

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DIREITO  
MESTRADO EM DIREITO**

**ROSIANE DA ROSA BIANCO**

**NANOTECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE DE TRABALHO:  
MECANISMOS JURÍDICOS DE PROTEÇÃO DA SAÚDE DO TRABALHADOR**

**CRICIÚMA**

**2021**

**ROSIANE DA ROSA BIANCO**

**NANOTECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE DE TRABALHO:  
MECANISMOS JURÍDICOS DE PROTEÇÃO DA SAÚDE DO TRABALHADOR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Direito – Mestrado – Área de Concentração em Direitos Humanos e Sociedade, Linha de Pesquisa em Direito Sociedade e Estado da Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Direito.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Goldschmidt.

**CRICIÚMA**

**2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

B578n Bianco, Rosiane da Rosa.

Nanotecnologia e meio ambiente de trabalho :  
mecanismos jurídicos de proteção da saúde do  
trabalhador / Rosiane da Rosa Bianco. - 2021.  
117 p. ; il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade do  
Extremo Sul Catarinense, Programa de Pós-  
Graduação em Direito, Criciúma, 2021.  
Orientação: Rodrigo Goldschmidt.

1. Nanotecnologia. 2. Ambiente de trabalho  
saudável. 3. Saúde do trabalhador. 4. Programas  
de compliance. 5. Princípio da precaução. 6.  
Princípio da prevenção. I. Título.

CDD. 22. ed. 341.27

Bibliotecária Eliziane de Lucca Alosilla - CRB 14/1101  
Biblioteca Central Prof. Eurico Back - UNESC

**ROSIANE DA ROSA BIANCO**

**“NANOTECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE DE TRABALHO: MECANISMOS  
JURÍDICOS DE PROTEÇÃO DA SAÚDE DO TRABALHADOR”**

Esta dissertação foi julgada e aprovada para obtenção do Grau de Mestre em Direito no Programa de Pós-Graduação em Direito da Universidade do Extremo Sul Catarinense.

Criciúma, 30 de março de 2021

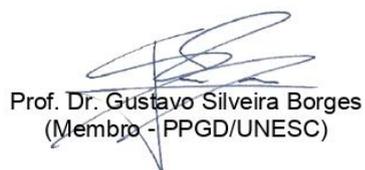
**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. Rodrigo Goldschmidt  
(Membro - PPGD/UNESC)



Prof.ª. Dra. Suzete da Silva Reis  
(Membro externo - UNISC)



Prof. Dr. Gustavo Silveira Borges  
(Membro - PPGD/UNESC)



Prof. Dr. Reginaldo de Souza Vieira  
Coordenador adjunto do PPGD

## AGRADECIMENTOS

Durante os anos de dedicação na trajetória que termina com a concretização do sonho de alcançar o título de Mestra em Direito, vários foram os obstáculos superados, assim como, vários foram os anjos colocados em meu caminho. Desde o primeiro contato que tive com um Mestre na graduação, já tracei meu objetivo de um dia chegar a possuir esse título, que particularmente acho lindo.

Sempre fui e sou muito ligada a Deus, por isso o primeiro a quem devo meus agradecimentos é a ele, que me deu saúde, sabedoria e persistência para não desistir jamais diante das dificuldades.

Agradeço imensamente ao meu esposo Celito e minha amada filha Larissa, os quais estiveram ao meu lado em todos os momentos, me dando força, e incentivando na busca pelo meu objetivo. Sendo meus incentivadores diários, por quem eu desejo lutar e me superar sempre.

Dedico um carinho especial ao querido Orientador, Professor Dr. Rodrigo Goldschmidt, por todos os ensinamentos e todo o conhecimento jurídico dedicado ao longo da orientação.

Não posso deixar de mencionar os grandes amigos que o Mestrado me deu, os quais não mediram esforços no compartilhamento de informações, doutrinas e incentivo diário, Fernanda, Vivian, Rafael, Camila, Julia e Leila, vocês são “Top Mestres”.

Ao meu sócio Dr. Joel Vandresen dedico os mais elevados agradecimentos, por ter a paciência de sempre, se dedicando ao nosso escritório e compreendendo a importância dos momentos que precisei me ausentar, assim como se entusiasmando em cada nova teoria que aprendo nas aulas e trago ao dia a dia do escritório.

Aos meu pais, por serem meus exemplos de vida, padrão de seriedade e de justiça. Aos meus irmãos, sobrinhos, os quais não citarei nominalmente, mas que estão guardados em meu coração, e sem dúvidas vibram comigo por minhas conquistas.

Por fim, mas não menos importante, a querida cachorrinha Agata que acompanha de perto meus estudos há 15 anos, a adorável Lisa a Buldogue mais linda do mundo (risos) que se senta sempre ao lado enquanto escrevo, e a gatinha Bia, por todas as ronronadas que são reconfortantes em qualquer dia triste.

## RESUMO

A presente pesquisa científica tem como objetivo principal o de estudar os mecanismos jurídicos que podem contribuir para a proteção da saúde do trabalhador exposto as nanopartículas no ambiente laboral. Isso porque em paralelo aos grandes avanços prometidos com a nanotecnologia, estudos realizados vêm demonstrando riscos envolvendo a exposição as nanopartículas, que podem gerar danos ao meio ambiente e como principal desta dissertação o trabalhador exposto no ambiente laboral. Dessa forma, o problema de pesquisa consiste em verificar se os princípios da precaução e da prevenção, bem como o *compliance* são capazes de proteger a saúde dos trabalhadores da área das nanotecnologias. Assim com vistas a se chegar a uma resposta para o problema de pesquisa, traçou-se os objetivos específicos, quais sejam: 1) apresentar as nanotecnologias, suas definições conceituais e apresentar os riscos que podem vir de sua manipulação; 2) Demonstrar o direito ao meio ambiente de trabalho saudável como pressuposto para a garantia dos direitos fundamentais dos trabalhadores; 3) Verificar a possibilidade de utilização de mecanismos jurídicos para proteção da saúde do trabalhador. Utiliza-se como metodologia de pesquisa, a abordagem dedutiva, sendo a pesquisa bibliográfica e documental. Com o término da pesquisa, conclui-se que existem mecanismos jurídicos capazes de proteger a saúde do trabalhador em face dos riscos gerados pela exposição a nanopartículas.

**Palavras-chave:** Nanotecnologia. Meio ambiente do trabalho. Riscos. Precaução. Compliance.

## **ABSTRACT**

The main objective of this scientific research is to study the legal mechanisms that can contribute to the protection of the health of workers exposed to nanoparticles in the work environment. This is because in parallel to the great advances promised with nanotechnology, studies have been showing risks involving exposure to nanoparticles, which can cause damage to the environment and the main factor of this dissertation is the worker exposed in the work environment. Thus, the research problem consists in verifying whether the principles of precaution and prevention, as well as compliance, are capable of protecting the health of workers in the area of nanotechnologies. Thus, with a view to reaching an answer to the research problem, specific objectives were outlined, namely: 1) to present nanotechnologies, their conceptual definitions and to present the risks that may come from their manipulation; 2) Demonstrate the right to a healthy work environment as a precondition for guaranteeing the fundamental rights of workers; 3) Check the possibility of using legal mechanisms to protect workers' health. The deductive approach is used as the research methodology, being the bibliographic and documentary research. With the end of the research, it is concluded that there are legal mechanisms capable of protecting workers' health in the face of the risks generated by exposure to nanoparticles.

**Keywords:** Nanotechnology. Work environment. Scratches. Precaution. Conformity.

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ADI	Ação Direta de Inconstitucionalidade
CLT	Consolidação das Leis Trabalhistas
CRFB	Constituição da República Federativa do Brasil de 1988
EPI	Equipamento de Proteção Individual
LQES	Laboratório de Química do Estado Sólido
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MPT	Ministério Público do Trabalho
NM	Nanometro
NNI	National Nanotechnology Initiative
NR	Norma Regulamentadora
OIT	Organização Internacional do Trabalho
OMS	Organização Mundial de Saúde
PEN	Project on Emerging Nanotechnologies
RE	Recurso Extraordinário
STF	Supremo Tribunal Federal
STJ	Superior Tribunal de Justiça
SUS	Sistema Único de Saúde
TRT	Tribunal Regional do Trabalho
TST	Tribunal Superior do Trabalho
UV	Radiação Ultravioleta

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ilustração da escala nano. ....	14
Figura 2 – Rota das nanopartículas no corpo humano .....	36

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2 NANOTECNOLOGIA: ORIGEM, DESENVOLVIMENTO E ESTADO DA ARTE NOS TEMPOS ATUAIS</b> .....	<b>13</b>
2.1 Nanotecnologia: noções introdutórias e conceituais .....	13
<b>2.1.1 Principais usos e pesquisas envolvendo o uso das nanotecnologias.</b> ....	<b>19</b>
2.2 Riscos envolvendo a manipulação das nanopartículas e toxicidade relacionada a exposição às nanopartículas. ....	23
<b>2.2.1 Nanotoxicologia</b> .....	<b>32</b>
<b>2.2.2 A ética envolvendo as nanotecnologias.</b> .....	<b>39</b>
2.3 As nanotecnologias na américa latina. ....	43
<b>3 DIREITO AO MEIO AMBIENTE DE TRABALHO SAÚDÁVEL COMO PRESSUPOSTO PARA A GARANTIA DOS DIREITOS FUNDAMENTAIS DOS TRABALHADORES.</b> .....	<b>48</b>
3.1 Direitos fundamentais.....	48
<b>3.1.1 Dignidade da pessoa humana</b> .....	<b>52</b>
3.2 Saúde do trabalhador como direito fundamental .....	56
<b>3.2.1 A aplicação dos direitos fundamentais nas relações de trabalho</b> .....	<b>61</b>
3.3 Direito fundamental ao meio ambiente laboral saudável e equilibrado. ....	66
<b>4 MECANISMOS JURÍDICOS PARA PROTEÇÃO DA SAÚDE DO TRABALHADOR</b> .....	<b>75</b>
4.1 Considerações sobre princípios e sua aplicabilidade .....	75
4.2 Princípio da precaução.....	78
4.3 Princípio da prevenção.....	85
4.4 <i>Compliance</i> .....	89
4.5 A aplicabilidade dos mecanismos jurídicos ( <i>compliance</i> e princípios da precaução e prevenção) como forma de proteger juridicamente a saúde do trabalhador contra os potenciais riscos da nanotecnologia.....	93
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>104</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>108</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nanotecnologias é o nome utilizado para definir a manipulação em escala que compreende a bilionésima parte do metro que é considerada a maior inovação tecnológica da atualidade. A inserção da tecnologia na vida das pessoas muda as interações sociais, a forma de trabalho, saúde, lazer, a forma como as pessoas se vestem e enfim, muda nossa própria concepção. A busca constante por evolução, é algo que acompanha o ser humano e a tecnologia está intrinsicamente ligada a essa evolução.

As promessas que acompanham o desenvolvimento das nanotecnologias são animadoras, de modo que se fala em tratamentos revolucionários para doenças como câncer, antibióticos com efeitos potencializados, cosméticos com resultados surpreendentes, entre outros tantos exemplos. Vale ressaltar que as pesquisas envolvendo nanotecnologias alcançam praticamente todas as áreas de conhecimento, com promessas de redução de custos e/ou otimização de resultados, entusiasmantes, contudo, junto das questões positivas, surge a questão envolvendo os riscos da manipulação em escala nano, fato bastante para causar preocupação com o trabalhador exposto as nanopartículas no meio ambiente do trabalho, como também com o próprio meio ambiente.

Logo, diante da incerteza científica envolvendo o avanço nas pesquisas e oferta de produtos e serviços contendo nanotecnologia, paira a problemática do presente estudo, na medida em que, devido as pesquisas divulgadas, que evidenciam riscos reais a saúde humana, preocupa-se em abordar a importância da proteção da saúde do trabalhador nas empresas que utilizam a nanotecnologia, assim como a averiguação acerca da possibilidade utilização de mecanismos jurídicos para o fim de proteger o direito a saúde.

Nesse contexto envolvendo a dicotomia entre nanotecnologia e meio ambiente do trabalho, com enfoque nos riscos pela exposição as nanopartículas e a necessidade de proteção aos direitos dos trabalhadores é que se desenvolve a presente pesquisa, que tem como objetivo geral avaliar a possibilidade de utilização de mecanismos jurídicos para proteção da saúde do trabalhador dessas empresas.

Inicialmente, no primeiro capítulo, apresentam-se as nanotecnologias, abordando-se marcos históricos importantes, conceitos, alguns usos e aplicações. Na sequência demonstram-se os riscos que permeiam os estudos com as nanopartículas.

