, à propriedade, o princípio da igualdade substancial no plano individual e global, o princípio da reparação integral dos danos.

Assim como dos princípios gerais de direito, de conhecimento universal. Lembraríamos principalmente o *alterum non laedere*, "deve-se fazer o bem e evitar o mal", "deve-se respeitar o próximo", "deve-se manter a vida em sociedade", "deve-se pensar nas gerações futuras".

Por todos esses fundamentos, a referida autora entende que o princípio da precaução, em se tratando especificamente de responsabilidade civil, cumpre a função antecipatória dos riscos, procurando, segundo o estado do desenvolvimento científico (eminentemente dinâmico, o que impõe o dever de atualização constante), evitar o dano porque, caso se realize, ele é muito grave e irreversível<sup>63</sup>. Esta é a evolução da responsabilidade civil dos dias atuais.

Neste contexto da sociedade de risco, o princípio da precaução visa antecipar a ocorrência do fato danoso como primazia do sistema normativo, contudo, uma vez ocorrido o dano, deve-se levar em conta o gerenciamento do risco para apurar a omissão nas medidas de precaução e o acompanhamento do conhecimento científico para evitar o dano. O potencial dano de hoje, com a evolução científica, pode ser comprovado no futuro, exigindo a aplicação do princípio da prevenção.

Em ambientes laborais com uso de nanotecnologias, há perfeito encaixe entre as hipóteses normativas e doutrinárias para aplicação do princípio da precaução: (i) ainda não há consenso científico quanto aos potenciais danos que as nanotecnologias podem causar à saúde humana e ao meio ambiente laboral, em que pese haver intensa pesquisa científica sobre o assunto; (ii) ética e juridicamente os bens tutelados pelo princípio da precaução no meio ambiente do trabalho estão dentre os com maior valor no ordenamento jurídico (vida, saúde e direitos humanos); (iii) há igualmente possibilidade de risco ao meio ambiente natural em decorrência do uso de nanotecnologias (descartes, vazamentos, etc.); (iv) está presente, caso se concretize, a possibilidade de danos ambientais que transbordam os portões das fábricas (p. ex. poluição de solo, lençóis freáticos, etc., vide caso<sup>64</sup>) o que também pode ocorrer dano a vida de trabalhadores.

---

<sup>63</sup> *op. Cit. p. 121.*

<sup>64</sup> Vide caso "Recanto dos Passáros" em Paulínia-SP. A ser analisado com mais vagar mais adiante.

O princípio da precaução, presente ao longo do texto constitucional, como delineado acima, como princípio que é, tem carga alta carga axiológica e abstrata, cabendo ao jurista extraí-lo do sistema pelas regras de hermenêutica. Elevado ao patamar constitucional, ganha concretude à medida que se faz presente em normas específicas, como é o caso daquelas criadas para regulamentar os riscos labor-ambientais, quando impede o administrador público de praticar ato contrário, em seu conteúdo, aos preceitos; ou, o que tem se tornado cada vez mais comum, fundamenta decisão judicial (antes ou em momento posterior ao evento dano, por exemplo na determinação do *quantum* a ser arbitrado, com base no grau de comprometimento para atender o princípio pelo causador do dano).

Assim, o princípio em questão deve ser aplicado em situações concretas para identificar e, sobretudo, gerenciar riscos labor-ambientais quando o caso concreto assim demandar. Ou seja, em situações em que os requisitos de sua incidência se fazem presentes de forma concomitante, a saber: risco de dano ambiental irreversível ou de difícil reversão e incerteza científica quanto aos efeitos ambientais do dano.

Relembremos, por oportuno, que os casos em que os riscos são amplamente conhecidos, cujo resultado também é consensual na comunidade científica (não há incerteza científica), não se cogita a aplicação do princípio da precaução. Nestes cenários, o princípio da prevenção é a regra eficaz.

O princípio da precaução é aplicável em casos de riscos vislumbrados, cogitados mediante questionamentos fundamentados, mas em cenário que vigora a incerteza científica (LOPEZ, 2010, p. 1126):

Já o **princípio da precaução** deve ser aplicado no caso de riscos potenciais ou hipotéticos, abstratos, e que possam levar aos chamados danos graves e irreversíveis. É o “risco do risco”<sup>10</sup>. Nesse caso, não há dúvida que os atores desse momento devem identificar e construir esse risco (os atores são o poder público, as empresas, a mídia, a sociedade civil, os profissionais liberais e o próprio indivíduo) com base nas estatísticas, perícias, probabilidades, pesquisas de opinião e auxílio da mídia. (negrito no original)

Como expusemos no tópico 1.3.1. supra, as nanotecnologias se enquadram exatamente nas hipóteses em que o princípio da precaução é a resposta necessária

oferecida pelo Direito para que haja efetivação da proteção (máxima possível, segundo o estado da técnica) da saúde e da vida dos trabalhadores que ali se ativam.

O princípio da precaução é a forma encontrada pelo Direito (*dever-ser*) diante da realidade do mundo dos fatos no atual contexto tecnológico (*ser*)<sup>65</sup>, nesse sentido, impõe obrigações jurídicas várias para concretizar, no mundo dos fatos, o “dever geral de indenidade labor-ambiental” (FELICIANO, 2021, p. 305).

O primeiro feixe de obrigações trazidas pelo princípio da precaução quanto aos riscos labor-ambientais nanotecnológicos é o de gestão de riscos específicos para o caso concreto. É que, como vimos ao longo deste trabalho, as nanotecnologias têm como sua principal fonte de incertezas as características impares que as fazem promissoras em termos de inovação. Lidar com as incertezas nanotecnológicas requer constante atualização sobre o estado da arte científico, normas de gestão de riscos laborais, descobertas de equipamentos e métodos mais eficazes para afastar potenciais riscos, etc. todas as medidas disponíveis devem ser aplicadas para salvaguardar o meio ambiente do trabalho, especialmente, pressupondo incertezas científicas quanto aos riscos envolvidos e potencial severidade/irreversibilidade do dano.

### **3.5. Quando tudo deu errado: responsabilidade civil em caso de danos consumados**

É neste contexto que passamos a analisar a responsabilidade civil em caso de danos decorrentes do uso de nanotecnologias. Tivemos oportunidade de analisar discorrer sobre as particularidades da responsabilidade civil em matéria labor-ambiental, consignando, apenas para rememorar que a relação de trabalho é assimétrica e a repercussão dessa desigualdade gera repercussões na estrutura do Direito do Trabalho. Assim também ocorre na aplicação da responsabilidade civil em por riscos nanotecnológicos no meio ambiente laboral.

Como já assentado, as nanotecnologias surgem no seio da sociedade de riscos. Contudo, ao contrário do que possa parecer numa leitura apressada, dado que os riscos são inerentes à humanidade, cumpre uma vez mais tratar dos riscos em suas gradações e correspondentes repercussões para o sistema jurídico. A identificação do tipo de riscos

---



assumido, veremos, trará consequências para o processo de identificação da incidência normativa.

O Direito, como sistema, não repele todos os riscos – muitas vezes, ao contrário, os absorve como parte de suas variáveis compreendidas como válidas. FELICIANO<sup>66</sup> (2021, p.3015) explicitando a lógica luhmanniana (especificamente quanto ao caráter operacionalmente fechados e cognitivamente abertos dos sistemas), exemplifica alguns riscos aceitos pela ordem jurídica como as chamadas monetizações dos riscos laborais ou mesmo em caso de incentivos fiscais para instalação, por exemplo, de determinados setores químicos em determinado estado ou município. Tais riscos (agentes químicos, no caso) repercutem no meio ambiente laboral, expondo os trabalhadores que ali prestam seus serviços.

Seguindo a mesma linha do referido autor, são identificados cinco categorias diretamente relacionadas ao risco da atividade desenvolvida no meio ambiente laboral em análise. São elas (op. Cit., p. 314 e seguintes):

- (a) se o risco verificado corresponde a um risco inerente à atividade econômica ou social desempenhada (e, num momento seguinte - após a aferição do nexo de imputação -, se estamos diante de um risco inerente superlativo, concernindo à hipótese do art. 927, par. único, do Código Civil);
- (b) se o risco verificado é permitido, ou se, ao revés, é ilícito "prima facie" (= risco proibido "stricto sensu") - i.e., se aquela atividade de risco não poderia sequer ser desempenhada pelo agente econômico ou social, mercê da ordem jurídica vigente -, ou ainda se, de todo modo, convolou-se em um risco normativamente proibido (= risco desaprovado);
- (c) se o risco verificado corresponde a um incremento do risco inerente da atividade econômica ou social desempenhada, aumentando a probabilidade de dano;
- (d) se o risco verificado corresponde, ao revés, a uma diminuição do risco inerente da atividade econômica ou social desempenhada; e se o risco criado realizou-se no dano fenomenologicamente verificado.

---

<sup>66</sup> O autor refere ainda a norma do artigo 7º, XXIII da Constituição Federal que prevê adicionais de remuneração para atividades penosas, insalubres ou perigosas.

A depender da “linha investigativa”, conforme as cinco acima elencadas, poderá fazer incidir o “nexo de imputação normativa”<sup>67</sup> o que, em outras palavras, importa dizer que a norma jurídica é o elemento do sistema que faz nascer a obrigação de reparar o dano, segundo os requisitos previstos na própria norma. Daí se falar em *nexo nomológico-abstrato*<sup>68</sup> em oposição ao clássico nexo de causalidade (mundo do *ser*).