Apesar das grandes promessas que acompanham o desenvolvimento das nanotecnologias, pouco se sabe acerca das consequências da incorporação dessas nanopartículas no meio ambiente e principalmente, para o caso do presente estudo, para o trabalhador que está exposto no ambiente laborativo.

No segundo capítulo aborda-se a importância da garantia de um meio ambiente laborativo saudável como forma de proteger o direito fundamental a saúde do trabalhador, direito este decorrente da aplicabilidade dos direitos fundamentais nas relações de trabalho, e da importância do princípio da dignidade da pessoa humana no direito brasileiro.

O catálogo dos direitos fundamentais contido na Constituição da República Federativa do Brasil consagra liberdades variadas e procura garanti-las por meio de diversas normas. O princípio da dignidade da pessoa humana é basilar para o catálogo de direitos fundamentais, vez que põe a ser humano como centro do ordenamento jurídico, com a proteção de sua dignidade perante o poder público e particulares.

Por sua vez, saúde é um direito de todos e um dever do Estado e ao lado da dignidade da pessoa humana possui resguardo no texto constitucional, sendo um dos direitos sociais mencionados no art. 6º da CRFB. Ostentar saúde vai muito além de não possuir doença, está atrelado diretamente a qualidade de vida, e de certa forma relaciona-se com os demais direitos sociais, a exemplo do trabalho. O trabalho também é de suma importância para o ser humano, vez que para a grande maioria das pessoas é por meio do trabalho que se busca reconhecimento profissional e a forma de sustento. Por isso a importância da proteção do meio ambiente laboral, pois além das normas específicas que tratam da segurança do local de trabalho, o resguardo decorre da eficácia dos direitos fundamentais nas relações de trabalho.

A questão envolvendo nanotecnologias e o meio ambiente é controversa, pois ao mesmo tempo em que promete resultados surpreendentes como a possibilidade de melhorar a qualidade de vida e preservação ambiental, também está a frente de grandes discussões envolvendo os impactos negativos, principalmente porque não se conhece a extensão do impacto ambiental que poderá advir da utilização em grande escala de produtos nano, que depositam milhares de nanopartículas no meio ambiente e conseqüente, ao ser humano que utiliza os produtos, assim como os trabalhadores que se expõem no ambiente laboral.

Por fim, no terceiro capítulo avalia-se a possibilidade de utilização de

mecanismos jurídicos de proteção a saúde do trabalhador, quais sejam, a precaução, a prevenção e o compliance.

Para avaliação dos mecanismos propostos utilizou-se abordagem dedutiva, sendo a pesquisa bibliográfica e documental. A relevância do presente estudo paira na importância da proteção da saúde do trabalhador.

Não obstante, a pesquisa em apreço vincula-se à linha de pesquisa Direito, Sociedade e Estado, do Programa de Mestrado em Direito da UNESC, a qual está vinculada a disciplina direitos humanos e fundamentais trabalhistas e políticas públicas.

## 2 NANOTECNOLOGIA: ORIGEM, DESENVOLVIMENTO E ESTADO DA ARTE NOS TEMPOS ATUAIS

A busca por avanço tecnológico é um fenômeno que emerge da sociedade e é fomentado justamente pelo interesse social, assim como financiamentos públicos, entre outros. Conforme aduz Sandler (2009), sem tecnologia é difícil conceber a sociedade ou, pelo menos, conceber de uma sociedade como a atual, com complexos e culturas em evolução constituídas por tradições, práticas, instituições e organizações.

A inserção da tecnologia no meio social muda a forma como ocorrem as interações entre as pessoas, a forma como se trabalha, a saúde, o lazer, e enfim, a busca constante por evolução, é algo que acompanha o ser humano e a tecnologia está intrinsicamente ligada a essa evolução.

A nanotecnologia, a qual será mais bem elucidada no tópico seguinte, surge com promessas revolucionárias em todas as áreas do saber, e aguça a curiosidade dos pesquisadores, cientistas e do público em geral, que se utiliza diretamente dos feitos obtidos com manipulação em escala nanométrica.

### 2.1 Nanotecnologia: noções introdutórias e conceituais

Desde o surgimento da nanotecnologia, em meados do século passado, sua utilização sofreu notável expansão, e permitiu a modernização e a redução dos custos de produção nas mais diversas áreas, e por isso a nanotecnologia é considerada a grande inovação tecnológica da atualidade (ENGELMANN; FLORES; WEYERMÜLLER, 2010).

O avanço tecnológico das últimas décadas mostra um mundo de inovação e aperfeiçoamento antes despercebido. A imaginação cede espaço para realidade e mostra os notáveis feitos obtidos por meio do aperfeiçoamento científico. As grandes façanhas da ciência e o desenvolvimento das pesquisas permite manipular estruturas extremamente pequenas, e com isso aperfeiçoar produtos, cosméticos, tratamentos de saúde, vestimentas, entre tantos outros.

Quando se fala de nanotecnologia, logo se remete ao prefixo “nano” já que o termo tecnologia é um pouco mais conhecido e divulgado com mais frequência. “Nano refere-se a uma dimensão física que representa um bilionésimo do metro:

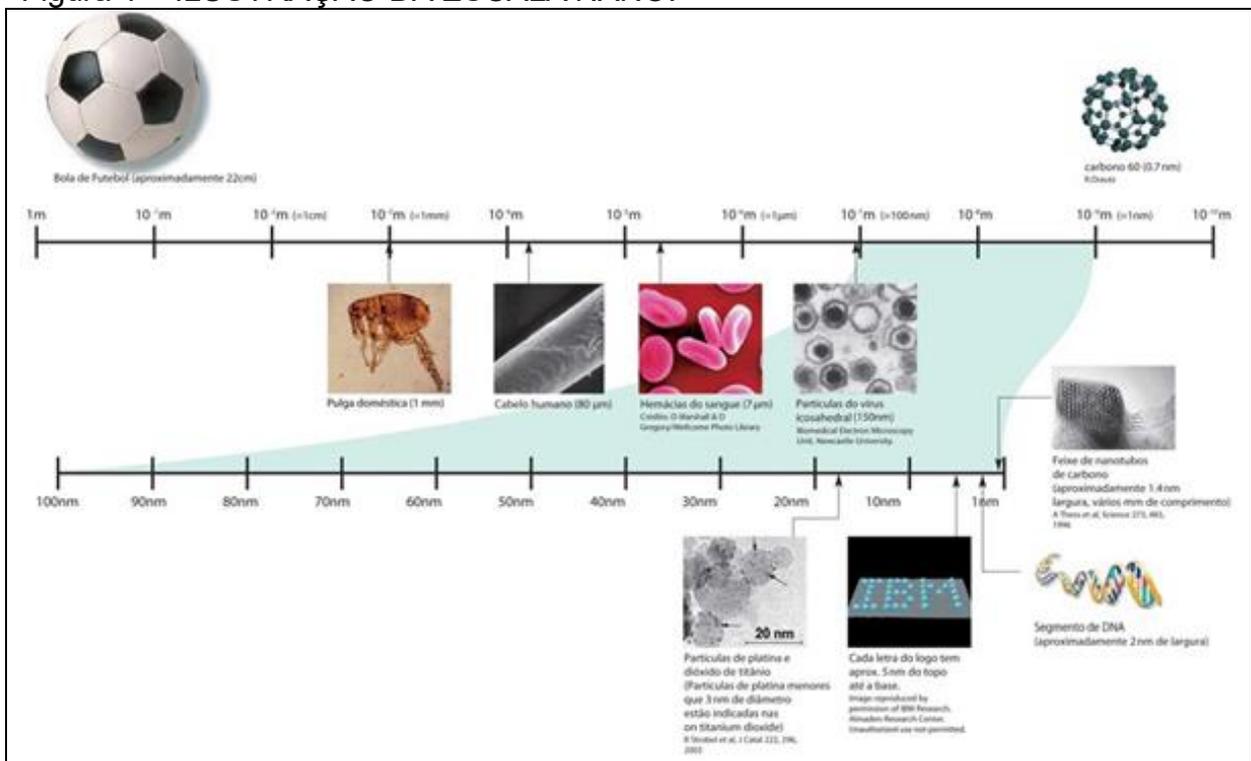
0,000.000.001 metro. Sua unidade física é representada por nm (10 m) e chamada nanômetro” (TOMA, 2016, p. 15).

O Grupo ETC é uma organização internacional dedicada à conservação e desenvolvimento sustentável da diversidade cultural, ecológica e dos direitos humanos e, acerca da nanotecnologia, explica que se trata de um conjunto de técnicas usadas para manipular a matéria na escala de átomos e moléculas (GRUPO ETC, 2005, p. 13).

Já para Silva e Toma (2018, p. 22) o termo nanotecnologia “pode ser entendido como o design e a produção de estruturas, materiais e dispositivos a partir do controle da forma e tamanho em escala nanométrica, com objetivo de se criar novas aplicações tecnológicas”.

Para melhor visualização da escala, mostra-se a imagem a seguir:

Figura 1 – ILUSTRAÇÃO DA ESCALA NANO.



Fonte: Engelmann; Martins (2017).

“O mundo está cheio de coisas com diferentes tamanhos e, por isso, estamos rodeados por materiais em pelo menos três escalas: a macroescala, a microescala e a nanoescala” (SILVA; TOMA, 2018, p. 12). Os objetos da macroescala são aqueles que podemos ver diretamente pelos nossos olhos. Na microescala, nossos olhos não possuem capacidade de observação e precisamos do auxílio de

microscópios ópticos para vê-los com clareza. Já na nanoescala, nem mesmo os microscópios ópticos são capazes de observar e somente os microscópios atômicos é que conseguem vislumbrar com clareza os objetos na escala nano. A nanotecnologia é baseada apenas numa escala, um tamanho, pois, para seu desenvolvimento, utiliza-se os elementos químicos que já se conhece e que estão na tabela periódica (SILVA; TOMA, 2018, p. 12).

A Royal Society (2004) enfatiza, ainda, que a noção de nanotecnologia no singular é equivocada, e que, na realidade, há muitas nanotecnologias em diversas aplicações e com características muito variadas.

No Brasil, não há uma definição oficialmente aceita, mas o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) apresenta, em seu *website* um reconhecimento da multiplicidade de definições. Segundo consta no web site, por se tratar de uma área relativamente recente, não há unanimidade quanto à abrangência da definição de Nanociência e Nanotecnologia, no entanto é fato que se trata de uma área de pesquisa multidisciplinar, que abrange partes da física, da química, da biologia, entre outras (BRASIL, 2008).

O programa oficial dos Estados Unidos, National Nanotechnology Initiative (NNI), criado com objetivo de coordenar esforços de diversas agências na área de pesquisa e desenvolvimento da nanotecnologia define o termo nanotecnologia da seguinte forma:

A compreensão e o controle da matéria em dimensões aproximadamente entre 1 e 100 nanômetros, onde fenômenos únicos permitem novas aplicações. Englobando ciência em nanoescala, engenharia e tecnologia, a nanotecnologia envolve imagem, medição, modelagem e manipulação da matéria nessa escala de comprimento (NNI, 2008, tradução livre).

O desenvolvimento das pesquisas com nanotecnologias remonta aos anos oitenta e noventa, entretanto, naquela época não se utilizava o termo nanotecnologia, mas sim partículas ultrafinas (ENGELMANN; MARTINS, 2017).

Interessante acrescentar que há muito tempo o homem manipulava em nano escala, entretanto, não sabia que os resultados obtidos eram consequência da manipulação nanométrica. Conforme explicam Engelmann e Martins (2017, p. 21): “na natureza a escala nanométrica sempre existiu, como por exemplo, as cinzas do vulcão, na capacidade da lagartixa caminhar em superfícies muito altas sem cair, as cores das asas da borboleta, as gotículas de água e o sal marinho”.

No mesmo norte Da Róz *et al.* (2015, p. 6) mencionam:

os vidraceiros medievais, com misturas de nanopartículas de ouro de diversos tamanhos, produziam tintas de cores diferentes para a fabricação de vitrais. Em um estudo da equipe de pesquisadores da Universidade de Queensland se descobriu que, além da coloração propiciada pelas nanopartículas de ouro, elas também funcionavam como purificadores de ar com efeito fotocatalítico, isto é, quando ocorria a incidência dos raios solares nesses vitrais, ocorria a purificação do ar.

No entanto, a primeira abordagem acerca da nanoescala ocorreu no ano de 1959, quando o físico Richard Feynman palestrou sobre: “There’s plenty of room at the botton”, na tradução significa: Há muito espaço lá embaixo. Na referida palestra ele explicou que “toda a área da cabeça de um alfinete (1/16 de polegadas), se ampliada em 25.000 vezes, teria proporcionalmente uma área capaz de abrigar todas as páginas da Enciclopédia Britânica” (RÓZ *et al.*, 2015, p. 8). “Feynman, no entanto, não usava o termo nanotecnologia, mas já alertava: não se poderá combinar os átomos livremente, de tal modo que eles fiquem quimicamente estáveis” (HOHENDORFF; ENGEMANN, 2014, p. 4).

Em relação ao termo nanotecnologia em si, sua primeira menção ocorreu em 1974, na Universidade de Ciência de Tóquio, e foi utilizada pelo Prof. Norio Taneguchi. Na ocasião ele usou o termo para descrever a fabricação precisa de novos materiais com tolerâncias nanométricas (RÓZ *et al.*, 2015, p. 8).

Ainda que essa menção tenha ocorrido em 1974, até a década de 80 não foram registrados grandes avanços científicos nessa area, isso porque, não existiam ferramentas que possibilitassem a manipulação em nanoescala (ENGELMANN; SANTOS, 2017).

Entretanto, em 1981, ocorreu a criação do microscópio de tunelamento, o qual trouxe grande avanço científico, pois este microscópio tinha a capacidade de visualizar estruturas em nanoescala. Os criadores Gerd Binnig e Heinrich Rohrer, eram pesquisadores da IBM-Zurique, e em razão do feito receberam o prêmio Nobel em 1986 (TOMA, 2016, p. 16).

No mesmo ano Erick Drexler publicou o livro cujo título, quando traduzido para o português significa “Motores da criação – A nova era da nanotecnologia”. No ano de 1991 esse mesmo autor publicou sua tese de doutorado cujo título foi: “Nanosystems: Molecules Machinery, Manufacturing and Computations”, defendida perante o Instituto de Tecnologia de Massachusetts - MIT, cuja apresentação trouxe

as nanotecnologias um novo impulso na comunidade científica (TOMA, 2016, p. 16).

Conforme supramencionado, apesar das grandes descobertas, a manipulação direta dessas unidades “só se tornou possível com a invenção de ferramentas apropriadas para a escala nano e com as microscopias eletrônicas e de varredura de sonda, como a microscopia hiper espectro, as tecnologias de espalhamento de luz e as pinças ópticas” (TOMA, 2016, p. 18).

Desde então a nanotecnologia vem ganhando cada vez mais atenção e hoje já está disponível em diversos produtos e serviços, além de fomentar um mercado que movimenta bilhões em investimentos. Com a descoberta da nanotecnologia transformou-se o mundo conceitual em uma realidade factível, permitindo lidar diretamente com átomos e moléculas e explorar suas propriedades mais intrínsecas, como geometria, estrutura eletrônica, condutividade e magnetismo, isto é, sua natureza individual (TOMA, 2016, p. 15).

Uma das ideias centrais da nanotecnologia é a de construir novos objetos a partir de elementos já existentes. A matéria prima da nanotecnologia consiste basicamente na utilização dos elementos da tabela periódica, isso porque, somente com a mudança no tamanho do elemento, já se verifica novas propriedades e características. Esses “novos fenômenos (denominados efeitos quânticos) acontecem devido ao tamanho tão reduzido que ele passou a ter” (SILVA; TOMA, 2018, p. 18-20).

No mesmo viés, o Grupo ETC (2005, p. 14), explica que com o uso da nanotecnologia e as mudanças advindas dos efeitos quânticos nessa escala, os processos físicos e as reações químicas tornam-se mais rápidas e eficientes, e por isso as propriedades dos materiais podem mudar drasticamente. Apenas com a redução do tamanho dos elementos e sem qualquer adição de substâncias, os materiais podem exibir novas propriedades tais como condutividade elétrica, elasticidade, maior resistência, cor diferente e maior reatividade, características que essas substâncias só apresentam na nanoescala. Essas mudanças é que tornam a manipulação em nanoescala tão atrativa, devido a possibilidade de criação de novos materiais e a melhoria dos existentes, a partir da utilização dos elementos químicos comuns.

A título de exemplo, o carbono, na forma de grafite, é macio e maleável, mas em nano escala pode ser mais resistente do que o aço e seis vezes mais leve. O óxido de zinco é normalmente branco e opaco, mas em nano escala ele se torna transparente. Já o alumínio em nano escala pode entrar em combustão espontânea e

poderia ser utilizado como combustível para foguetes (TOMA, 2016).

A classificação dos nanomateriais, segundo a Comissão Europeia, pode ser dividida em três grupos: naturais, acidentais ou manufaturados. Ainda, considera-se nanomateriais aqueles em que se encontra 50% ou mais das partículas no tamanho entre 1 a 100 nm (UKNSG, 2016, p. 6).

Os nanomateriais naturais são aquelas decorrentes da ação da natureza, os quais surgem de forma natural, como resultado de erupções vulcânicas; um mar revolto; uma chuva torrencial; uma tempestade de areia e, ainda, alguns vírus conhecidos que estão dentro dessa faixa dimensional. No que se refere as nanopartículas acidentais, essas decorrem da sintetização realizada pelo homem, como subproduto das ações humanas, as quais possuem dimensões variadas e formas não controláveis, criadas pela mistura de elementos advindos por exemplo, da queima de combustíveis fósseis; mineração em larga escala, entre outras. Já as nanopartículas manufaturadas ou engenheiradas são especialmente desenvolvidas e sintetizadas por especialistas que controlam a dimensão, forma e composição para utilizá-las em uma determinada aplicação. Esse tipo de nanotecnologia é criada com o objetivo de utilização em um determinado produto ou serviço, sempre com o auxílio de equipamentos apropriados (PONTES, 2017, p. 2).

A criação das nanoestruturas pode ocorrer mediante aplicação de duas técnicas, quais sejam: bottom up (de baixo para cima) e top down (de cima para baixo). A técnica de bottom up, oferece três métodos para a construção de estruturas átomo por átomo ou molécula por molécula: A) A síntese química - para produção de matérias-primas que utilizem nanopartículas; B) self auto-organização - átomos e moléculas organizam-se autonomamente por interações físicas ou químicas C) organização determinada - caso em que átomos e moléculas são manipulados. Já o método top down visa à reprodução de algo em uma escala inferior à original, por meio da engenharia de precisão ou da litografia, que é o caso dos microsistemas e das miniaturizações (ROTELLO, 2004).

A nanotecnologia é uma realidade tecnológica revolucionária e segundo Merkle (2010), do Foresight Institute, segue três objetivos: o primeiro, o de posicionar cada átomo em seu devido lugar; segundo, permitir que qualquer estrutura seja consistente com as leis da física e da química permitindo especificá-la com detalhe atômico e por fim, ter custos de fabricação que não excedam largamente os custos da matéria-prima e energia necessários.

Apresentados alguns marcos históricos importantes e alguns aspectos conceituais acerca das nanotecnologias, demonstra-se a seguir, algumas pesquisas envolvendo o uso das nanotecnologias, as quais trazem entusiasmo a comunidade acadêmica e ao público em geral.

### 2.1.1 Principais usos e pesquisas envolvendo o uso das nanotecnologias.

A nanotecnologia é uma realidade presente em nosso cotidiano e a oferta de produtos e serviços envolvendo produtos nanoestruturados<sup>1</sup> em sua cadeia de produção cresce exponencialmente. Além disso, está em desenvolvimento uma vasta gama de pesquisas com o uso das nanotecnologias, com um grande potencial inovador, que prometem verdadeiras revoluções na forma como se conhece a ciência.

Vale ressaltar que as pesquisas envolvendo nanotecnologias alcançam praticamente todas as áreas de conhecimento, com promessas de redução de custos e/ou otimização de resultados, entusiasmantes, contudo, devido ao grande número de produtos, serviços ou estudos utilizando as nanotecnologias, aborda-se a seguir apenas uma pequena parte, que demonstra um pouco dessa expertise científica.

Na área da biomedicina, utilizando-se dos benefícios dos efeitos quânticos e a grande área superficial das nanopartículas magnéticas, há vários estudos em andamento, entre eles destaca-se novas estratégias para levar o medicamento diretamente ao órgão doente; a criação de nano sensores biológicos que permitem que as informações relacionadas ao estado geral de saúde do paciente sejam emitidas em tempo real, diretamente de dentro do corpo humano (SILVA; TOMA, 2018).

Com o uso da nanotecnologia no ramo biomédico, levando em consideração que cada nanopartícula apresenta um domínio magnético único, pretende-se potencializar a distribuição controlada de fármacos, melhor eficiência na obtenção de imagens em ressonância magnética nuclear e separação e seleção de moléculas (MIYAZAKI; RIUL JUNIOR, 2015, p. 168).

Destaca-se a pesquisa desenvolvida por pesquisadores brasileiros com apoio da Fapesp no Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano) do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), em Campinas. Na qual

---

<sup>1</sup> Esse termo é utilizado para definir os materiais que surgem em decorrência da ação humana na criação de produtos usando nanotecnologias.

obteve-se a potencialização dos efeitos do antibiótico tetraciclina quando encapsulado em nanopartículas de sílica revestidas com uma camada de gluconamida, um tipo de carboidrato. Segundo o estudo:

Essa nanopartícula, ao ser injetada na corrente sanguínea, é capaz de carrear moléculas de antibiótico diretamente até bactérias *Escherichia coli*. No local da infecção, o material adere à parede do microrganismo e libera o medicamento de forma controlada, aumentando em até 10 vezes a eficácia do tratamento (LQES, 2020).

O desenvolvimento dessa pesquisa demonstra traz grande esperança na comunidade científica e público em geral, na medida que a potencialização dos efeitos dos antibióticos é de suma importância para o tratamento de diversas doenças que o corpo humano não possui capacidade de curar sozinho. Outra área que vem sendo estudada refere-se à utilização das nanotecnologias para o tratamento de câncer. Nesse aspecto, pesquisadores do Departamento de Química da Universidade Luiz Maximiano de Munique, liderados pelo Dr. Constantin von Schirnding, Dr. Hanna Engelke e Prof. Thomas Bein explicam que muitos agentes quimioterápicos usados para tratar cânceres estão associados a efeitos colaterais de gravidade variada, porque são tóxicos para células normais, bem como tumores malignos. Isso tem motivado a busca de alternativas eficazes aos fármacos sintéticos com os quais a maioria dos cânceres são tratados atualmente<sup>2</sup>. O problema consiste em encontrar maneiras de superar os mecanismos que controlam a absorção desses compostos nas células, e garantir que os compostos ajam seletivamente nas células que se deseja eliminar. Pesquisas visam o desenvolvimento de uma classe de novas nanopartículas compostas de cálcio e citrato, que são capazes de romper as barreiras da absorção, e matar células tumorais de forma direcionada. O encapsulamento garante que essas partículas sejam prontamente absorvidas por células sem desencadear contramedidas. Uma vez dentro da célula, a camada lipídica é eficientemente quebrada, e grandes quantidades de cálcio e citrato são depositados no citoplasma. Experimentos em células cultivadas revelaram que as partículas são seletivamente letais – matando células cancerosas, mas deixando células saudáveis (que também tomam partículas) essencialmente ilesas (NANOPARTICLES..., 2020,

---

<sup>2</sup> Atualmente o uso de fosfato de cálcio e citrato para este fim está em discussão há alguns anos, uma vez que levam à morte celular quando entregues diretamente nas células, enquanto sua presença na circulação tem pouco ou nenhum efeito tóxico. (NANOPARTICLES..., 2020, tradução livre).

tradução livre).

No mesmo ramo, destaca-se a pesquisa divulgada no Brasil, pelo Laboratório de Química do Estado Sólido da UNICAMP (LQES) na qual os cientistas desenvolveram um sistema denominado “triplo-estágio” ou “bomba de fragmentação” para entrega de nanomedicamentos<sup>3</sup> em quimioterapia, em que as nanopartículas são criadas para se romperem ao atingirem o tumor. Dentro das células tumorais, um segundo passo químico ativa a nanopartícula contendo medicamento, que mata a célula cancerosa. Detalhes do projeto e a potência contra o câncer, testados em camundongos foram publicados em março de 2016 (LQES, 2016).

Ainda relacionado ao cancer, com a utilização das nanotecnologias, existem promessas revolucionárias na forma como se faz o diagnóstico e tratamento nos mais diversos tipos de cancer. Estão em andamento testes envolvendo nanopartículas com capacidade de localizar células tumorais em nosso corpo. Com a utilização de nanomateriais biocompatíveis, contendo anticorpos em sua superfície, essas nanopartículas viajam nosso corpo e detectam o tumor. Depois de encontrá-lo, e com a ajuda de exames de imagem, identifica-se em que parte do corpo a nanopartícula está, demonstrando resultados onde as próprias nanopartículas são capazes de destruir a célula tumoral (SILVA; TOMA, 2018, p. 46).