Detalhando cada uma das hipóteses acima, podemos adiantar que há situações em que a falta de nexo de imputação (norma) a se vincular ao risco criado por aquele que assume os riscos da atividade. Em casos deste matiz (item “a” acima), em que pese poder haver alguma relação de causa e efeito entre o dano e a conduta patronal, ela é tão marginal que não chega a gerar repercussão na imputação normativa. Em outras palavras, o risco consumado em dano pouquíssimo ou em nenhum grau se relaciona àqueles assumidos pelo empreendimento, havendo outra origem etiológica de tal forma importante que a concausa em grau irrisório não se mostra apta a fazer incidir a norma.

Outra hipótese de afastamento do nexo de imputação normativa são as situações em que o dano decorre de risco socialmente aceito e tolerado pelo ordenamento (item “b” acima), não criado por quem é acionado à reparar. Ora, viver em sociedade implica em riscos, como já amplamente expusemos, sendo juridicamente intolerável para o sistema jurídico brasileiro a transferência de *todos os riscos* a que o trabalhador se expõe no seu dia a dia ao empregador. Se o risco concretizado em dano se enquadrar dentre aqueles a que todos que vivem na mesma sociedade estiverem expostos, o empregador não será

---

<sup>67</sup> Nessa linha de argumentação, FELICIANO bem aponta frequente equívoco jurisprudencial e doutrinária entre os conceitos de *causalidade* e *imputação*. O primeiro, a nosso ver, interpretando a obra, se refere ao desencadeamento de causas e consequências segundo as leis de Newton, ou seja, o liame material entre ações, reações e resultados provocados pela conduta daquele sobre quem recai o ônus da responsabilidade civil (“naturalístico”, ontológico), típico das conclusões periciais em processos judiciais. Já a imputação, pertencente ao mundo do *dever-ser*, tem mais contato com as normas gerais e abstratas reduzidas ao dever jurídico prescrito pela norma, aquele que foi apontado por este sistema como responsável juridicamente (“axiológico-normativo” ou “nomológico-abstrato”). Assim, trata-se, em verdade, de conceitos distintos porque distintas são as naturezas de cada um deles.

De tudo isso, conclui-se que o sistema jurídico pode impor o ônus da responsabilidade civil, ainda que não haja causalidade, o que estaria, em tais casos, fundamentada a obrigação jurídica na imputação. Exemplos abundam, sobretudo diante da conduta omissiva, ocasião em que não se vislumbra, necessariamente, causalidade, mas a imputação subsiste por vontade do sistema normativo. O contrário segue válido: situações em que há causalidade incontestada, mas a norma exclui a responsabilidade jurídica. Daí se falar, por exemplo, em “inimputabilidade” de certos grupos de pessoas que, por suas condições especiais, são considerados incapazes, excluída a imputação (não a causalidade). Ou, citando exemplo constante na mesma obra citada, casos “atos reflexos ou atos inconscientes”.

<sup>68</sup> Na dicção de FELICIANO (2021, p. 313) o processo de investigação/argumentação das cinco linhas propostas, processam-se no mundo do *dever-ser*. O complemento ao raciocínio do autor é nosso, contrapondo as duas vertentes *dever-ser* e *ser*, entre a análise das linhas de investigação quanto ao risco ao elemento clássico do nexo de causalidade.

responsável pela reparação, ainda que eventualmente o evento possa ser, sob o aspecto previdenciário, considerado acidente do trabalho.

Exemplo elucidativo desses casos são fatalidades razoavelmente (ou estatisticamente) não previstas, como o exemplo do avião que cai sobre o estabelecimento comercial e vitima certo empregado. Considerando a hipótese de o local não ser próximo às cabeceiras de pista de aeroporto, certo é que o risco concretizado não é inerente (não poderia ser identificado e assumido) à atividade. Trata-se, este sim, de verdadeiro infortúnio.

Passando aos casos em que há nexos de imputação normativa (item “c” acima). Como já mencionado, há riscos que o sistema normativo identifica, reconhece como permitido, apesar de potencial dano à saúde humana. Está dentre as possibilidades concebidas previamente, ao analisar os riscos inerentes à atividade, eventual a concretização do dano. Ainda, o risco não é proibido; ao contrário, os riscos estão previstos e são aceitos socialmente. São os casos, inclusive, previstos na legislação (normas regulamentadoras), classificadas como insalubres, perigosas ou penosas.

Como o risco é inerente à atividade (atividade normalmente desenvolvida) e, por isso, majorado se comparado às demais pessoas não expostas aos agentes, a incidência da responsabilidade objetiva é imposta pelo ordenamento jurídico (artigo 927, parágrafo único do Código Civil). Neste sentido, é a decisão com efeito vinculante (RE 828.040, rel. Min. Alexandre de Moraes, tese de repercussão geral n. 932) proferida pelo Pleno do Supremo Tribunal Federal, com fixação de tese:

O artigo 927, parágrafo único, do Código Civil é compatível com o artigo 7º, XXVIII, da Constituição Federal, sendo constitucional a responsabilização objetiva do empregador por danos decorrentes de acidentes de trabalho, nos casos especificados em lei, ou quando a atividade normalmente desenvolvida, por sua natureza, apresentar exposição habitual a risco especial, com potencialidade lesiva e implicar ao trabalhador ônus maior do que aos demais membros da coletividade.

Segundo FELICIANO (2021, p. 324), não fosse a tese fixada, nos casos em que o risco é permitido (previstos, por exemplo, nas normas regulamentadoras) e o dano se concretiza, adotando a premissa de cumprimento das medidas legais para evitar o dano, haveria necessidade de se investigar dolo ou culpa do empregador (artigo 7º, XXVIII da Constituição Federal, artigos 186, 932, III e 933 do Código Civil).

Portanto, após a fixação da tese, basta a identificação do nexo de causalidade (incluindo a concausa) entre a atividade cujo risco é especial e o dano para fazer nascer o dever de repará-lo.

Há, contudo, situações em que a legislação não prevê expressamente a condição especial da atividade, denotando que a lista de atividades como perigosas, insalubres ou penosas não são a única fonte de aferição, além de não ser exaustiva<sup>69</sup>. Pode ser reconhecida a responsabilidade sem culpa, com base nas circunstâncias concretas, dado que a expressão fixada na tese de repercussão geral n. 932 (...) “apresentar exposição habitual a risco especial, com potencialidade lesiva” (...) “ônus maior do que aos demais membros da coletividade.” é aberta, cabendo ao julgador subjetivamente identificar se estão presentes tais requisitos<sup>70</sup>.

Há situações, ainda, em que o ordenamento jurídico permite a convivência com certos riscos, desde que atendidas certas condições, a fim de que o dano potencial seja evitado de forma eficaz. São as hipóteses de degradação ambiental que faz incidir a responsabilização jurídica daquele que tinha o dever de preservar a higidez do meio ambiente do trabalho, no mais das vezes, o empregador<sup>71</sup>.

Com efeito, atividades que lidam com riscos e perigos conhecidos trazem consigo o dever acessório de indenidade, nascendo o direito irrenunciável daquele que se ativa sob ordens de outrem, em ter sua saúde e demais direitos de personalidade incólumes. Desta forma, o poder diretivo impõe, no que toca à saúde e segurança do trabalho, a obrigação de fiscalização do cumprimento das medidas de prevenção

---

<sup>69</sup> Pudera. É pressuposto que as relações sociais e a complexidade da vida no mundo palpável dos fatos tende a situações infinitas, ao passo que o Direito escrito, por mais extenso que seja, tem limitações. Portanto, caberá ao Estado-juiz identificar o alcance identificar a aplicação da tese fixada.

<sup>70</sup> Sobre este aspecto, entendemos que há dados possíveis de serem levantados em processo judicial (pelo próprio juízo de ofício ou atendendo requerimento da parte interessada), por exemplo, o índice de sinistralidade de determinada empresa. Identificar se há maior incidência, para certa enfermidade ou acidentes do trabalho (mutilações de membros superiores, por exemplo) vinculado à atividade exercida pela parte ré ou especificamente, ainda que não esteja presente expressamente no NTEP. Em caso positivo, entendemos, há indício de risco especial, pois o risco se mostrou “maior do que aos demais membros da coletividade”.

<sup>71</sup> Reiteramos que, embora seja a situação mais comum, nem sempre o responsável juridicamente é “empregador”, sendo certo que as normas de saúde e segurança do trabalho podem incidir sobre relações jurídicas diversas da de emprego, como aos quadros de servidores públicos, empregados de empresas terceirizadas, por exemplo.

estabelecidas nas normas reguladoras e demais normas aplicáveis. Assim, o risco que nasceu como permitido transforma-se, concretamente, em “desaprovado” (FELICIANO, 2021, p. 329) pelo descumprimento de obrigações cogentes previstas para evitar o dano.

Neste cenário, constatado o dano e o nexos causal (ou concausal) entre o dano e a atividade com risco intensificado, haverá responsabilização civil. Isso se deve à norma do artigo 14, parágrafo 1º, da Lei 6.938/1981.

Neste ponto, chegamos finalmente à hipótese aplicável às nanotecnologias. Eis o desdobramento do princípio da precaução para casos em que as medidas precaucionais, anteriores ao dano, não se mostraram suficientes para evita-lo.

É certo que o princípio da precaução em matéria labor-ambiental, assim como os demais princípios constitucionais – em especial aqueles de Direito Ambiental do Trabalho –, confere coesão às normas de saúde e segurança. Não menos certo é que as normas voltadas à proteção da saúde do trabalhador (em seu sentido mais amplo, inclusive a saúde psíquica, portanto, não apenas a biológica) preveem a adoção de todas as medidas disponíveis, segundo o atual conhecimento científico sobre a matéria, com vista a evitar que o dano ocorra.

Isto posto, ocorrendo danos, apesar da incerteza científica quanto aos riscos, não poderá alegar o empregador que “todas as leis foram seguidas estritamente” e, como consequência, não será possível se furtar à obrigação de reparação integral pelos riscos decorrentes da atividade.

Neste sentido temos julgamentos paradigmáticos na jurisprudência nacional. A começar pelo julgamento em Sessão Plenária do Supremo Tribunal Federal, na nos autos da Medida Cautelar em ADI 3.540/DF, de relatoria do Min. Celso de Mello, restando decidido o seguinte quanto à inserção do meio ambiente do trabalho no conceito de meio ambiente, na acepção constitucional:

A incolumidade do meio ambiente não pode ser comprometida por interesses empresariais nem ficar dependente de motivações de índole meramente econômica, ainda mais se se tiver presente que a atividade econômica, considerada a disciplina constitucional que a rege, está subordinada, dentre outros princípios gerais, àquele que privilegia a "defesa do meio ambiente" (CF, art. 170, VI), que traduz conceito amplo e abrangente das noções de meio ambiente natural, de meio ambiente cultural, de meio ambiente artificial (espaço urbano) e de meio ambiente laboral. (DJ 03/02/2006).

Extraímos da interpretação constitucional pelo órgão responsável pela sua guarda (Constituição Federal, artigo 102, *caput*), o Supremo Tribunal Federal, em Sessão Plenária, frise-se, que o meio ambiente do trabalho não apenas é uma das facetas do conceito de meio ambiente – como, ademais, amplamente compreendido pela doutrina citada ao longo deste trabalho – como, também e não menos importante, a incolumidade deste meio ambiente não deve se subordinar em nível valorativo ao outro interesse protegido constitucionalmente, ou seja, a atividade econômica. Ao revés, esta atividade econômica para ter legitimidade, deve ser compatível com a higidez do meio ambiente em que ela é desenvolvida, e somente com esta premissa, deve ser levada a cabo.

Nesta mesma linha temos julgamentos importantes na Justiça do Trabalho. Citamos o caso que ficou conhecido como “Recanto dos Pássaros”<sup>72</sup>, ocorrido na cidade de Paulínia, interior de São Paulo. Trata-se de ação civil pública promovida pelo Ministério Público do Trabalho em que se discutiu, de modo transversal, questões ambientais (meio ambiente natural que refletiram diretamente no desequilíbrio do meio ambiente laboral). Vejamos trechos da decisão de mérito (g.n.):

O que é certo é que **não havia consenso – e ainda não há- acerca de todos os efeitos danosos** decorrentes da exposição das pessoas ao contato com os produtos então fabricados ou manipulados e, muito menos, o perigo acrescido quando esses produtos estão presentes de forma concomitante e impregnam todo o ambiente. E é justamente **porque não havia esse consenso (que existente implicaria em conduta criminosa da primeira requerida), que se aplica a este caso o princípio da precaução**, já adotado em 1970 na Alemanha, na Declaração de Wingspread, juntamente com o princípio da cooperação e o princípio do poluidor-pagador. (...)

---

<sup>72</sup> ACP 0022200-28.2007.5.15.0126, sentença proferida pela juíza Maria Inês Corrêa de Cerqueira César Targa em 19/08/2010. Sobre este processo, após a citada sentença, houve conciliação no âmbito do Tribunal Superior do Trabalho, instância em que o feito tramitou sob o mesmo número da origem, já transcrito. Em suma, a ação foi distribuída em 07/03/2007, sustentando os autores que na década de 1970, a empresa Shell montou complexo industrial na cidade de Paulínia/SP para produção de praguicidas, o que culminou com grave dano ambiental abarcando, além dos trabalhadores, a comunidade da região. Em março de 2000 a empresa BASF teria adquirido o complexo industrial, além de parte da área, pela empresa Kraton Polymers. A Universidade de Campinas apresentou relatórios apontando contaminação por compostos químicos da família “DRINS”, assim como a contaminação de trabalhadores pelas substâncias químicas. Dentre outras questões, digno de nota que representantes do Sistema Único de Saúde (SUS) participaram das reuniões de tentativa de conciliação no Ministério Público do Trabalho (MPT). Destacamos este ponto porque ele reflete, também, a inteligência do artigo 200, VIII da Constituição, que atribui competências ao SUS, incluindo a colaboração na proteção do “meio ambiente, nele compreendido o do trabalho”. Não se olvide, ademais, que a sentença reconhece que era o SUS quem estava, até aquele momento, arcando com as despesas geradas no tratamento das enfermidades ocasionadas pelas rés.

Em nosso ordenamento jurídico, o princípio da precaução está inserido na Constituição Federal (art. 225, § 1o, V), na Lei de Crimes Ambientais (lei 9.605/1998, art. 54, § 3o) e na Lei de Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938, de 31/08/1981). O artigo 4, I e IV, da última legislação citada, determina a observância do equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e do impacto ambiental por ele causado, equilíbrio que nenhuma das requeridas se preocupou em manter, a primeira porque poluiu imensamente, e a segunda porque, além de também ter poluído, ainda sabedora da contaminação ambiental, comprou o parque fabril, continuando sua exploração até ser instada ao seu fechamento (que ocorreu de forma compulsória, se diga).

A partir da consagração do princípio da precaução, se desenvolveu uma nova concepção em relação à obrigatoriedade da comprovação científica do dano ambiental e de suas repercussões. Caso determinada atividade represente ameaça de dano ao meio ambiente, independentemente da certeza científica da ocorrência desse dano, obrigatoriamente devem ser adotadas medidas que evitem a degradação do meio ambiente. São absolutamente inócuos os argumentos da 1ª ré em sentido contrário.

No referido caso, os argumentos das empresas rés seguiram exatamente a linha de que norma alguma do ordenamento jurídico fora desrespeitada, tampouco os limites de tolerância previstos nas normas regulamentadoras, em especial; o princípio da precaução não seria apto a ensejar reparação (responsabilidade civil) pois não estariam presentes o nexo de causalidade e ato ilícito. Portanto, segundo esta linha de defesa, a responsabilidade civil seria aplicável apenas preenchimento dos requisitos clássicos de culpa ou dolo, nexo de causalidade e dano.

Como já amplamente defendido ao longo deste trabalho, se é certo que a responsabilidade civil aquiliana incide em situações da sociedade de risco, como a atual, não menos certo é que os requisitos para sua incidência se mostraram, no curso da história, incapazes de oferecer às dinâmicas sociais do século XXI respostas adequadas, não raro, onerando de modo reiterado vítimas de danos, que se viam obrigadas a produzir prova técnicas difíceis de serem produzidas ou impossíveis. Neste cenário, há de se reconhecer, o dano acaba por ser suportado pela própria vítima.

Daí vem a relativização dos sistemas normativos democráticos mais recentes, a fim de direcionar o ônus a quem decide conscientemente explorar atividades com risco (ambiental) majorado, desconhecido pelo estado da ciência, com o agravante da potencialidade de dano, caso os riscos sejam concretizados. Assim, as normas que ressignificam a responsabilidade civil em matéria (labor-)ambiental seguem nessa esteira,

qual seja, a de impor aquele que assume o risco da atividade o ônus de provar que a atividade desenvolvida não gerou o dano em discussão.

Portanto, sabido que em técnicas de nanotecnologias, como regra, há o império da incerteza científica quanto aos riscos, sua extensão e modos efetivamente eficazes de evita-los (ciência em pleno desenvolvimento), eventuais danos labor-ambientais decorrentes de poluição<sup>73</sup> consequente desta atividade nanotecnológica, há de ser suportado pelo empregador na modalidade objetiva, eis a este é imputado o ônus de manter hígido o meio ambiente laboral ( art. 14, parágrafo 1º, da Lei 6.938/1981).

---

<sup>73</sup> Vide Ney MARANHÃO (2017, p. 226), para quem poluição [labor-ambiental] é o “desarranjo sistêmico suscitado pela ingerência humana que gera inaceitável afetação do equilíbrio ambiental propiciador de vida”.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como considerações finais, elencamos uma breve síntese do trabalho e seus principais achados enquanto pesquisa acadêmica.

Em suma, podemos afirmar que (i) vivemos período histórico de grandes e frequentes mudanças em intervalos temporais cada vez menores; (ii) as mudanças, verdadeiras revoluções no modo de vida e das interações sociais, são fortemente vinculadas às novas tecnologias; (iii) a partir de uma breve análise histórica, observou-se que há relação direta entre drásticas mudanças de fundo social/tecnológico e o mundo do trabalho, influenciando o Direito; (iv) nosso enfoque foi identificar os reflexos da chamada Revolução Industrial, nascida na Inglaterra, no Direito do Trabalho, em especial nas questões de saúde e segurança do trabalho; (v) identificamos quais foram as respostas oferecidas pelo Direito à época e, (vi) a partir disso, apontamos as respostas possíveis do Direito Ambiental do Trabalho no contexto atual, diante dos riscos labor-ambientais novos decorrentes do uso de nanotecnologias, (vii) os princípios de Direito Ambiental do Trabalho (princípio da prevenção, desenvolvimento sustentável, poluidor-pagador e precaução) exercem importante função na para concretização da proteção jurídica à saúde e à vida dos trabalhadores; (viii) o princípio da precaução, analisado mais detidamente nesta pesquisa, tem incidência tanto para evitar o dano (direcionado ao Legislativo, Administração Pública, sociedade civil, autoridades atuantes, sindicatos, empresas, Judiciário) quanto, em casos de danos consumados, no processo hermenêutico, para responsabilização do causador.