Saindo da área da medicina e entrando na área da estética, existem também os nano cosméticos, que já estão nas prateleiras, a disposição dos consumidores, e esses produtos quando são aplicados na pele apresentam resultados superiores aos comuns, isso porque, os estudos clínicos demonstram que sua absorção é mais profunda e os efeitos estéticos muito superiores aos cosméticos tradicionais, que não utilizam nanotecnologias (SILVA; TOMA, 2018, p. 49).

Associando estética e cuidados preventivos, a proteção solar é algo de extrema importância, pois sabe-se dos efeitos nocivos que a excessiva exposição solar pode causar. E nessa área já existem a venda protetores solares a base de nanopartículas, com capacidade de bloquear 100% a radiação ultravioleta. Dois diferentes tipos de nanopartículas são usadas nesses fotoprotetores e elas possuem a capacidade de absorver e refletir os raios UV, gerando uma proteção muito superior à dos produtos convencionais (SILVA; TOMA, 2018, p. 50).

No que se refere ao tratamento e purificação das águas a “nanotecnologia

---

<sup>3</sup> Esse termo é utilizado para definir as nanopartículas que contêm medicamentos em seu interior.

está atenta a este grave problema mundial, onde cada vez mais um sinal de alerta nos é enviado sobre a escassez de água limpa para atender a população”. Nesse viés, está sendo desenvolvido nano compósitos com propriedades de absorver diferentes poluentes, com capacidades de remover metais, hormônios, poluentes orgânicos, entre outros contaminantes da água, tornando-a mais limpa (SILVA; TOMA, 2018, p. 51).

Na agricultura, a aplicação da nanotecnologia permite a criação de uma nova geração de fertilizantes, que prometem oferecer uma melhor entrega de nutriente ao solo, assim como possuem maior durabilidade e tempo de residência no solo, por terem a propriedade de liberar lentamente os micros e macronutrientes, favorecendo a aplicação e aumentando a qualidade da saúde dos agro produtos (SILVA; TOMA, 2018, p. 58-59).

No contexto da Pandemia que assola o mundo desde o final de 2019, envolvendo a dissipação do vírus SARS-COV-2, que causa a doença nominada Covid 19, a nanotecnologia também tem sido utilizada na pesquisa de soluções e aperfeiçoamento do diagnóstico, conforme vê-se a seguir:

Pesquisadores do Laboratório de Dispositivos nanobioeletrônicos da Universidade de Teerã, liderados pelo Dr. Abdolahad, vencedor do Prêmio Mostafa 2019 no campo da nanotecnologia, desenvolveram um novo sensor eletroquímico que detecta a COVID-19 em menos de 30 segundos, mesmo quando os sintomas da doença ainda não são conhecidos. Isso ocorre porque a quantidade de oxigênio reativa no escarro dos casos muda<sup>4</sup>, e o sensor usa esse indicador para diagnosticar COVID-19. Esse projeto está em fase de comercialização e, até agora, mais de 600 pacientes foram testados em quatro hospitais do Irã (REAL..., 2020, tradução livre).

A Moderna Inc., uma empresa de biotecnologia com sede nos EUA especializada em terapêutica RNA mensageiro, foi a primeira a anunciar uma vacina contra a nova doença do coronavírus (COVID-19). Na tecnologia de produção, o trecho de RNA mensageiro, que é necessário para o preparo da vacina é primeiro sintetizado e depois incorporado em nanopartículas lipídicas. A tecnologia mRNA

---

<sup>4</sup> “Algumas doenças respiratórias, como asma, pneumonia aguda e pacientes com fibrose crônica com infecção pulmonar crônica pseudomonas aeruginosa mostram níveis elevados de ROS, enquanto a gripe sazonal, que às vezes é confundida com COVID-19, diminui os níveis de ROS. Portanto, quanto a essa diferença no mecanismo da infecção por influenza e também o pequeno número de pneumonia respiratória aguda convencional em estações quentes, este sensor desfruta do potencial de detectar casos COVID-19 em menos de 30 segundos” (REAL..., 2020, tradução livre).

geralmente inclui portadores como peptídeos penetrantes de células e várias nanopartículas (MODERNA..., 2020, tradução livre).

Diante dos exemplos elencados, que são ínfimos diante dos tantos estudos que vêm sendo realizados com o uso das nanotecnologias já se percebe o quão notáveis e animadores são os feitos obtidos. Ademais, muitos produtos e serviços que utilizam nanotecnologias em sua fabricação já estão disponíveis ao consumidor e ao público em geral. Entretanto, atrelada as descobertas benéficas com o uso das nanotecnologias, também há relatos preocupantes, acerca dos riscos que a manipulação em nano escala trazer ao meio ambiente, ao ser humano e ao trabalhador que está exposto a essa tecnologia em seu ambiente laboral. Nesses termos, passa-se a demonstrar os riscos advindos das nanotecnologias, bem como de um novo ramo que surgiu com a nanotecnologia, chamado nanotoxicologia.

## 2.2 Riscos envolvendo a manipulação das nanopartículas e toxicidade relacionada a exposição às nanopartículas.

Quando se trata de risco, geralmente imagina-se uma espécie de dúvida atrelada a um acontecimento futuro, em que não se consegue precisar com clareza as consequências que dependem de atitudes e escolhas feitas no presente. Assim, um melhor gerenciamento de riscos está ligado às escolhas e ao planejamento de atitudes, que se faz antevendo possíveis erros.

Nessa linha de pensamento Luhmann (1992, p. 65), assim dispõe:

[...] O risco consiste nas consequências indesejadas e danos futuros decorrentes dos processos de tomada de decisão (de um determinado sistema), havendo certa possibilidade de controle, e vincula-se às decisões tomadas no presente, consistindo-se na face construtiva da distinção risco/perigo, pela sua maior suscetibilidade ao controle das decisões, a partir da constatação de que as decisões vinculam o tempo, ainda que não se possa conhecer suficientemente o futuro, nem mesmo o futuro produzido pelas próprias decisões do sistema. [...] Já o perigo detém o sentido de descrever situações em que as consequências indesejadas são provenientes do ambiente (externas ao sistema observado).

No contexto dessa pesquisa, é fato que as nanotecnologias vêm sendo incorporadas a quase todos os ramos tecnológicos industriais, fazendo com que consumidores e trabalhadores estejam cada vez mais em contato com materiais nano estruturados (ENGELMANN; SANTOS, 2017). Entretanto, apesar das grandes

promessas que acompanham o desenvolvimento das nanotecnologias, sabe-se que ainda há muito o que se aprender sobre ela, notadamente, deve-se entender com maior assertiva, quais serão as consequências da incorporação das nanopartículas no meio ambiente e a exposição do ser humano a elas, em tão grande escala como está acontecendo na atualidade.

Luhmann (1992, p. 53) propõe uma definição, na qual se pode enquadrar o contexto das nanotecnologias e seus possíveis riscos, quando diz:

Suspeitamos que o problema reside na opinião de que certas vantagens só podem ser alcançadas quando algo está em jogo (arriscado). Este não é o problema dos custos, que podem ser pré-calculados e pesados contra os benefícios. Pelo contrário, é uma decisão que, como é de se esperar, será lamentada posteriormente, caso ocorra um dano que se esperava que fosse evitado.

Beck (2010) também abordou de forma esclarecedora a questão envolvendo os riscos, e afirma que todas as sociedades já foram vítimas de desastres naturais, pragas, fome, entre outros, os quais tem sua origem em causas naturais. Mas traça um paralelo sobre as características dos riscos da modernidade radicalizada, na qual os riscos advêm das decisões de grupos que aceitam tais riscos em nome de vantagens econômicas e do suposto progresso.

Nas palavras de Beck (2010, p. 19):

(...) enquanto na sociedade industrial a lógica da produção de riqueza domina a 'lógica' da produção de riscos, na sociedade de risco essa relação é invertida [...]. As forças produtivas perderam sua inocência na reflexividade dos processos de modernização. A ganância de poder do 'progresso' técnico-econômico se vê cada vez mais ofuscada pela produção de riscos. Estas podem ser legítimas como 'efeitos colaterais' apenas em um estágio muito inicial. [...] No centro figuram riscos e consequências da modernização que se refletem nas ameaças irreversíveis à vida das plantas, animais e seres humanos [...] com o qual emergem as ameaças globais que são supranacionais, e não específicas a uma classe, e têm uma nova dinâmica política e social.

A noção de risco está atrelada a “ideia de futuro, a algo que nós admitimos saber e sobre o qual temos de falar como se soubéssemos, mas que realmente não sabemos, porque ainda não aconteceu” Nas sociedades antigas, convivia-se com perigos existentes, os quais eram gerados externamente (deuses, natureza) e nas sociedades atuais, os riscos são criados pela ciência e aceitos pela sociedade (BECK, 2010, p. 2).

Aproximando-se os trechos citados e as nanotecnologias vê-se que o desenvolvimento das nanotecnologias, é um tanto controversa, pois ao mesmo tempo em que promete resultados surpreendentes como a possibilidade de melhorar a qualidade de vida e preservação ambiental, também está a frente de grandes discussões envolvendo os impactos negativos, principalmente porque não se conhece a extensão do impacto ambiental que poderá advir da utilização em grande escala de produtos nano engenheirados, que depositam milhares de nanopartículas no meio ambiente e conseqüente, ao ser humano que utiliza os produtos, assim como os trabalhadores que se expõem no ambiente laboral.

Os nanomateriais são descartados ou liberados no meio ambiente, embora seja desconhecido o impacto que isso terá e a falta de meios adequados para detectá-los, para realizar um acompanhamento ou para eliminá-los. Os governos e os criadores de nanotecnologias oferecem escassas oportunidades reais para uma participação informada do público nos debates e decisões sobre a forma ou mesmo se é conveniente seguir com a “nano”nização do mundo (ICTA, 2007, p. 5, tradução livre).

No cenário atual, levando em consideração as descobertas e a esperança depositada nas nanotecnologias, seria correto avaliar o quanto a sociedade pretende arriscar. Afinal

o cálculo dos riscos é, obviamente, o oposto: um programa de minimização do arrependimento; em todo caso, de uma posição inconsistente ao longo do tempo: primeiro assim, depois de outra forma. De qualquer forma, então, é um cálculo temporário (LUHMANN, 1992, p. 54).

Portanto, tendo em vista essa noção tão elevada de riscos que acompanham as nanotecnologias, assim como a ampliação da oferta de produtos contendo nanotecnologias, é que se acentuam as indagações sobre a segurança deles. A manipulação de elementos químicos ou compostos com tamanho menor do que cem nanômetros, faz com que ocorram mudanças nas propriedades do elemento. Sem qualquer alteração no tipo de substância, somente reduzindo-se o tamanho para nano escala já se observam modificações nos elementos, como maior resistência, reatividade e condutividade elétrica (GRUPO ETC, 2005, p. 14).

Como esclarecem os físicos Melo e Pimenta (2004, p. 10) apenas reduzindo a escala, novas propriedades físicas e químicas são observadas, veja-se:

[...] uma amostra de um material metálico, ou seja, naturalmente condutor de eletricidade, pode se tornar isolante quando em dimensões nanométricas. Um objeto nanométrico pode ser mais duro que outro que, embora formado do mesmo material, seja de maior tamanho. Por sua vez, a cor de uma partícula de um dado material, pode também depender de seu tamanho. Um material magnético pode deixar de se comportar como um ímã ao ser preparado sob a forma de amostras nanométricas. Um material relativamente inerte, do ponto de vista químico, como o ouro, pode se tornar bastante reativo quando transformado em nanopartículas.

Quina (2004, p. 1028-1029) também esclarece:

As mesmas características que tornam as nanopartículas interessantes do ponto de vista de aplicação tecnológica, podem ser indesejáveis quando essas são liberadas ao meio ambiente. O pequeno tamanho das nanopartículas facilita sua difusão e transporte na atmosfera, em águas e em solos, ao passo que dificulta sua remoção por técnicas usuais de filtração. Pode facilitar também a entrada e o acúmulo de nanopartículas em células vivas. De modo geral, sabe-se muito pouco ou nada sobre a biodisponibilidade, biodegradabilidade e toxicidade de novos nanomateriais. A contaminação do meio ambiente por nanomateriais com grande área superficial, boa resistência mecânica e atividade catalítica pode resultar na concentração de compostos tóxicos na superfície das nanopartículas, com posterior transporte no meio ambiente ou acúmulo ao longo da cadeia alimentar; na adsorção de biomoléculas, com consequente interferência em processos biológicos *in vivo*; numa maior resistência à degradação (portanto, maior persistência no meio ambiente) e em catálise de reações químicas indesejáveis no meio ambiente.