Com base nos pontos acima, nossas considerações finais são elencadas abaixo seguindo a linha de construção do raciocínio jurídico exposto ao longo do trabalho:

- a) O ser humano passa, ao longo de sua história, por períodos de grandes mudanças em sua forma de viver, interagir com a natureza, no modo extrair dela a matéria necessária para sua sobrevivência e desenvolvimento;
- b) As grandes transformações da vida humana, forma de organização social e complexidade de fatos juridicamente relevantes, têm nas evoluções tecnológicas uma de

suas principais bases, embora as evoluções tecnológicas não sejam o único fator de propulsão das grandes mudanças da humanidade;

c) Exemplo eloquente deste fenômeno, objeto de maior atenção para os propósitos deste trabalho, é a chamada Revolução Industrial ocorrida no século XVIII na Inglaterra, assim como seus muitos desdobramentos em níveis globais;

d) Além das transformações sociais e do mundo do trabalho, a partir do advento da Revolução Industrial a humanidade passou a experimentar evolução tecnológica cada vez mais drásticas, em períodos cada vez mais curtos. Sobretudo a partir da segunda metade do século XX, as revoluções tecnológicas passaram a ocorrer de forma mais profundas, em pouquíssimo tempo;

e) Além das transformações do modo de vida do cidadão médio a partir das Revoluções Industriais, de forma cada vez mais acentuada, o desenvolvimento tecnológico passou a implicar riscos jamais vistos, invocando mudanças no sistema jurídico;

f) Em linhas gerais, a chamada sociedade de risco contrasta com períodos anteriores nos seguintes aspectos:

a. Antes, embora os riscos fossem estivessem presentes, não eram gerados – ou majorados – como reflexo da ação humana, diziam respeito principalmente aos eventos da natureza;

b. Em períodos remotos, eventuais danos eram autolimitados no tempo e no espaço, afetando negativamente somente certo número. A própria natureza se restabelecia com o passar do tempo;

c. Em contraste, as tecnologias mais recentes apresentam as seguintes características quanto aos riscos:

i. Potencial destrutivo tendente a afetar o planeta ou grande número de pessoas;

- ii. Incerteza científica quanto aos riscos criados para o meio ambiente em geral e para a saúde humana;
  - iii. Os potenciais riscos passaram a ser virtualmente ilimitados no tempo e no espaço, podendo gerar danos em nível global;
  - iv. de difícil ou impossível reparação (retorno ao *status quo ante*);
  - v. irreversíveis (ao menos em curto e médio prazos).
- g) As constantes e drásticas alterações no mundo dos fatos sociais, em especial os oriundos do desenvolvimento tecnológico, impactaram (e continuam impactando) de forma significativa a dinâmica do sistema jurídico;
- h) Constata-se, por assim dizer, que a Ciência do Direito – como ciência social aplicada – sofre influências das complexas questões trazidas pela organização social típica do século XXI, em especial aquelas provocadas pelas revoluções tecnológicas dos nossos tempos;
- i) Neste cenário, o Direito, como sistema criado para dar conta de conflitos (os novos e os já existentes) e promover pacificação social, tem o desafio de oferecer respostas adequadas aos problemas atuais;
- j) O Direito Ambiental do Trabalho se mostra importante ferramenta para atender aos novos desafios, sobretudo por sua sólida base constitucional;
- k) Estabelecidas as bases sobre as quais o Direito do Trabalho se sustenta no ordenamento jurídico, a decorrência lógico-jurídica é a ampla aplicação dos princípios de Direito Ambiental do Trabalho, em especial o da precaução, que ganha protagonismo para a concretização dos direitos à saúde (em todas as suas acepções), integridade física e à vida dos trabalhadores;
- a. Este princípio possui aplicabilidade ampla, tendo seus reflexos vinculantes nos governos, administradores públicos, legisladores, profissionais do direito, profissionais de saúde e segurança do

trabalho, sociedade civil organizada, etc. Enfim todos os atores direta ou indiretamente relacionados à preservação do equilíbrio ambiental (solidariedade).

- b. Isto ponto, há especial direcionamento àquele que assume a posição de responsável pelo potencial risco (sobre quem haverá, em caso de dano, imputação normativa e responsabilização jurídica). No caso do Direito Ambiental do Trabalho, em regra, este ônus recai sobre o empregador;

l) As nanotecnologias (preferencialmente referidas no plural, tamanha amplitude e variedade de sua aplicação) são técnicas diversas com vista à manipulação/criação de materiais na escala de 1 a 100 nanômetros. Em tais dimensões, as propriedades físico-químicas da matéria são diferentes daquelas que as mesmas substância apresentam em escala não nanométrica.

- a. O comportamento diferenciado varia para cada substância, formato, tamanho (mesmo dentro da faixa nanométrica, considerando a mesma substância), superfície de contato, etc.;
- b. Justamente o comportamento alterado pelo diminuto tamanho, há incertezas científicas várias quanto aos potenciais riscos de danos (atuais e/ou futuros) que essas técnicas podem ocasionar ao meio ambiente, inclusive o laboral, à saúde humana e demais seres vivos;
- c. O uso das nanotecnologias se disseminou no mundo todo nos últimos 20 anos, o que significa dizer, conseqüentemente, que os riscos/danos labor-ambientais oriundos de seu uso/exposição, se concretizados, atingirão potencialmente enorme contingente de pessoas.

m) Dentre os benefícios para humanidade prometidos pelas nanotecnologias, podemos citar, por exemplo, cura de doenças até então incuráveis, avanços em todos os ramos do saber humano, contribuição para resolução de problemas de energia, despoluição do meio ambiente e aumento das atividades econômicas);

- n) As nanotecnologias já fazem parte do dia a dia de boa parte da população. São utilizadas em incontáveis produtos comercializados mundo afora, desde cremes, protetores solares, embalagens, eletrônicos, materiais esportivos, roupas, plásticos, etc.;
- o) Dentre as inúmeras promessas nanotecnológicas, uma das mais importantes (e que se concretizou) em termos de impacto positivo, ocorreu no contexto da pandemia ocasionada pelo vírus SARS-CoV-2. No cenário pandêmico, o domínio das nanotecnologias possibilitou a criação das vacinas com maior eficácia contra o agente viral. Assim, as nanotecnologias se mostraram fundamentais para o enfrentamento dos riscos e perigos dos nossos tempos, mas contraditoriamente são fonte de importantes preocupações da comunidade científica;
- p) As situações retratadas nos itens anteriores demonstram a complexidade do assunto: as mesmas características que fazem as nanotecnologias serem fonte de grande esperança (características físico-químicas diversas das substâncias em escala macro), devem inspirar cautela diante das incertezas quanto aos riscos envolvidos;
- q) Os trabalhadores, como regra, são as pessoas mais expostas aos riscos, inclusive nanotecnológicos, tendo em vista que esta população lida com os agentes durante boa parte do seu dia;
- a. Os desafios enfrentados pela nanotoxicologia estão longe de serem superados no curto prazo, o que reforça a importância do presente estudo, que enfatiza a necessidade da abordagem precaucional em saúde e segurança do trabalho;
  - b. Assim, a combinação dos fatores “falta de regulamentação específica”, “incerteza científica quanto ao dano, sua extensão e possibilidade de reparação” desperta a necessidade de abordagem do assunto pelo viés da precaução, com todos os seus desdobramentos;
- r) Quanto aos meios de gestão de riscos labor-ambientais, com uso de nanotecnologias, a gestão de possíveis riscos se mostra tarefa árdua diante das incertezas. Entretanto, entidades respeitadas (nacionais e internacionais) desenvolvem pesquisas

para o estabelecimento de “framework” para o trabalho seguro em ambiente nanotecnológico. Contudo, apesar de as pesquisas se desenvolverem ao longo dos últimos 20 anos, algumas dificuldades próprias das nanotecnologias impedem o avanço mais rápido dos trabalhos:

- a. Os meios convencionais de mitigação, prevenção e controle de riscos de acidentes e doenças do trabalho não são compatíveis quando há uso de nanotecnologias;
- b. As nanotecnologias são muito diversas, podendo apresentar riscos/perigos como biológica, química, toxicidade, explosão, combustão.
- c. Ademais, com a alteração das propriedades físico-químicas, os testes realizados nas substâncias em escala macro não servem;
- d. Por conta do tamanho, há considerável dificuldade na obtenção de equipamentos para aferição das partículas (concentração, p. ex.);
- e. A complexidade envolve também a singularidade de cada nanomaterial, seu formato e tamanho. Haveria necessidade de testes para variação ampla de formatos e tamanhos de muitas substâncias. Não se olvide que as substâncias podem formar novas ligações químicas, o que alteraria os parâmetros de cada componente isoladamente;
- f. Na maioria das vezes, os protocolos já disponíveis referem-se quanto à proteção das vias aéreas superiores e mucosas. Assim, a base dos protocolos é similar à proteção contra aerossóis;
- g. Além das autoridades regulatórias de medicina e saúde do trabalho, outras agências estatais se envolvem com a criação de marcos regulatório, principalmente na área de agricultura, ciência, defesa, vigilância sanitária e medicamentos;
- h. No caso do Brasil, a ausência de regulamentação específica não impede a incidência do conjunto de normas protetoras dos direitos dos trabalhadores previstos na Constituição Federal e demais normas que compõem o ordenamento jurídico;

- i. Neste contexto de incerteza, ganha relevância o Direito Ambiental do Trabalho e seus princípios porque mostram-se aptos a melhor concretizar o direito à redução de riscos ocupacionais;
  - j. Dentre os princípios de Direito Ambiental do Trabalho, o princípio da precaução tem fundamental importância no que se refere a riscos nanotecnológicos em matéria labor-ambiental.
- s) Demonstramos ao longo deste trabalho que o princípio da precaução deve ser aplicado com enfoque na antecipação e gestão do risco, para evitar a concretização do evitar o dano labor-ambiental, mas também quando da aferição das responsabilidades decorrentes do uso das nanotecnologias;
- t) O princípio da precaução, como um dos informadores do Direito Ambiental do Trabalho, irradia sua força normativa em várias direções (desdobramento da solidariedade ambiental):
- a. legislador, tendo seu poder limitado, deve criar normas que não sejam contrárias ao princípio;
  - b. iniciativa privada durante todas as fases do empreendimento deve seguir as diretrizes do princípio da precaução: projeto, organização, análise de riscos, dimensionamento, acompanhamento do estado da ciência quanto às incertezas, etc. Em caso de dano, o princípio da precaução recai sobre o responsável, podendo fazer o valor de reparação ser maior ou menor, conforme as medidas adotadas e comprovadas;
  - c. Estado-juiz, funcionando como princípio-norma, vinculando suas decisões: medidas processuais de urgência/emergência, antecipação dos efeitos da tutela, inversão do ônus da prova, inspeções judiciais, maior atenção na produção da prova técnico-científica e sua avaliação.

- d. Sociedade civil, ampla participação, inclusive participação ativa nos debates sobre SST, conscientização e influência junto aos atores políticos, investimento para disseminação de informações, exigência de políticas específicas quanto à segurança, etc.
- u) Em suas irradiações direcionadas ao Legislativo, destacamos a menção expressa ao princípio da precaução no PL 880/2019 (iniciativa do Senador Jorginho Mello-PL/SC e relatoria do Senador Jean Paul Prater), chamado de Marco Legal da Nanotecnologia e Materiais Avançados. No relatório do relator há menção expressa da participação do MPT, MP, universidades, mas não de seguimentos representantes de trabalhadores.
- v) Em nosso entendimento, o PL880/2019, com relação à saúde e segurança do trabalho, coaduna-se com o que defendemos neste trabalho, pois:
- i. Como não poderia deixar de ser, considerando o conhecimento científico atual, é norma que não trata de SST, tendo caráter principiológico;
  - ii. Tem caráter de adoção de medidas anteriores ao dano, adotando claramente viés de precaução (art. 2º, *caput* e inciso I);
  - iii. Concilia os preceitos de prevenção e precaução aos interesses legítimos da inovação tecnológica, sempre visando assegurar o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado;
  - iv. Assegura o direito de informação adequada e contextualizada, inclusive aos trabalhadores;
  - v. Tem como base a redução de riscos inerentes ao trabalho, avaliação “dos possíveis riscos à saúde dos trabalhadores”;
  - vi. Determina o Art. 2º que, sem abrir mão do direito ao meio ambiente economicamente equilibrado, incentiva a inovação e pesquisa científica, tecnológica e nanotecnológica;
  - vii. Com esta base, define que as atividades acima devem observar os princípios da precaução, sustentabilidade



ambiental, consideração dos impactos, solidariedade e responsabilidade do produtor.

viii. No art. 3º, o texto também é expresso, na mesma linha de nosso entendimento, assegurando diretrizes para redução dos riscos inerentes ao trabalho, em especial a proteção à saúde, com destaque à dos trabalhadores

w) Em que pese os avanços previstos no PL 880/2019, entendemos que a lei deveria prever expressamente maior participação de representantes dos trabalhadores nos processos decisórios relacionadas à saúde e segurança do trabalho. Interpretação sistemática da lei – se e quando vier a integrar o ordenamento jurídico – segundo nosso entendimento, deverá ser no sentido de ser direito dos trabalhadores a participação. Contudo, pensamos que a oportunidade legislativa de tornar expresso o direito existe e deve ser aproveitada;

x) Na mesma linha, o parágrafo único do artigo 5º do PL, deveria prever expressamente a participação das entidades sindicais como um dos atores fundamentais para acompanhamento, avaliação e revisão da política pública para nanotecnologia a cargo de “cada esfera da federação”.

y) Neste sentido, entendemos que a regulamentação das nanotecnologias passa, necessariamente, pelas tomadas de decisão sobre *quem* interfere nos processos decisórios de regulação. Atualmente, este processo tem participação sobretudo da iniciativa privada, centros acadêmicos e de pesquisa e Ministério Público. Há, portanto, risco de indesejável e desproporcional influência, apenas pela representação patronal, no processo regulatório estatal;

z) Apesar disso, esta influência desproporcional não é refletida, à primeira vista, no PL 880/2019, por ter caráter eminentemente principiológico e ter tido participação da sociedade civil organizada e Ministério Público do Trabalho;

aa) Não obstante, é fundamental o acompanhamento das iniciativas legislativas quanto à matéria para evitar que os instrumentos regulatórios estatais reflitam apenas o poder econômico e seus interesses imediatos;

bb) Sobre este tema, entendemos que no Brasil há centros de excelência quanto ao assunto, universidades e entidades com profissionais com conhecimento específico sobre SST e nanotecnologias. É fundamental, e deve ser incentivada a disseminação deste

conhecimento, atualmente concentrado no meio acadêmico, setores empresariais e nos centros de pesquisa;

cc) Quanto à jurisprudência em matéria labor-ambiental que envolve nanotecnologias e saúde e segurança do trabalho ainda há pouquíssimos julgados. Isso significa, em nosso entendimento, que há importante trabalho a ser feito para disseminação e multiplicação do conhecimento sobre a matéria na formação de profissionais do Direito: juízes, procuradores, advogados, auditores-fiscais do trabalho, peritos judiciais, etc.

- a. será que o assunto aqui tratado não chega ao Judiciário por que não existem conflitos relevantes sobre o tema ou por falta de disseminação das questões aqui tratadas? Talvez a resposta a este questionamento possa ser objeto de pesquisa futura;

dd) Nesse sentido, entendemos ser papel importante da sociedade civil como a Ordem dos Advogados do Brasil, associações de magistrados, procuradores, servidores, organizações não governamentais, etc. atuar no sentido de promover o conhecimento sobre o assunto e assumir seus respectivos papéis no debate público;

ee) Embora haja corrente minoritária na doutrina trabalhista no sentido de não reconhecer o Direito Ambiental do Trabalho como um ramo do Direito do Trabalho, é digno de nota que também exista produção bibliográfica considerável nos últimos anos sobre o tema. Nos parece que este ramo do Direito do Trabalho tem crescido, inclusive com decisões dos Tribunais Superiores reconhecendo gradualmente o que a doutrina vem publicando;

ff) Decisões importantes do Supremo Tribunal Federal utilizam como fundamento o princípio da prevenção, o que tende a fortalecer ainda mais os entendimentos anteriores desta mesma corte. As reiteradas decisões do Supremo quanto à cogência do princípio da precaução, a nosso ver, reforçam ainda mais o alcance fundamental deste princípio-norma;

gg) Digno de nota, em nossa visão, que um dos processos trabalhistas de maior relevância<sup>74</sup> trate de questões fundamentalmente tratadas neste trabalho: danos labor-

---

<sup>74</sup> Tanto pela complexidade por conta das questões de direito material e processual, pela extensão dos danos (vida e saúde de muitas pessoas), severidade do dano labor-ambiental e também pelos danos ao meio ambiente natural). Diversas partes, terceiros interessados como o SUS, universidade pública, etc.

ambientais, incerteza científica à época dos fatos. A ação civil pública conhecida como “Recanto dos Pássaros” da cidade de Paulínia revela os impactos nocivos que o menoscabo do princípio da precaução<sup>75</sup> (no caso, pela conduta patronal, antes da ocorrência do dano) pode causar, impactando diretamente o meio ambiente natural, a coletividade de trabalhadores e a comunidade ao redor do complexo fabril, o SUS, os cofres públicos, etc. Por outro lado, demonstra a importância deste princípio, no processo judicial, para situações em que há incerteza científica, suposto cumprimento de limites de tolerância (quando existentes).

hh) No plano do direito coletivo do trabalho, tratamos da possibilidade de regulamentação da matéria por acordos e convenções coletivas. Elencamos alguns exemplos concretos em que há disposição em norma coletiva acerca das nanotecnologias:

- a. São extremamente bem-vindas tais iniciativas, ainda que tímidas;
- b. As cláusulas encontradas garantem apenas o acesso à informação em caso de manipulação de nanomateriais;
- c. Entendemos que a negociação quanto à SST só é válida se o conteúdo visar a melhoria das condições de saúde e segurança do trabalho;
- d. Entendemos que seria salutar a previsão em norma coletiva, por exemplo, da aplicação dos princípios de direito ambiental do trabalho para a categoria que faz uso de nanotecnologias, trazendo maior segurança jurídica a todos os envolvidos;

ii) Como já mencionado, a responsabilidade civil em matéria labor-ambiental pode haver relativização dos elementos clássicos de culpa ou dolo, nexos causal e dano. Entendemos que a tendência, diante da complexidade da vida, é que os requisitos sejam

---

<sup>75</sup> A magistrada consignou em sentença o fato de os danos não serem possíveis de se prever, inclusive no tempo em que a decisão foi prolatada.

cada vez mais flexibilizados, direcionando a própria norma o responsável integral em caso de dano;

jj) Em caso de dano decorrente do uso de nanotecnologias (incerteza científica e gravidade do dano), a responsabilização é objetiva (art. 14, parágrafo 1º, Lei 6.938/81) se aquele que a norma aponta como responsável coincidir com a pessoa do empregador. Há assunção do risco quando da escolha de atividade “apesar da incerteza científica” quanto aos potenciais riscos (dever geral de indenidade labor-ambiental; deveres acessórios à relação de emprego; competência em razão da instituição; dever patronal de proteção);

kk) Ainda em caso de dano decorrente de uso de nanotecnologias, tendo como premissa a incerteza científica quanto aos potenciais riscos, a alegação de cumprimento estrito das normas de saúde e segurança do trabalho não exime a responsabilidade civil do empregado. Isso porque o risco concretizado em dano é próprio da atividade (caráter comunitário-pessoal), sendo certo que o empregado é inserido no ambiente organizado segundo o poder diretivo do empregador como apenas mais um componente do todo empresarial). Assim, o risco empresarial deve ser assumido por aquele que a norma aponta como responsável.