As modificações que ocorrem nos elementos devido a manipulação em nano escala não são completamente conhecidas, ou controláveis, por isso há temor de que essas nanopartículas venham a se espalhar de maneira não controlada pelo meio ambiente. Pois,

as mesmas moléculas que permitiriam vencer a barreira cerebral transportando medicamentos essenciais poderiam se tornar vetores de patógenos desconhecidos, novas armas poderão ser baseadas nas propriedades especiais dos nanossistemas, etc... (MELO; PIMENTA, 2004, p. 19).

Abaixo dos 100 nanômetros a física quântica transforma as propriedades dos elementos e compostos convencionais. As propriedades tais como resistência, elasticidade, condutividade e cor podem mudar e continuar mudando, quanto menores as coisas se tornam. Nanopartículas mostram diferente toxidez do que as versões maiores de um mesmo composto. Esse é um aspecto a considerar, porque as nanopartículas podem se mover facilmente para dentro do corpo e passar pelo sistema imunológico sem ser percebidas. Com 70 nanômetros, as nanopartículas

podem se incrustar profundamente no tecido pulmonar; uma partícula de 50nm pode introduzir-se dentro das células sem ser notada. Partículas tão pequenas quanto 30nm podem atravessar a barreira do sangue no cérebro. A grande preocupação é que um mesmo composto pode apresentar maior grau de toxidez na escala nano do que na sua escala normal. As nanopartículas, devido ao seu pequeno tamanho, podem penetrar no organismo e passarem despercebidas pelo sistema imunológico (GRUPO ETC, 2005, p. 30).

Logo, ainda que a modificação que ocorre nos elementos químicos seja benéfica para muitos seguimentos, essas mesmas modificações podem, eventualmente, causar riscos a vida humana, vez que já há estudos publicados mencionando a ligação entre doenças graves, e até mortes, pela exposição a partículas de nanotecnologia no ambiente de trabalho (BIANCO; GOLDSCHMIDT, 2019, p. 44)

Está no dito popular que quem não se arrisca não evolui. Sem dúvidas essa premissa tem sua parcela de assertiva, afinal a zona de conforto nem sempre permite descobertas boas ou até inventos revolucionários. Entretanto, é necessário calcular se as consequências negativas não poderão se tornar superiores ao benefício pretendido, que é o temor envolvendo a manipulação em nanoescala.

A produção e comercialização de produtos com nanotecnologia avança a passos largos, o que é preocupante, tendo em vista o grande potencial para danos futuros, em especial para o meio ambiente e para o próprio ser humano (ENGELMANN; NASCIMENTO, 2017, p. 207).

O International Center for Technology Assessment afirma que evidências indicam que esta nova revolução dos materiais apresenta riscos significativos para o meio ambiente, para a saúde e para a segurança, bem como profundos desafios sociais, econômicos e éticos. As empresas, governos e universidades que aceleram a comercialização de nanotecnologias, sem esperarem pelo resultado das pesquisas necessárias para esclarecer e reduzir os riscos, nem pelos necessários mecanismos de supervisão regulatória, legal e ética. Estes mecanismos são fundamentais para evitar a repetição dos fracassos de tecnologias e materiais “mágicos” do passado (ICTA, 2007, p. 5, tradução livre).

A Dra. Barbara A. Maher e os demais autores, co-diretora do Centro de Magnetismo Ambiental e Paleomagnetismo da Universidade de Lancaster/UK, apontam problemas degenerativos cerebrais, a exemplo do Alzheimer, que tem como

causa a presença de nanopartículas de magnetita, encontradas na poluição das grandes cidades, veja-se:

Identificamos a presença abundante no cérebro humano de nanopartículas de magnetita que correspondem precisamente às nanoesferas de magnetita de alta temperatura, formadas por combustão e/ou aquecimento derivado do atrito, que são prolíficas em partículas urbanas, partículas no ar (PM). Porque muitas das partículas de poluição de magnetita pelo ar têm menos de 200 nm de diâmetro, elas podem entrar no cérebro diretamente através do nervo olfativo e atravessar a unidade olfativa danificada. Esta descoberta é importante porque a magnetita em nanoescala pode responder a campos magnéticos externos e é tóxica para o cérebro, estando implicada na produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) prejudiciais. Uma vez que a produção aumentada de ROS está causalmente ligada a doenças neurodegenerativas tais como a doença de Alzheimer, a exposição a tais nanopartículas de magnetita derivadas de partículas transportadas pelo ar deverá ser examinada como um possível perigo para a saúde humana (MAHER *et al.*, 2016, p. 2).

Existem várias formas de penetração e absorção de nanopartículas pelo corpo humano, como, por exemplo, pelos pulmões, intestinos e poros, por isso, o direito do trabalho deve preocupar-se com a exposição de trabalhadores a materiais contendo nanotecnologia (ENGELMANN; NASCIMENTO, 2017, p. 208).

A questão envolvendo os riscos e perigos da exposição as nanopartículas já ultrapassou a especulação e segundo reportagem veiculada pelo jornal Estadão, em agosto de 2009, “sete jovens chinesas sofreram danos permanentes aos pulmões e duas delas morreram depois de trabalhar durante meses, sem proteção, numa fábrica de tintas que usava nanopartículas”. Devido a repercussão dos casos, Yugu Song, membro do departamento de medicina ocupacional e toxicologia clínica do Hospital Chaoyang de Pequim, afirmou: “Esses casos trazem a preocupação de que exposição prolongada às nanopartículas, sem medidas de proteção, possa estar relacionada a danos graves aos pulmões humanos” (ESTUDO..., 2009).

No atual momento, conhece-se um número maior de benefícios envolvendo as nanotecnologias do que danos, entretanto, não se pode menosprezar o potencial desta tecnologia para resultados indesejáveis na saúde humana e no meio ambiente (OSHIRO; HOHENDORFF; ENGELMANN, 2013, p. 3).

Nesse cenário de preocupações e incertezas acerca dos riscos envolvendo a manipulação de nano compostos o Grupo ETC (2005, p.17) chegou a fazer o seguinte apelo:

[...] por uma moratória nas pesquisas em nanotecnologia e na liberação de novos produtos comerciais até que protocolos de laboratório e regimes de regulamentação estejam estabelecidos para proteger trabalhadores e consumidores, e até que se demonstre que esses materiais são seguros. Enquanto isso, todos os produtos para alimentos, rações e bebidas, protetores solares e cosméticos que incorporem nanopartículas manufaturadas devem ser removidos das prateleiras.

Conforme já mencionado, a oferta de produtos e serviços que se utilizam de nanotecnologia está expandindo rapidamente, utilizando como slogan de vendas a promessa de resultados muito superiores aos obtidos com produtos que não utilizam a nanotecnologia. Entretanto, nem os fabricantes, cientistas, e menos ainda os consumidores sabem a extensão e os efeitos tóxicos que poderão vir destes produtos, e nem suas interações com o meio ambiente e a saúde dos seres humanos (ENGELMANN; MARTINS, 2017).

Ademais, apenas como um adendo no presente estudo, levando-se em consideração a expansão das nanotecnologias, e a ampla oferta de produtos e serviços sem a adequada informação dos riscos ao consumidor, há uma reiterada violação do direito a informação previsto no artigo 5º, inciso XIV da Constituição da Republica Federativa do Brasil, assim como violação ao disposto no art. 6º inciso III e artigo 31 Código de Defesa do Consumidor fabricantes.

Nesse espeque, atender ao direito de informação demandaria prevenção e precaução, permeados pela noção de ética e de boa fé, visando a proteção do consumidor e de forma especial ao presente estudo, do trabalhador nas empresas que utilizam nanotecnologias, o que será objeto de abordagem em capítulo próprio.

Não se trata de propor um retrocesso nas pesquisas e descobertas, mas, um avanço cauteloso no terreno recém descoberto das nanotecnologias. A fixação de limites, observando o princípio da dignidade da pessoa humana é o primeiro passo, ainda que não sejam apontadas as fronteiras da exploração nanotecnologia através de marcos regulatórios específicos (ENGELMANN; MARTINS, 2017).

No 6º Simpósio Internacional de Nanotecnologia, que aconteceu em Nagoya, no Japão, diversos estudos foram apresentados demonstrando a preocupação acerca da exposição as nanoparticulas, tanto para o meio ambiente quanto para o ser humano. Na ocasião, a firmou-se: “o problema não são as descobertas em si, mas os seus reflexos na vida das pessoas e na estrutura do planeta. Pesquisas já demonstraram que camundongos que receberam nanotubos de carbono desenvolveram lesões biológicas” (ENGELMANN; HOHENDORFF, 2014, p.

29-30), semelhantes com as que ocorrem na inalação do amianto. Também foi apresentado um outro estudo, realizado pelo Instituto de pesquisa Holandês Alterra, o qual demonstrou que nanopartículas

podem gerar danos à saúde de minhocas, na medida em que a exposição ao solo contaminado com nanopartículas de carbono mostrou um efeito significativo, incluindo a redução no crescimento da população, aumento da mortalidade e danos aos tecidos (ENGELMANN; HOHENDORF, 2014, p. 29-30).

O Grupo *Project on Emerging Nanotechnologies*, foi criado em 2005, em Whashington, com intuito de tornar pública a informação acerca dos produtos que contenham nanotecnologia e tem como missão:

[...] buscar garantias que, preventivamente, os possíveis riscos das nanotecnologias sejam minimizados e se tornem públicos; que o engajamento do consumidor permaneça forte e que os benefícios potenciais dessas novas tecnologias sejam realizados [...].

O Projeto sobre Nanotecnologias Emergentes colabora com pesquisadores do governo, indústria, ONGs, políticos e outras pessoas. Buscando pensar em longo prazo, para identificar lacunas nos processos de conhecimento e regulamentações; bem como, desenvolver estratégias para fechar tais lacunas. O Projeto fornecerá conhecimento independente e objetivo, analisando criticamente e informando as decisões que podem afetar o desenvolvimento e a comercialização de nanotecnologias (FIORINO, 2010, p. 4, tradução livre).

Como já visto, diante das evidências que apontam uma grande potencialidade para efeitos toxicológicos envolvendo as nanopartículas, há um alerta vindo de diversos campos da ciência, evidenciando a necessidade de reavaliar a forma se desenvolvem as nanotecnologias. Retomando as menções de Luhmann (1992, p. 46-47):

Quando o resultado da investigação revela que, em um determinado contexto, os indivíduos geralmente subestimam os riscos (digamos porque sempre fizeram bem e superestimam sua própria capacidade de controlar situações ainda não vivenciadas e, ao mesmo tempo, subestimam possíveis danos) Você pode se perguntar como uma comunicação que visa aumentar a consciência sobre os riscos deve ser formada?

Pode-se afirmar, então, que a análise de risco é um processo por meio do qual cientistas avaliam o potencial de risco adverso para a saúde humana ou para o meio ambiente em decorrência de sua exposição a certos agentes, que podem ser substâncias naturais ou sintéticas ou mesmo a ação antrópica. Essas avaliações

abrangem aditivos químicos colocados em alimentos, medicamentos, cosméticos, vitaminas, defensivos agrícolas ou produtos que possam contaminar o meio ambiente. Podem ser considerados também os efeitos causados por radiação ou campos eletromagnéticos. Em todos os casos, o processo comporta ainda uma descrição técnica acerca das incertezas, e tudo isso com vistas a oferecer aos órgãos competentes informações consistentes, fruto de pesquisas rigorosas, que possam balizar as decisões a serem tomadas (LUCHESE, 2011, p. 31).

A estimativa das concentrações de exposição ambiental é seriamente dificultada por falta das duas peças essenciais, informação e conhecimento. Em primeiro lugar, não há conhecimento quantitativo sobre as taxas de liberação de nanomateriais no meio ambiente. Em segundo lugar, não há conhecimento nem teoria que possa ser usada para prever concentrações de nanomateriais no ambiente a partir das taxas de liberação (SCENIHR, 2009, p. 50, tradução livre).

Em relação as nanotecnologias:

[...] pelo menos nesse momento, os riscos são maiores, pois desconhecidos os efetivos potenciais das descobertas realizadas pelas nanotecnologias. Como enfrentar esse desafio, que se mostra com uma peculiar ambivalência: desenham-se muitas possibilidades, mas levantam-se também um grande número de perguntas que estão sem respostas (ENGELMANN; 2010a, p. 659).