ll) o empregador, não é severidade em caso de consumação do dano, irreversibilidade como regra e incerteza científica), sendo dever lançar mão de todos os meios disponíveis para o adequado gerenciamento dos riscos impostos a terceiros, inclusive e sobretudo trabalhadores;

mm) O cenário pandêmico trouxe a experiência compartilhada da incerteza científica nos primeiros meses de 2020, do medo quanto aos danos e quanto à forma de prevenção dos potenciais agravos. Neste catastrófico cenário, diante do incerto, os trechos que costumamos ler na doutrina especializada no sentido de “a precaução acompanha a humanidade desde sempre” se mostrou presente. À época pouco se sabia acerca de medidas eficazes de prevenção. No entanto, mesmo sem, por exemplo, a forma pela qual o agente viral era transmitido, seu tempo que permanecia ativo em superfícies, além do medo que o cidadão comum passou a ter de adoecer ou de transmitir o vírus às pessoas próximas. Nesse contexto, observou-se que parcela significativa da população, seguindo recomendações das autoridades sanitárias, adotou práticas com base na precaução. Era

comum o distanciamento social, apesar do sacrifício de se manter longe de pessoas do convívio. O uso de máscaras foi adotado, mesmo as de tecido comum. Roupas eram trocadas quando da chegada em casa; objetos que estiveram em ambiente externo eram lavados com água e sabão; as compras de supermercado eram lavadas; o uso de álcool líquido, em gel, com ou sem cheiro, foi disseminado; sapatos eram deixados fora das casas. O resultado de todos os esforços não era garantido, mas, diante do potencial dano e da incerteza, agíamos. Tempos depois, com o avanço do conhecimento científico, algumas medidas listadas acima foram abandonadas e algumas poucas se mantiveram.

Eis o resumo prático, solidário e trágico, do princípio da precaução.

## REFERÊNCIAS

- ABEL ARCURI, A.; *et al.*, A. **Governança, nanotecnologia e a necessidade de capacitação da força de trabalho.** Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología, v. 15, n. 28, p. 1e-22e, 27 set. 2021.
- ABRAMOVAY, Ricardo. **A heurística do medo, muito além da precaução.** *in* Estudos Avançados, vol.30 No.86 São Paulo Jan./Apr. 2016. ISSN 1806-9592
- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Cartilha sobre nanotecnologia.** Supervisão de Maria Luisa Campos Machado Leal. Brasília: ABDI, 2010. Disponível em < <http://livroaberto.ibict.br/handle/1/572>>. Acesso em 03/04/2019.
- ALMEIDA, Hildebrando; VILELA, Rodolfo A. G; SILVA, Alessandro J. N. da. *et al* **Modelo de Análise e Prevenção de Acidentes – MAPA: ferramenta para vigilância em saúde do trabalhador.** *In:* Ciência & Saúde Coletiva, vol. 19, n. 12, p. 4679-4688 (2014).
- ALMEIDA, Ursula Ribeiro. **Tutela de urgência no Direito Ambiental: instrumento de efetivação do princípio da precaução.** São Paulo: Atlas, 2015.
- ANDRADE, Luís Renato B. (org.). **Pequeno não quer dizer seguro: nanotecnologias e macroinquietações.** São Paulo: Fundacentro, 2021.
- ANGELIS, Aris; ALONSO, Carlos S.; MOSSIALOS, Elias. **Funding Sources of Therapeutic and Vaccine Clinical Trials for COVID-19 vs Non-COVID-19 Indications, 2020-2021.** JAMA Network Open. Published: August 16, 2022. doi:10.1001/jamanetworkopen.2022.26892
- ASSIS, Machado de. **Memórias póstumas de Brás Cubas.** Rio de Janeiro: Antofágica, 2019.
- AZEVEDO, Plauto Faraco. **Ecocivilização.** Ambiente e direito no limiar da vida. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2005.
- BATISTA, Ariane de J. S.; PEPE, Vera Lúcia. **Os desafios da nanotecnologia para a vigilância sanitária de medicamentos.** [online] Ciência e Saúde Coletiva 19 (7), 2014. Disponível em < <https://www.scielosp.org/article/csc/2014.v19n7/2105-2114/#>> Acesso em 08/06/2019.

BATISTA, Roberto Carlos. **Poluição eletromagnética: telefonia celular, risco sanitário-ambiental e precaução**. B. Cient. ESMPU, Brasília, a. 7 – n. 26, p. 67-117 – jan./mar. 2008

BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. 2ª ed. Tradução Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011.

\_\_\_\_\_. **World risk society**. Cambridge: Polity Press. 1999.

BECK, Ulrich; ZOLO, Danilo. **A sociedade global do risco**. Uma discussão entre Ulrich Beck e Danilo Zolo. Tradução de Selvino Assman. Texto disponível na Internet: (<http://lgxserver.uniba.it>). Acesso em 14 de jul. de 2017.

BELTRAN, Ari Possidonio. **Direito do Trabalho e Direitos fundamentais**. São Paulo: LTr, 2002.

\_\_\_\_\_. **Os impactos da integração econômica no Direito do Trabalho**. Globalização e Direitos Sociais. São Paulo: LTr, 1998.

BERMAN, Marshal. **Tudo que é sólido desmancha no ar: a aventura da modernidade**. [trad. Carlos Felipe Moisés, Ana Maria L. Ioriatti]. São Paulo: Companhia das Letras, 1986.

BERTI, Leandro Antunes; PORTO, Luismar M.. **Nanossegurança: guia de boas práticas em nanotecnologia para a fabricação de laboratórios**. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

BIALOR, Nathan I. (Editor); **Safe nanotechnology in the workplace**. New York: Nova Science Publishers, Inc., 2009. ISBN: 978-1-61761-860-4 (Ebook)

BOITEUX, Elza Antonia Pereira Cunha e BOITEUX, Fernando Netto. **Poluição eletromagnética e meio ambiente: o princípio da precaução**. Porto Alegre: Sergio Antonio Fabris. . Acesso em: 21 dez. 2021. , 2008

BONAVIDES, Paulo. **Curso de Direito Constitucional**. 17. ed. São Paulo: Malheiros, 2005.

BORGES, Isabel C. P; ENGELMANN, Wilson. **Responsabilidade civil e nanotecnologias**. São Paulo: Atlas, 2014.

BORGES, Bárbara J. P.; CARMINATI, Lara S.; FERNANDES, Patrícia M. B. and FERNANDES, A. Alberto R.; **Regulatory framework of nanopharmaceuticals in developing countries: An analysis of the current rules in Brazil**. Inorganic Frameworks as Smart Nanomedicines. Elsevier Inc., 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-813661-4.00014-6>

BRANDÃO, Cláudio. **Acidente do trabalho e responsabilidade civil do empregador** – 3ª ed. – São Paulo: LTr, 2009.

BROEKHUIZEN, Pieter van. *Et al.* **Workplace exposure to nanoparticles and the application of provisional nanoreference values in times of uncertain risks.** *J Nanopart Res* (2012) 14:770.

BUZEA, Cristina; BLANDINO, Ivan I. Pacheco; ROBBIE, Kevin. **Nanomaterials and nanoparticles: sources and toxicity.** *Biointerphases* vol. 2, issue 4, 2007 (pages MR17-MR172)

CANOTILHO, José Joaquim Gomes. **Direito Constitucional e Teoria da Constituição.** 7. ed. Coimbra: Almedina, 2003.

CANOTILHO, J. J. G. (et al) **Comentários à Constituição do Brasil.** 2ª ed. – São Paulo: Saraiva Educação, 2018.

CRANDALL, BC. **Nanotechnology: Molecular Speculations on Global Abundance.** Cambridge: The MIT Press, 1996.

DARK Waters. (*título original*) - **O Preço da Verdade: Dark Waters** (título no Brasil) Direção: Todd Haynes. Produção: Mark Ruffalo; Christine Vachon e Pamela Koffler. Intérpretes: Mark Ruffalo; Anne Hathaway; Tim Robbins; Bill Camp; Victor Garber e outros. Roteiro: Mario Correa; Matthew Michael Carnahan. EUA: Participant Killer Films, 2019. (126 min).

DAWSON, Natalie G. **Sweating the small stuff: environmental risk and nanotechnology.** *BioScience*, Sept. 2008. Vol. 58, No. 8. Disponível em <<https://academic.oup.com/bioscience/article-abstract/58/8/690/380484>> acesso em 18/03/2019.

DELGADO, Maurício Godinho. **Princípios de direito individual e coletivo do trabalho.** 2. ed. São Paulo: LTr, 2004.

\_\_\_\_\_. **Curso de Direito do Trabalho.** 5. ed. São Paulo: LTr, 2006.

DERANI, Cristiane. **Direito ambiental econômico.** São Paulo: Max Limonad, 1997.

DUPUY, Jean-Pierre. **Pour un catastrophisme éclairé : quand l'impossible este certain.** Paris: Seuil, 2002.

DURÁN, Nelson; *et al.*. **Nanotoxicologia de nanopartículas de prata: toxicidade em animais e humanos.** *Quim. Nova*, Vol. 42, No. 2, 206-213, 2019. <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170318>



EBERT, Paulo R. L. ; **A tragédia do amianto – uma lição sobre gestão sobre gestão de riscos labor-ambientais a ser aprendida.** Rev. Trib. Reg. Trab. 3a Reg., Belo Horizonte, v. 65, p. 139-184. jul./dez. 2019

ERIN Brockovich. (*título original*) – **Erin Brockovich – uma mulher de talento** (título no Brasil) Direção: Steven Soderbergh. Produção: Danny DeVito; Stacey Sher; Michael Shamberg; Gail Lyon; John Hardy. Intérpretes: Julia Roberts; Albert Finney; Aaron Eckhart e outros. Roteiro: Susannah Grant. EUA: Jersey Films, 2000. (130 min).