Assim, apesar dos benefícios já obtidos com os avanços da nanotecnologia, os relatos acerca de possíveis danos advindos dessa nova tecnologia, é fato bastante para gerar preocupação com o trabalhador que está exposto diariamente a estas nanopartículas e que precisa de proteção de seus direitos fundamentais (BIANCO; GOLDSCHMIDT, 2019, p. 47).

Até porque, nesse momento, incerteza define razoavelmente bem a questão envolvendo as nanotecnologias, isso porque, conforme visto acima, as mesmas tem possibilidade de trazer grandes avanços para a humanidade, em especial na área da medicina, trazendo cura para doenças e melhor eficácia em tratamentos. Entretanto, a possibilidade de gerar danos não pode ser ignorada e diante desse cenário de incertezas surge a nanotoxicologia, ramo ligado ao estudo da nanotecnologia que será abordado no tópico seguinte.

### 2.2.1 Nanotoxicologia

Diante da potencialidade tóxica das nanopartículas, o ramo da nanotoxicologia está ligado ao estudo e avanços dos possíveis efeitos tóxicos das nanopartículas. “A toxicologia pode ser definida como a ciência que estuda os efeitos adversos de agentes de natureza física, química ou biológica sobre os biosistemas, tendo como meta o tratamento, o diagnóstico e, principalmente, a prevenção da intoxicação” (MARTINEZ; ALVES, 2013, p. 33).

Os estudos envolvendo a toxicologia são de grande relevância na sociedade atual, na qual, conforme visto acima, o desenvolvimento de novas tecnologias vem acontecendo de forma acelerada, e por isso, o conhecimento é essencial para o desenvolvimento sustentável. Apesar de iniciais, as pesquisas demonstram que apenas com a diminuição da dimensão das partículas, os compostos envolvidos tornam-se quimicamente mais reativos, e ainda, devido ao minúsculo tamanho das nanopartículas, essas se disseminam com maior facilidade no meio ambiente e possuem capacidade de entrar nas membranas celulares e intra celulares, podendo inclusive interagir e até mesmo hibridizar com estruturas sub celulares (MARTINEZ; ALVES, 2013, p. 34).

Logicamente, uma vez que as biomoléculas (proteínas, carboidratos, lipídios e ácidos nucleicos) e a unidade básica da vida (células) estão compreendidas na mesma escala de tamanho que os nanomateriais, eles podem interagir quando colocados em contato, havendo a formação de uma bionanointerface (MARTINEZ; ALVES, 2013, p. 32).

Um interessante exemplo descrito pelos autores supracitados, menciona a toxicidade do carbono. O carvão que se usa cotidianamente para fazer fogo é composto por moléculas de carbono, macromoléculas, e é muito diferente dos nanotubos de carbono, nano moléculas, que também são constituídos somente por carbono. Apesar de ambos os itens serem formados por um mesmo composto, o carbono, o nanotubo de carbono é mais tóxico (MARTINEZ; ALVES, 2013, p. 33).

Logo, a preocupação com a nano toxicidade surge na medida em que diversificados nanomateriais são sintetizados, manipulados e descartados em diferentes ambientes, sejam naturais, urbanos ou industriais, sem o devido controle e regulamentação. Em se tratando de nanomateriais, toda cautela é bem-vinda, pois há um crescimento exponencial do número de empresas utilizando essa nova tecnologia,

e com isso o aumento no risco de exposição, da mesma forma, não se pode esquecer que os ensaios toxicológicos tradicionais não estão adaptados e padronizados para nanomateriais (MARTINEZ; ALVES, 2013, p. 33).

Atualmente, nenhum método padrão existe para este propósito, embora esforços estejam sendo desenvolvidos nesta área, e os níveis da exposição ambiental ainda são desconhecidos (SCENIHR, 2009, p. 50, tradução livre).

Portanto, esforços coordenados e estratégias de pesquisa para uma abrangente de avaliação de nanomateriais manufaturados precisa ser definida. Pesquisas preocupantes relatam que há indícios de nanopartículas presentes no ambiente podem se translocar para o cérebro. E da mesma forma que isso pode oferecer uma rota potencial de entrada de medicamentos no cérebro, também pode levantar preocupação em vista das doenças amilóides<sup>5</sup> do cérebro no contexto do potencial de nanopartículas para causar fibrilação de proteínas *in vitro*. Esta é certamente uma área para a qual pesquisas adicionais são urgentemente necessárias (SCENIHR, 2009, p. 49, tradução livre).

Do mesmo modo, estudos sobre sistemas de solo e espécies terrestres em geral, incluindo produtores primários, e espécies marinhas ainda estão faltando. Um aspecto importante neste contexto é a compreensão de quaisquer interações de nanomateriais com microrganismos em estações de tratamento de esgoto, e o consequente efeito no processo de tratamento. Neste contexto, é fundamental averiguar o destino dos nanomateriais no meio ambiente para que sua disponibilidade para exposição ambiental possa ser avaliada. Para alguns nanomateriais, a transferência entre as espécies ambientais foi demonstrada indicando um potencial de bioacumulação nas espécies no final da cadeia alimentar (SCENIHR, 2009, tradução livre).

---

<sup>5</sup> A amiloidose constitui um grupo de enfermidades raras descritas pela primeira vez há mais de 200 anos. A doença se manifesta quando as proteínas amilóides se depositam e acumulam nos órgãos e tecidos do corpo. Esta acumulação pode ocorrer de maneira sistêmica (pelo corpo inteiro) ou de maneira localizada (em um tecido). A cada ano são diagnosticados mais de 3 mil casos de amiloidose nos Estados Unidos. Trata-se de uma doença que afeta pessoas acima de 50 anos, porém pode ocorrer em pessoas de 30 anos de idade. Outras doenças podem aumentar o risco de se desenvolver a amiloidose e, quando se tem outras pessoas da mesma família afetadas com a doença, pode indicar uma forma hereditária chamada familiar. Entre 10% a 15% das pessoas afetadas por mieloma múltiplo desenvolvem a amiloidose. A diálise renal (hemodiálise) realizada por longo período pode aumentar o risco da pessoa contrair o tipo de amiloidose associada à diálise. Entre os sintomas da doença encontram-se: fadiga, perda de peso, sensação de plenitude gástrica, formigamento e dormência nas pernas, falta de ar, ritmo cardíaco irregular, e possivelmente aumento do tamanho da língua (macroglóssia) (ABPAR, 2016).

Embora metodologias de avaliação de riscos potenciais de substâncias e materiais convencionais para o homem e o meio ambiente são amplamente utilizados e são geralmente aplicável a nanomateriais, aspectos específicos relacionados a nanomateriais ainda requerem mais desenvolvimento. Isso permanecerá assim até que haja dados científicos suficientes e informações disponíveis para caracterizar os efeitos nocivos dos nanomateriais em humanos e no ambiente (SCENIHR, 2009, p. 52, tradução livre).

Os dados existentes mostram que as nanopartículas podem entrar na circulação a partir do trato respiratório ou o trato gastrointestinal. Quando as nanopartículas atingem a circulação sanguínea, o fígado e o baço são os dois principais órgãos para distribuição. Para certas nanopartículas todos os órgãos podem estar em risco. Para todos os órgãos investigados até agora, o produto químico componente das nanopartículas ou as próprias nanopartículas poderiam ser detectadas, como demonstrado para o cérebro e os testículos. No caso de distribuição para o feto em útero, resultados contraditórios foram observados (SCENIHR, 2009, p. 54, tradução livre). Há algumas evidências de que o tamanho pequeno pode permitir que as nanopartículas penetrem, inclusive, em compartimentos subcelulares como a mitocôndria e o núcleo (SCENIHR, 2009, p. 54, tradução livre).

Dessa forma, se uma substância em dimensões normais não apresenta toxicidade, mas vier a ser reduzida para a escala nano, pode vir a se tornar tóxica. Isso ocorre porque a reatividade pode ser maior e porque a dose também passa a ser maior. Além disso, nanopartículas podem passar por qualquer barreira natural, que são filtros especiais dentro dos organismos vivos (SCENIHR, 2009, tradução livre).

Da mesma forma, alguns estudos apontam que na presença de nanopartículas, há uma intensificação das respostas fisiológicas quando estas são comparadas a partículas que não sofreram o mesmo processo de síntese e estruturação. Por exemplo, foram relatados efeitos como aumento da resposta inflamatória, fibrose, respostas alérgicas, carcinogenicidade e, em estudos preliminares em animais, foram afetadas as funções cardiovascular e linfática (SCENIHR, 2009, tradução livre).

A esse respeito um estudo realizado por Zhang *et al.*, e publicado na revista eletrônica *Chemical Society Reviews*, expôs de forma detalhada a rota que as nanopartículas se dissipam dentro do corpo humano, entre outras informações verificou-se que como as nanopartículas secas facilmente se propagam pelo ar, a

exposição respiratória é a via mais comum para a ingestão de nanopartículas. No sistema respiratório, ocorre uma troca de oxigênio e dióxido de carbono entre a atmosfera e o corpo. Além de promover as trocas gasosas, o sistema respiratório tem papéis importantes na defesa do organismo e na regulação das funções metabólicas e endócrinas. Assim, lesões no sistema respiratório frequentemente levam a distúrbios envolvendo outros sistemas corporais (ZHANG *et al.*, 2014, p. 13, tradução livre).

A forma como as nanopartículas se dissipam dentro do corpo humano é detalhada no seguinte trecho do estudo:

O sistema circulatório transporta oxigênio; nutrientes como glicose, aminoácidos e ácidos graxos; moléculas mensageiras biológicas, como hormônios; e células funcionais, como células imunes. Também facilita a remoção de resíduos como dióxido de carbono e resíduos de células mortas. O sistema circulatório consiste no coração, vasos sanguíneos, sangue, linfa e estruturas relacionadas. A estreita associação dos sistemas circulatório e respiratório é melhor exemplificada pela troca de ar que ocorre nos alvéolos dos pulmões. Dentro dos alvéolos, o oxigênio se difunde para o sangue através dos capilares, e o sangue rico em oxigênio viaja de volta para o coração. As nanopartículas foram relatadas para atravessar as camadas de células epiteliais alveolares e endoteliais vasculares e foram translocadas para o sistema circulatório após a inalação. Toxicidade respiratória. As nanopartículas inaladas são translocadas para vários órgãos dos pulmões através dos vasos linfáticos e do sangue. Essas translocações podem resultar em toxicidade para todo o corpo. Nosso conhecimento atual da nanotoxicidade respiratória pode ser classificado em três categorias: toxicidade para órgãos respiratórios, toxicidade sistêmica após a entrada das nanopartículas na circulação e mecanismos *in vitro* (ZHANG *et al.*, 2014, p. 13, tradução livre).

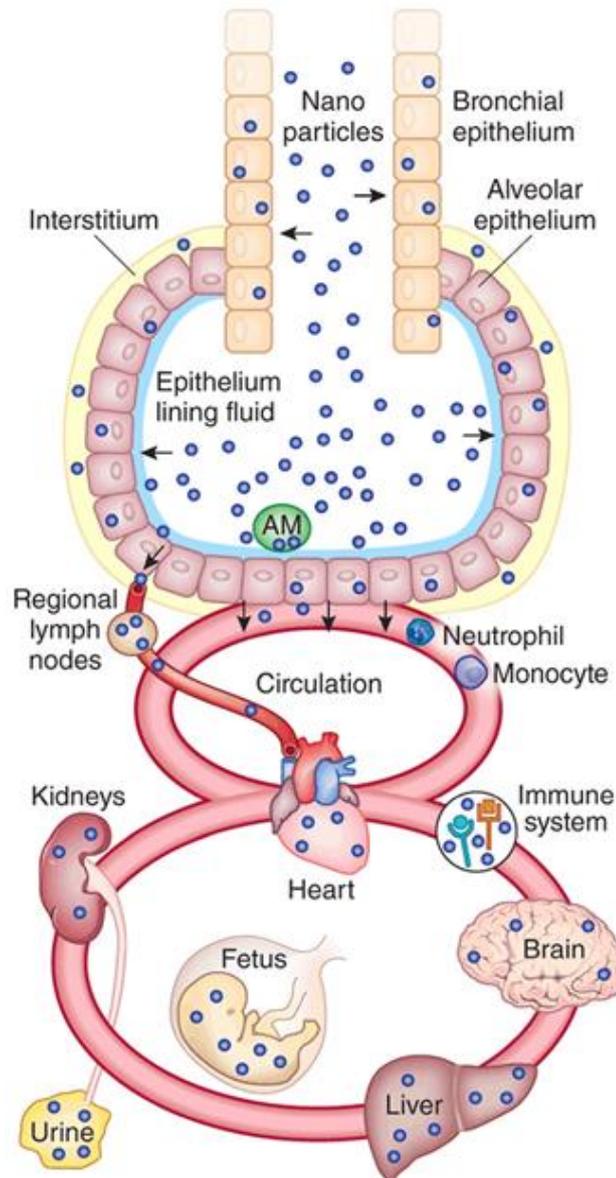
Seguindo com as informações trazidas com o estudo, constatou-se que as nanopartículas são transportadas para os órgãos através do sangue e durante esse processo de translocação, as nanopartículas alteram a dinâmica dos fluidos do sangue, afetando as paredes vasculares, e aderindo às superfícies dos vasos sanguíneos devido a interações não específicas. No sangue, as propriedades originais das nanopartículas circulantes foram alteradas por proteínas e outras moléculas que formam uma coroa de proteína em sua superfície (ZHANG *et al.*, 2014, p. 21, tradução livre).