EU-OSHA. **Risk perception and risk communication with regard to nanomaterials in the workplace.** Luxemburg: Publications Office of the European Union, 2012.

\_\_\_\_\_. **Workplace exposure to nanoparticles.** EU-OSHA, Spain

EUROPEAN COMMISSION. **Study on the precautionary principle in EU environmental policies: final report.** Luxemburg: Publications Office of the European Union, 2017.

EWALD, François; GOLLIER, Christian; SADELEER, Nicolas de. **Le principe de précaution.** In: Que sais-je? Presses Universitaires de France, 2008

FALKNER, Robert; JASPERS, Nico. **Regulating nanotechnologies: risk, uncertainty and the global governance gap.** Global Environmental Politics, 2012 (1) pp. 30-55.

FARIA, José Eduardo. Prefácio. In: MACHADO, Marta Rodriguez de Assis. **Sociedade do Risco e Direito Penal.** Uma avaliação de novas tendências político-criminais. São Paulo: Instituto Brasileiro de Ciências Criminais, 2005.

FELICIANO, Guilherme Guimarães. **Curso crítico de Direito do Trabalho: teoria geral do Direito do Trabalho** – São Paulo: Saraiva, 2013.

\_\_\_\_\_. **Direito à prova e dignidade humana.** São Paulo: LTr, 2007.

\_\_\_\_\_. **Do pré-contrato de trabalho.** O contrato preliminar de trabalho no *iter* da contratação laboral: abordagem comparativa e *jusfundamental*. São Paulo: LTr, 2010.

\_\_\_\_\_. **Meio ambiente do trabalho e responsabilidade por danos causados ao trabalhador: dupla face ontológica. Jus Navigandi,** Teresina, ano 10, n. 1065, 1 jun. 2006, Disponível em: <http://jus2.uol.com.br/doutrina/texto.asp?id=8452>. Acesso em: 18 de outubro de 2010.

\_\_\_\_\_. **Nanotecnologia e meio ambiente do trabalho: sobre a tutela jusfundamental do trabalhador em horizonte de incertezas.** Revista LTr. Legislação do Trabalho , v. 11, p. 1307-1312, 2017

\_\_\_\_\_. **Responsabilidade civil no meio ambiente do trabalho: nexos causal, nexos normativo e teoria da imputação objetiva.** São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2021.

\_\_\_\_\_. **Teoria da Imputação Objetiva no Direito Penal Ambiental Brasileiro**. São Paulo: LTr, 2005.

\_\_\_\_\_. **Tópicos avançados de direito material do trabalho**. Atualidades forenses. São Paulo. Damásio de Jesus, 2006. Vol. 1.

\_\_\_\_\_. **Tópicos avançados de direito material do trabalho**. Abordagens multidisciplinares. São Paulo. Damásio de Jesus, 2006. Vol. 2.

FELICIANO, Guilherme Guimarães; GONCALVES, Flavio Leme; MARANHÃO, Ney. **Pacto federativo de cooperação ambiental e proteção do meio ambiente do trabalho: o papel das associações locais de magistrados trabalhistas no âmbito do poder público municipal**. Revista do Tribunal Regional do Trabalho da 8ª Região, v. 48, p. 89-92, 2014.

FELICIANO, Guilherme Guimarães; GONCALVES, Flavio Leme; MARANHÃO, Ney. **Pacto federativo de cooperação ambiental e proteção do meio ambiente do trabalho**. Jus Navigandi (Online), v. 19, p. 4015, 2014.

FELICIANO, Guilherme Guimarães; GONCALVES, Flavio Leme; MARANHÃO, Ney. **Pacto federativo de cooperação ambiental e poder público – crítica à Portaria n. 66, de 22 de julho de 2014, da Superintendência Regional do Trabalho e Emprego de Rondônia (SRTE-RO)**. Revista do Tribunal Superior do Trabalho, v. 79, p. 148-152, 2013.

FERRAZ JR, Tércio Sampaio. **Função da dogmática jurídica**. São Paulo: Max Limonad, 1998.

\_\_\_\_\_. **Introdução ao estudo do direito: Técnica. Decisão. Dominação**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

FERREIRA, Aldo Pacheco; Sant'Anna, Leonardo da S.; **A nanotecnologia e a questão da sua regulação no Brasil: impactos à saúde e ao ambiente**. Revista UNIANDRADE 16 (3): 119-128.

FREITAS JR., Antônio Rodrigues de (Organizador). **Responsabilidade civil nas relações de trabalho: questões atuais e controvertidas**. São Paulo: LTr.

FURXHI, I., MURPHY, F., POLAND, C.A. et al. **Precaution as a Risk in Data Gaps and Sustainable Nanotechnology Decision Support Systems: a Case Study of Nano-Enabled Textiles Production**. Nanoethics 15, 245–270 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11569-021-00400-z>

GEORGE, Constance E. **Should a psychiatrist prescribe a nanodrug to help parents monitor a teen's Adherence?** AMA J Ethics. 2019;21(4):E317-323. doi:

10.1001/amajethics.2019.317. <https://journalofethics.ama-assn.org/article/should-psychiatrist-prescribe-nanodrug-help-parents-monitor-teens-adherence/2019-04>

GARNETT, Kenisha; PARSONS, David J. **Multi-case review of the application of the precautionary principle in European Union law and case law.** *Risk Analysis*. Vol 37, No 3, 2017.

GODARD, Olivier. **Le principe de précaution n'est pas un catastrophisme.** Paris : Laboratoire d'économetrie. 1rue Descartes, 2006 (<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00243045>)

GOMES, Carla A. **A idade da incerteza: reflexões sobre os desafios de gerenciamento do risco ambiental.** *In* Sociedade de risco e direito privado: desafios normativos, consumeristas e ambientais. Teresa Ancona Lopez, Patrícia Faga Iglecias Lemos e Otavio Luiz Rodrigues Junior (organizadores) *et al* São Paulo: Ed. Atlas, 2013.

GUERRINI, G., MAGRI, D., GIORIA, S. et al. **Characterization of nanoparticles-based vaccines for COVID-19.** *Nat. Nanotechnol.* 17, 570–576 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41565-022-01129-w>

HARARI, Yuval N. **Sapiens – uma breve história da humanidade .** Trad. Janaína Marcoantonio. 9ª ed., Porto Alegre: L&PM, 2016.

HESELHAUS, Sebastian. **Nanomaterials and the precautionary principle in the EU.** [online] Springer Science+Business Media, LLC, 2010.

HOBSBAWN, Eric. **A crise da economia europeia no século XVII.** *In* Do feudalismo ao capitalismo: uma discussão histórica/ organização e introdução. – 11. ed. – São Paulo : Contexto, 2017. – (Coleção Textos e Documentos; 2). Santiago, Theo (org.). Edição do Kindle.

HOHENDORFF, Raquel Von; COIMBRA, Rafael; ENGELMANN, Wilson; **As nanotecnologias, os riscos e as interfaces com o direito à saúde do trabalhador.** Brasília: Revista de Informação Legislativa, a. 53 n. 209, jan/mar 2016. P. 151-172.

HSE (Health & Safety Executive). **Nanoparticles: an occupational hygiene review.** Norwich, 2004.

HUANG, X., KON, E., HAN, X. et al. **Nanotechnology-based strategies against SARS-CoV-2 variants.** *Nature Nanotechnology* 17, 1027–1037 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41565-022-01174-5>

JONAS, Hans. **O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica.** Trad.do original alemão: Marijane Lisboa e Luiz Barros Montez. Rio de Janeiro: Contraponto: Ed. PUC-Rio, 2006.

KELSEN, Hans. **Teoria pura do direito**. [tradução: João Baptista Machado] 6ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998

KHURANA A, ALLAWADHI P, KHURANA I, et al. **Role of nanotechnology behind the success of mRNA vaccines for COVID-19**. *Nano Today*. 2021;38:101142. doi:10.1016/j.nantod.2021.101142

KOURILSKY, Philippe; VINEY, Geneviève. **Le principe de precaution**. Paris: Editions Odile Jacob, 2000.

LEPAGE, Henri. **Le principe de précaution : la fin du règne du droit**. Artigo originalmente publicado pelo Instituto Hayek. Disponível em <<https://www.objectifliberte.fr/ih-precaution-principe-fin-regne-droit.html>> acesso em 18/12/2018

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

\_\_\_\_\_. **Responsabilidade civil na sociedade de risco**. *Revista da Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo*, v. 105, p. 1223-1234, jan/dez. 2010

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro**. 24.ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2016.

\_\_\_\_\_. **Princípio da precaução no direito brasileiro e no direito internacional e comparado**. In: VARELLA, M. D.; PLATIAU, A. F. B. (Org.) **Princípio da Precaução**. Belo Horizonte: Del Rey, 2004. p.551-72.

MARCHANT, Gary E. *et al* ; **Big issues for small stuff: nanotechnology regulation and risk management**. *52 Jurimetrics J*. 243-277, 2012.

MAYNARD, A. D.; PUI, D. H.; **Nanoparticles and occupational Health**. AA Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2007.

MELO, Raimundo Simão de. **Direito ambiental do trabalho e a saúde do trabalhador**. 4ª ed. São Paulo: LTr, 2010.

MENDES, Gilmar Ferreira; COELHO, Inocêncio Mártires; BRANCO, Paulo Gustavo Gonet. **Curso de Direito Constitucional**. São Paulo: Saraiva/IDP, 2007.

MENDES, René; Dias, Elizabeth Costa. **Da medicina do trabalho à saúde do trabalhador**. *In Revista de Saúde Pública*, v. 25, n. 5: 341-9, 1991.