Com isso, verifica-se que as nanopartículas são prejudiciais ao sistema circulatório de várias maneiras, pois após a inalação, várias nanopartículas nos pulmões de modelos animais estimularam a geração de estresse oxidativo e levaram à liberação de mediadores pró-inflamatórios e fatores de coagulação, que foram transmitidos para a circulação levando a lesões cardiovasculares (ZHANG *et al.*, 2014,

p. 21, tradução livre).

Na imagem a seguir, as nanopartículas são representadas pelos pontos azuis e demonstram que uma vez exposto as nanopartículas, elas se deslocam para todo o corpo, veja-se:

Figura 2 – Rota das nanopartículas no corpo humano.



Fonte: Zhang *et al.* (2014, p. 13).

Conforme demonstra a imagem, as nanopartículas penetram em nosso organismo e viajam todo o nosso corpo, podendo ser encontradas nos órgãos mais importantes e vitais.

De extrema importância para esta dissertação, o mesmo estudo avaliou casos de exposição no ambiente laboral e assim relatou:

Após exposição ocupacional a nanopartículas de poliacrilato por 5-13 meses, os indivíduos exibiram sintomas de coceira intensa, falta de ar e derrame pleural. O exame anatomopatológico revelou inflamação pulmonar inespecífica, fibrose pulmonar e granulomas de corpo estranho da pleura. A microscopia eletrônica de transmissão revelou a presença de nanopartículas no citoplasma e carioplasma das células epiteliais e mesoteliais pulmonares, bem como no fluido torácico desses indivíduos. Embora esses sintomas sejam semelhantes aos observados em estudos com animais, não se sabe se as nanopartículas de poliacrilato sozinhas ou as nanopartículas com compostos orgânicos adsorvidos levam à toxicidade (ZHANG *et al.*, 2014, p. 19, tradução livre).

Outro caso que demonstra a toxicidade das nanopartículas, relata-se a seguir:

Em outro caso, um homem saudável de 38 anos estava operando um processo de arco de níquel metálico e se expôs a nanopartículas de níquel por cerca de 90 minutos após a remoção da máscara. Ele morreu 13 dias após a inalação de nanopartículas de níquel com uma dose total estimada de um grama. O homem não tinha histórico de doenças respiratórias. No entanto, a necropsia encontrou lesões alveolares em todos os lobos com hemorragia alveolar e fluido de edema e todos os danos podem ser caracterizados como síndrome do desconforto respiratório do adulto (SDRA). A análise do microscópio eletrônico de transmissão encontrou nanopartículas de níquel (<25 nm) nos macrófagos do pulmão e na urina e rins. Essas nanopartículas também causaram lesões ou necrose em outros órgãos, como cérebro, coração, rim e baço. Embora a ligação entre a exposição às nanopartículas e a patologia humana não tenha sido estabelecida de forma conclusiva nesses casos, essas descobertas alarmantes voltam a enfatizar a urgência da pesquisa sobre nanotoxicidade (ZHANG *et al.*, 2014, p. 19, tradução livre).

Em suma, independentemente da rota de exposição, as nanopartículas são retidas pelo sistema pulmonar e pelos alvéolos pulmonares. A exposição respiratória também resulta na transferência de nanopartículas para a circulação sanguínea, o ponto estratégico desses dois sistemas. No sistema respiratório, as nanopartículas causam respostas inflamatórias pulmonares, e lesão pulmonar fibrótica. Eles também causam toxicidade sistêmica, principalmente incluindo respostas imunológicas comprometidas e disfunção microvascular sistêmica. No sistema circulatório, as nanopartículas alteram a dinâmica dos fluidos do sangue, geram estresse oxidativo intracelular e induzem inflamação que causa lesões cardiovasculares, incluindo trombose e disfunção cardiovascular (ZHANG *et al.*, 2014, p. 85, tradução livre).

Na medida que prossegue o estudo, os exemplos prosseguem:

A partir de várias vias de exposição, as nanopartículas tendem a ser absorvidas com diferentes eficiências e distribuídas em vários órgãos. Eles podem ser parcialmente dissolvidos, degradados, excretados ou

aprisionados de forma estável nos órgãos. As nanopartículas podem ser retidas pelo pulmão, causando respostas inflamatórias pulmonares, formação de granuloma e lesão fibrótica, ou podem ser transferidas para a circulação sanguínea nos alvéolos, causando toxicidade sistêmica. As nanopartículas podem alterar a dinâmica dos fluidos do sangue, gerar estresse oxidativo intracelular e induzir inflamação que causa agregação plaquetária, trombose e disfunção cardiovascular. As nanopartículas exibem as propriedades de adjuvante imunológico e imunossupressor. Eles ativam o sistema complemento e diminuem a população de células de linfonodos que produzem imunoglobulinas contra imunógenos. Uma vez que são eficientemente absorvidos por células de processamento de antígenos, as nanopartículas induzem respostas imunes celulares em vez de respostas imunes humorais. A indução de respostas imunes inatas e adquiridas por nanopartículas é provavelmente através da ativação ou perturbação de receptores de superfície celular. Quando as nanopartículas entram na medula óssea, podem comprometer as funções dos eritrócitos, reduzir a produção de plaquetas, aumentar o número de leucócitos e induzir hematopoiese extramedular no baço. A exposição de mães grávidas a nanopartículas causa danos ao sistema reprodutor masculino de seus filhotes [...] Devido ao seu tamanho nanométrico, as nanopartículas em circulação também podem entrar no SNC. Eles danificam neurônios e células gliais induzindo inflamação e apoptose celular e perturbam as propriedades eletrofisiológicas dos neurônios. As nanopartículas também afetam as funções das células nervosas, como a liberação de neurotransmissores. O fígado é um dos principais órgãos de acumulação de nanopartículas (ZHANG *et al.*, 2014, p. 86, tradução livre).

Investigações recentes mostraram que as nanopartículas são promissoras na engenharia do tecido ósseo. No entanto, as nanopartículas podem perturbar as redes de sinalização celular, levando a consequências patológicas. O impacto das nanopartículas no material hereditário ocorre principalmente por meio da geração de estresse oxidativo e inflamação. Foi demonstrado que as nanopartículas causam danos ao DNA e em células sanguíneas e células da medula óssea mais vulneráveis *in vivo*. Além disso, a inflamação crônica mediada por nanopartículas pode converter células não tumorigênicas em células tumorigênicas ou até mesmo induzir a formação de tumor em animais (ZHANG *et al.*, 2014, p. 86, tradução livre).

As investigações demonstram ainda que as nanopartículas, pelo fato de penetrarem várias barreiras biológicas, também pode ser transferida através das gerações. Portanto, as avaliações do impacto da exposição a nanopartículas no nível do corpo inteiro e através das gerações são necessárias para fornecer uma compreensão abrangente da nanotoxicidade (ZHANG *et al.*, 2014, p. 87, tradução livre).

Nesse contexto, em que a toxicidade envolvendo as nanopartículas traz indagações acerca da segurança do desenvolvimento das nanotecnologias, um atuar ético envolvendo as pesquisas é algo a ser pensado, e com esse intuito aborda-se a

seguir, um pouco da questão ética envolvendo as pesquisas científicas.

### **2.2.2 A ética envolvendo as nanotecnologias.**

A nanotecnologia é algo relativamente novo, e em se tratando de ética envolvendo as pesquisas com nanotecnologias não há muito aparato teórico publicado. Assim sendo, pela semelhança envolvendo essas áreas do saber, utilizar-se-á as teorias envolvendo dilemas bioéticos, para referenciar o presente subtópico, vez que os dilemas bioéticos também residem na esfera das inovações científicas.

Adentrando ao conceito em si, os dilemas bioéticos, devem ser entendidos como as questões “suscitadas pela medicina, pelas ciências da vida e pelas tecnologias que lhes estão associadas, aplicadas aos seres humanos, tendo em conta as suas dimensões social, legais e ambientais” (UNESCO, 2006, p. 5).

Nas questões ligadas a bioética, pergunta-se se tudo cientificamente possível deva ser considerado eticamente aceitável, ou se “apenas as regras elaboradas a partir da moral vigente e do direito positivo são capazes de garantir ao homem o uso correto da tecnologia mais moderna” (FRANÇA, 2014. p. 38).

Assim como a nanotecnologia, a bioética é uma reflexão complexa, interdisciplinar e compartilhada. É complexa,

pois inclui os múltiplos aspectos envolvidos no seu objeto de atenção; é interdisciplinar, devido à possibilidade de contar com conhecimentos oriundos de diferentes áreas do saber; e é compartilhada, por utilizar as diferentes interfaces para realizar diálogos mutuamente enriquecedores (GOLDIM, 2009, p. 59).

Nessa seara de conflitos e complexidade relacionada as ciências, torna-se extremamente necessária a existência de parâmetros a serem seguidos diante de casos em que há conflitos entre ética, moral e ciência.

Ao se deparar com um dilema bioético, exige-se dos envolvidos uma conduta ética, balizada em parâmetros, diretrizes, modelos explicativos e princípios. Beauchamp e Childress (1998, p. 11) propuseram a existência de três modelos de justificação, o coerentista, o indutivista e o dedutivista, os quais são tanto instrutivos como influenciadores, e serão abordados a seguir.

O primeiro, o modelo dedutivista também chamado de principlismo, sugere a utilização dos princípios para auxiliar no desenvolvimento de diretrizes para

a ação. Os princípios funcionariam como norteadores na tomada de decisão para a solução de um problema (BEAUCHAMP; CHILDRESS, 1998, p. 24-28). Beauchamp e Childress (1998) enumeram quatro princípios. Primeiramente o princípio do respeito a autonomia, que exige do profissional a reverência ao desejo do paciente, que depois de receber todas as informações sobre os tratamentos possíveis, esclarecimento sobre diagnósticos, riscos, benefícios, danos possíveis e prognósticos, possa decidir a melhor forma de agir em concordância com as suas próprias convicções, concepções, valores e crenças. Nesse viés, para que uma declaração de vontade seja considerada autônoma, é preciso que o paciente esteja consciente e apto a exprimir sua vontade, assim como, que não haja nenhuma interferência ou coação por parte de equipe médica ou familiares. Salienta-se, a expressão da própria vontade e o respeito pela autonomia de cada pessoa tem grande ligação com a dignidade da pessoa humana, demonstrando a importância deste princípio (BEAUCHAMP; CHILDRESS, 1998, p. 179-237).

No mesmo viés a Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos, menciona no art. 5º

a autonomia das pessoas no que respeita à tomada de decisões, desde que assumam a respectiva responsabilidade e respeitem a autonomia dos outros, deve ser respeitada. No caso das pessoas incapazes de exercer a sua autonomia, devem ser tomadas medidas especiais para proteger os seus direitos e interesses (UNESCO, 2006, p. 6).

Nesse contexto, aplicando esse princípio as nanotecnologias, pelo menos no que se refere a opção de uso ou exposição as nanotecnologias, poderia deixar a pessoa que seria exposta ciente dos riscos, para essa pudesse escolher se deseja ou não os aceitar.