\_\_\_\_\_. **A atualidade de Ramazzini, 300 anos depois**. *In As doenças dos trabalhadores*. Trad. Raimundo Estrêla. 4ª ed. São Paulo: Fundacentro, 2016. (p. 291-299)

MIHALACHE, Raluca. *Et al.* **Occupational exposure limits for manufactured nanomaterials, a systematic review.** [online]. Taylor & Francis, 2016. [DOI: 10.1080/17435390.2016.1262920]

MOLTKE, Konrad Von. **The Vorsorgeprinzip in West German environmental policy.** *In Twelfth Report, Royal Commission on Environmental Pollution*, 1988.

MORAES, Evaristo de. **Apontamentos de Direito Operário.** 4. ed. São Paulo: LTr, 1998.

NIOSH. **Current Intelligence Bulletin 65: Occupational Exposure to Carbon Nanotubes and Nanofibers.** DHHS (NIOSH). Publication Number 2013-145. Disponível em <<https://www.cdc.gov/niosh/docs/2013-145>> acesso em 25/03/2018.

\_\_\_\_\_. **Filling the knowledge gaps for safe nanotechnology in the workplace: a progress report from the NIOSH Nanotechnology Research Center, 2004-2011.** Cincinnati, 2012.

\_\_\_\_\_. **Protecting the nanotechnology workforce: NIOSH nanotechnology research and guidance strategic plan, 2013-2016.** Cincinnati, 2013.

NOLASCO, Loreci G.; SANTOS, Nilvado dos; **Avanços nanotecnológicos e os desafios regulamentares.** *In Revista da Faculdade de Direito da Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte*, n. 71, pp. 375-420, jul./dez. 2017

NUNES, Luis A. Rizzatto. **Curso de direito do consumidor.** 5ª ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

OECD. **Nanotechnology for Green Innovation**, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No. 5, OECD Publishing, Paris, 2013. Disponível em <<https://doi.org/10.1787/5k450q9j8p8q-en>> acesso em 25/03/2018.

OECD. **Opportunities and risks of nanotechnologies: report in co-operation with OECD international futures programme.** Editor: Dr. Christoph Lauterwasser. OECD: Paris, 2016

OECD. **Important issues on risk assessment on manufactured nanomaterials: series on the safety of manufactured nanomaterials #103.** OECD: Paris, 2022.

Official Journal of the European Union. **Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council of 25 October 2011 on the provision of food information to consumers (...).**

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO. **Riegos emergentes y nuevos modelos de prevención em um mundo de trabalho em transformação.** Genebra: ILO, 2010.

OLIVEIRA, Sebastião Geraldo. **Indenizações por acidentes do trabalho ou doença ocupacional**. Editora LTr, 2ª Ed., São Paulo, 2006.

O'SHAUGHNESSY, PATRICK T.; **Occupational health risk to nanoparticulate exposure**. The Royal Society of Chemistry, in Environment Science Process Impacts, 2013, **15**, 49.

PADILHA, Norma Sueli. **Do meio ambiente do trabalho equilibrado**. São Paulo: LTr, 2002.

\_\_\_\_\_. **O equilíbrio do meio ambiente do trabalho: direito fundamental do trabalhador e de espaço interdisciplinar entre o Direito do Trabalho e o direito ambiental**. In Revista do Tribunal Superior do Trabalho, v. 77, N. 04, out/dez. Brasília, 2011.

PAVINATO, Tiago; SIMÃO, José Fernando (coord.); **Liber amicorum Teresa Ancona Lopez: estudos sobre responsabilidade civil**. São Paulo: Almedina, 2021

PEREIRA, Caio Mário da Silva; TEPEDINO, Gustavo; **Responsabilidade civil**. 13ª Ed. Rio de Janeiro: Forense, 2022. E-Book.

PLÁ RODRIGUEZ, Américo. **Princípios de Direito do Trabalho**. Tradução de Wagner Giglio. 3. ed. São Paulo: LTr, 1993.

PLATIAU, Ana Flávia Barros; VARELLA, Marcelo Dias (orgs). **Princípio da precaução**. Belo Horizonte: Del Rey, 2004.

PRIEU, Michel. **Le principe de précaution**. Disponível em [www.legiscompare.fr/web/FIMG/pdf/F2-Prieur.pdf&usg=AOvVaw24GHpHXKjfPrf9RJye8vx8](http://www.legiscompare.fr/web/FIMG/pdf/F2-Prieur.pdf&usg=AOvVaw24GHpHXKjfPrf9RJye8vx8). Artigo eletrônico. Acesso dia 25/04/2022.

PYRRHO, Monique. SCHRAMM, Fermin Roland. **A moralidade da nanotecnologia**. In: Cad. Saúde Pública [online]. 2012, v. 28, n. 11, p. 2023-2033.

REICHARDT, Fernanda Viegas; SANTOS, Mayara R. A. dos. **(In)eficácia do princípio de precaução no Brasil**. In Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, 2018. ISSN 1806-9592

RAMAZZINI, Bernardino. **A doença dos trabalhadores**. Trad. Raimundo Estrêla. 4ª ed. São Paulo: Fundacentro, 2016.

RICCARDI, Carla dos Santos. SANTOS, Márcio L.; GUASTALDI, Antonio C. **Engineered nanomaterials: nanotoxicology issues, nanosafety and regulatory affairs**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2015.

RIBEIRO, Silvia. **Impactos da nanotecnologia na saúde e no meio ambiente**.

Palestras proferida na fundação Heinrich Boell Brasil. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=jnwIK5o5AD8>> acesso em 26/04/2019.

RODRIGUES, Marcelo Abelha. **Elementos de direito ambiental**. 2. ed. Parte geral. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2005.

ROJAVIN, Yuri; SEAMON, MJ et al. **Civilian nuclear incidents: An overview of historical, medical, and scientific aspects**. *Journal of emergencies, trauma, and shock* vol. 4,2 (2011): 260-72. doi:10.4103/0974-2700.82219

SANDS, Philippe. **O princípio da precaução**. In: PLATIAU, Ana Flávia Barros; VARELLA, Marcelo Dias (orgs). *Princípio da precaução*. Belo Horizonte: Del Rey, 2004, p. 29

SARABJEET, Suri Singh; FENNIRI, Hicham; SINGH, Baljit. **Nanotechnology-based drug delivery systems**. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 2007.

SHATKIN, Jo Anne. **Nanotechnology: health and environmental risks**. 2<sup>nd</sup> Edition. CRC Press, Boca Raton, FL., 2013.

SILVA, José Afonso da. **Direito ambiental constitucional**. 6. ed. São Paulo: Malheiros, 2007.

SILVA, Homero Batista Mateus da. **Curso de Direito do Trabalho Aplicado – Segurança e Medicina do Trabalho – Trabalho da Mulher e do Menor**. São Paulo: Campus, 2008.

\_\_\_\_\_. **Comentários à reforma trabalhista – análise da lei 13.467/2017 – artigo por artigo**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2017.

SOARES, Evanna. **Ação ambiental trabalhista**. Porto Alegre: Safe, 2004.

STOCO, Rui. **Tratado de Responsabilidade Civil**. Doutrina e Jurisprudência. 7. ed. São Paulo: RT, 2007.

SUNSTEIN, C. Introduction. **Laws of Fear: Beyond the Precautionary Principle**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

SÜSSEKIND, Arnaldo; MARANHÃO, Délio; VIANNA, Segadas. **Instituições de Direito do Trabalho**. 11<sup>a</sup> ed. – São Paulo : LTr, 1991. Publicados v. 1-2.

SZAJKOWSKA, Anna. **Regulating food law**. Wageningen Academic Publishers, 2012.

TAVARES, Eder Torres; SCHRAMM, Fermin Roland. **Princípio da precaução e nanotecnociências**. *Revista bioética*. 2015; 23 (2): p. 244-55.

THRONE-HOLST, Harald; STO, Eivind. **Who should be precautionary?: governance of nanotechnology in the risk society**. *Technology & strategic management*, Manchester, v. 20, n. 1, p. 99-112, jan. 2008.

VARELLA, Marcelo D. e PLATIAU, Ana F. B. (org. e coautores). **Princípio da precaução**. Belo Horizonte: Del Rey, 2004.

VIANA, Márcio Túlio. **Direito de resistência**. Possibilidades de autodefesa do empregado em face do empregador. São Paulo: LTr, 1996.

VIEGAS, Maria de Fátima T. F.; **Avaliação da qualidade de revisões sistemáticas sobre toxicidade de nanopartículas de prata**. Dissertação (mestrado) – Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2018.

WEDY, Gabriel. **Uma análise sobre o princípio da precaução e a incerteza científica**. Revista Consultor Jurídico, 2018, disponível em <<https://www.conjur.com.br/2018-mar-17/ambiente-juridico-analise-principio-precaucao-incerteza-cientifica#top>> acesso em 23 de janeiro de 2019.

\_\_\_\_\_. **O princípio constitucional da precaução como instrumento de tutela do meio ambiente e da saúde pública**. 3ª ed. Belo Horizonte: Forum, 2020

WHO Regional Office for Europe. **Nanotechnology and human health: scientific evidence and risk governance**. Report of the WHO expert meeting 10-11 December 2012, Bonn, Germany, Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2013.

WHO. **WHO guidelines on protecting workers from potential risks of manufactured nanomaterials**. Geneva: World Health Organization, 2017.

WINTLE, B., BURGMANN, M. & FIDLER, F. **How fast should nanotechnology advance?**. Nature Nanotech 2, 327 (2007). <https://doi.org/10.1038/nnano.2007.163a>

WICKI, Andreas; *et al.* **Nanomedicine in cancer therapy: challenges, opportunities, and clinical applications**. [online] Elsevier, 2014.

WIEACKER, Franz. **História do Direito Privado Moderno**. Tradução de António Manuel Botelho Hespanha. 3.ed. Lisboa: Calouste Gulbenkian, 2004.