Em segundo lugar, há o princípio da não maleficência, o qual implica o dever de não causar dano intencionalmente. Na ética médica este princípio consiste em jamais causar o mal ou prescrever um tratamento inadequado a um paciente. Intuitivamente parece que a obrigação de não causar dano é mais rigorosa que a obrigação de prestar socorro. Por exemplo, há obrigação de não prejudicar sujeitos envolvidos em investigações criminais (BEAUCHAMP; CHILDRESS, 1998, p. 179-180). Na sequência, tem-se o princípio da beneficência, segundo o qual, “deve prevenir-se o dano ou o mal”; “deve evitar-se ou recusar o mal” e “deve fazer-se ou promover o bem”. O Princípio da Beneficência é o que estabelece que devemos ser

bons e misericordiosos em relação aos outros, é a obrigação moral de agir em benefício dos outros, ser benevolentes. No contexto médico é o dever de agir no interesse do paciente, promover a saúde e prevenir a doença, avaliando aspectos positivos e negativos (BEAUCHAMP; CHILDRESS, 1998, p. 247-257). Por fim, tem-se o princípio da justiça, que engloba diversas facetas, sendo a que apresenta maior relevância aos assuntos bioéticos é a justiça retributiva, que guarda relação com a distribuição igualitária de direitos a sociedade. O acesso aos serviços públicos, meios de prevenção de doenças, e acesso a cooperação social (BEAUCHAMP; CHILDRESS, 1998, p. 311-373). A Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos (UNESCO, 2006), também traz a ideia de justiça no art. 10, ao abordar a igualdade, justiça e equidade, mensurado a necessidade do “tratamento de todos os seres humanos em dignidade e em direitos deve ser respeitada para que eles sejam tratados de forma justa e equitativa”.

Nesse caso, retomando o contexto das nanotecnologias, quando houver certeza científica acerca dos possíveis danos, o ideal seria que a busca pelo lucro fosse colocada em segundo plano, de modo que a proteção das potências vítimas seja prioridade.

Na sequência, modelo indutivista ou casuística, tem como elemento principal a utilização de acordos e práticas sociais pré-existentes como ponto de partida. A análise de casos paradigmáticos, os quais são utilizados como parâmetros para novos casos que se apresentem (BEAUCHAMP; CHILDRESS, 1998, p. 15-18). Este modelo utiliza uma analogia, como o raciocínio utilizado pelas cortes de justiça norte-americanas e inglesas, também chamadas Common Law, que se utilizam de citações de casos pregressos como fonte de jurisprudência. “Nesses países as sentenças judiciais têm forte embasamento filosófico e moral, constituindo-se em documentos que transcendem ao caso em si” (GOLDIM, 1999).

A esse respeito, o estudo aprofundado de estudos comparados, verificando exemplos já relatados em países onde se estuda há mais tempo as nanotecnologias, poderia evitar que se repetissem no Brasil, erros porventura sanados mediante conhecimentos adquiridos no exterior.

Por último, o modelo coerentista explica que como todos os sistemas morais apresentam algum grau de indeterminação e incoerência, sugere que se consegue coerência quando se encontra equilíbrio reflexivo avaliando os pontos fortes a fracos de todo o juízo moral e também mediante o desenvolvimento de normas que

não se choquem entre si (BEAUCHAMP; CHILDRESS, 1998, p. 18-19).

Há ainda o modelo exemplificativo criado por Goldim (2006), conhecido por bioética complexa. Esse modelo exemplificativo, sugere “uma proposta de abordagem onde a ética se insere na realidade e não apenas a ela se aplica. A bioética parte de problemas e acaba por refletir sobre situações de complexidade sempre crescente”. Este modelo se caracteriza como uma síntese das várias propostas anteriores, onde se utiliza como referencial teórico os princípios, os direitos humanos, as virtudes e a alteridade, os sistemas de crenças e valores e a afetividade.

Os Direitos Humanos, sejam eles individuais, coletivos ou transpessoais, justificam ações que devem ser realizadas no sentido de garantir o seu cumprimento e eficácia. Os Princípios devem orientar o raciocínio e não ser apenas um elemento taxonômico para os dilemas. Eles permitem identificar e verificar conflitos entre diferentes direitos e deveres, sempre tomados como *prima facie*, isto é, princípios que podem ser priorizados ou ponderados, mas não hierarquizados (GOLDIM, 2008).

A alteridade inclui a discussão da co-presença ética e da corresponsabilidade sempre presente nas ações humanas. Com base nos fatos, circunstâncias, alternativas e consequências previstas pode ser feita uma reflexão sobre a adequação de cada uma das alternativas em relação aos diferentes referenciais teóricos possíveis, sem se ater especificamente a um único como fonte de justificativa (GOLDIM, 2006).

No processo de reflexão e de tomada de decisão para a solução de um dilema bioético é preciso identificar o problema, analisar as soluções possíveis, aplicar os parâmetros supracitados, sempre levando em consideração uma existência harmônica entre todos os componentes, de forma que nenhum se sobreponha ao outro (BEAUCHAMP; CHILDRESS, 1998, p. 24-34).

Segundo Wolkmer (2010, p. 22), os chamados “novos direitos”, a

biotecnologia e da engenharia genética, necessitam prontamente de uma legislação regulamentadora e de uma teoria jurídica (quer no que tange à aceitação de novas fontes, quer no que se refere às novas interpretações e às novas práticas processuais) capaz de captar as novidades e assegurar a proteção à vida humana.

Nesse contexto, verifica-se que assim como a bioética, a nanotecnologia consiste num problema de grande complexidade e os profissionais envolvidos em seu estudo precisam se utilizar de todos os modelos exemplificativos ao seu dispor, a fim

de solucionar o problema de forma ética e adequada. Por analogia, as questões envolvendo as nanotecnologias também devem ser assim tratadas, e todas as decisões devem ser resolvidas levando em consideração a alternativa mais ética, que não afetará um bem jurídico de grande relevância.

Nesse viés se insere a questão das nanotecnologias, pois, ao mesmo tempo em que prometem revolucionar todas as áreas da ciência, há muitas pesquisas que apontam riscos potenciais para o ser humano, meio ambiente e futuras gerações. Portanto, em se tratando de desenvolvimento e pesquisas envolvendo as nanotecnologias, os modelos explicativos supracitados devem servir como base analógica para a tomada de decisão consciente, sempre visando reduzir em menor grau possível o risco de prejudicialidade ao bem jurídico mais valioso, qual seja, a vida.

Superada a questão envolvendo a ética, adentra-se ao tópico seguinte, que irá abordar as nanotecnologias na América Latina.

### 2.3 As nanotecnologias na América Latina.

Em termos de pesquisa e produção das nanotecnologias, os Estados Unidos, a Alemanha, o Japão, o Reino Unido e a China seguem à frente, mas todos os países desenvolvidos e uma boa quantidade de países em vias de desenvolvimento também pesquisam e começam a produzir usando nanotecnologia (FOLADORI; INVERNIZZI, 2012, p. 9).

A iniciativa de países como os Estados Unidos da América, em estudar e investir em nanotecnologias acabou por incentivar outros países ao redor do mundo a também fazê-lo. O Banco Mundial, a Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico ou a Organização de Estados Americanos exerceram sua influência para o desenvolvimento da nanotecnologia na América Latina.

Este impulso não só ocorreu em países grandes como o Brasil, a Argentina e o México, mas também em países pequenos como o Uruguai, a República Dominicana, Costa Rica e Cuba, e em países de tamanho médio, como o Peru, a Colômbia, a Venezuela ou o Chile (FOLADORI; INVERNIZZI, 2012, p. 10).

Em análise com outros países da América Latina, o Brasil é referência no que se refere a pesquisas, número de pesquisadores, número de artigos publicados

e verba orçamentária dedicada as nanotecnologias (NANOTECHNOLOGY..., 2016, p. 5-6, tradução livre).

No entanto, as empresas brasileiras são fracas em pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia em comparação com os países desenvolvidos, especialmente a China. O governo brasileiro investiu uma quantia de \$ 160 milhões de 2000 a 2007 na definição de um programa para desenvolver e promover a nanotecnologia por meio de universidades e centros de pesquisa (o Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). Existia em 2016, 25 redes de estudo em nanotecnologias, 16 institutos de ciência e tecnologia relacionados ao desenvolvimento do conhecimento em diversos campos da nanotecnologia, cerca de 130 empresas ativas na área de pesquisa e desenvolvimento, mais de 2.500 pesquisadores, e cerca de 3.000 graduandos da área no Brasil (NANOTECHNOLOGY..., 2016, p. 5-6, tradução livre).

O Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) e suas agências começaram a estimular o desenvolvimento da nanotecnologia no final do ano 2000. A primeira ação foi o financiamento de quatro redes cooperativas de pesquisa. Em 2004, um programa para o desenvolvimento da nanotecnologia foi incorporado ao Plano Plurianual 2004-2007 de Ciência e Tecnologia, o qual foi ampliado um ano mais tarde com o lançamento do Programa Nacional de Nanotecnologia. Este financiou atividades de pesquisa e desenvolvimento, com particular atenção às associações entre universidade e empresa, à construção e renovação de laboratórios, a projetos de incubadoras de empresas de nanotecnologia e à qualificação de recursos humanos. Dez novas redes cooperativas foram financiadas entre 2005 e 2009, e outras 17 lançadas em 2010 (FOLADORI; INVERNIZZI, 2012, p. 10).

No Brasil, mais de 150 empresas pesquisam e/ou produzem utilizam nanotecnologias. No México a lista supera as 100; e na Argentina se fala de pelo menos 24. Além disso, estão os produtos da nanotecnologia que livremente entram nos países pelo comércio exterior. Visto que em nível mundial não há regulamentação, nem obrigatoriedade para etiquetar, nem classificação especial das matérias primas da nanotecnologia no comércio internacional, não há forma de se conhecer o que já está no mercado (FOLADORI; INVERNIZZI, 2012, p. 10).

Em se tratando de regulamentação, tramita no Senado Federal o projeto de lei nº 880/2019, que institui o Marco Legal da Nanotecnologia e Materiais Avançados e dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à

capacitação científica e tecnológica e à inovação nanotecnológica (MARCO..., 2020).

Na exposição de motivos para elaboração do Marco Legal, tem-se:

com o avanço científico e tecnológico, as nanotecnologias têm ocupado um papel central no desenvolvimento socioeconômico dos países mais desenvolvidos do mundo. As diferentes propriedades dos nanomateriais trazem desafios de diversas ordens, revolucionando produtos, máquinas e serviços, mas, também, impondo a necessidade de um modelo avançado de avaliação de segurança na manipulação e utilização desses insumos. Somente dessa forma, é possível garantir que o progresso social e econômico impulsionado pelas nanotecnologias venha devidamente acompanhado de maior segurança jurídica, ambiental e sanitária (MARCO..., 2020).

Um interessante ponto a ser abordado é que no artigo 2º o atual texto prevê que o desenvolvimento das nanotecnologias deve observar princípios como precaução, sustentabilidade ambiental, solidariedade, responsabilidade do produtor, boa-fé, cooperação, lealdade e transparência entre todos os agentes envolvidos. O texto foi aprovado na Câmara dos Deputados e no Senado Federal, e segue sua tramitação (MARCO..., 2020).

A Argentina aumentou significativamente as atividades em nanotecnologia desde o início, em 1990, e hoje lidera ao lado do Brasil em termos de nanotecnologia na América Latina (NANOTECHNOLOGY..., 2016, p. 8, tradução livre). Os dois países criaram em conjunto o Centro Argentino-Brasileiro de Nanotecnologia, que é a primeira organização binacional com o objetivo de promover a nanociência e nanotecnologia e aumentar a eficiência na ambos países. Desde a sua criação, em 2005, mantém-se o objetivo de compartilhar conhecimento e formação de recursos humanos (NANOTECHNOLOGY..., 2016, p. 8, tradução livre).

No Chile, O Ministério de Educação, através da agência de ciência e tecnologia CONICYT, e o Ministério de Economia financiaram a pesquisa em nanotecnologia em pelo menos quatro centros (NANOTECHNOLOGY..., 2016, p. 10, tradução livre). Com o apoio do Banco Interamericano de Desenvolvimento, o governo do Chile iniciou o Programa de Ciência e Tecnologia, em 1992, o Programa de Inovação Tecnológica em 1996-2000 e o Programa Chile Innovates em 2001, cujo principal objetivo dos programas era competir com outros países da América do Sul (FOLADORI; INVERNIZZI, 2012, p. 10). A Universidad de Chile ocupa o primeiro lugar com a publicação de mais de 636 artigos de nanotecnologia, fundada em 1842, é a universidade mais antiga do Chile e tem a maior classificação nas grandes

universidades chilenas (NANOTECHNOLOGY..., 2016, p. 10, tradução livre).

A Colômbia inseriu as nanotecnologias em uma das áreas estratégicas em ciência e Tecnologia e no ano de 2005 estabeleceu o Conselho Nacional de Nanociência e Nanotecnologia. Desde então, o país possui 19 grupos de pesquisa em dez universidades e uma rede de desenvolvimento de pesquisa em Nanotecnociência (FOLADORI; INVERNIZZI, 2012, p. 12).

A Venezuela apesar das riquezas que possui, advindas de fontes de petróleo e minerais, investe pouco nos centros de pesquisa do país. Tal dado é ratificado pelo baixo número de artigos científicos publicados. Ademais, o número de artigos abordando as nanotecnologias nunca ultrapassou o número de 50 em um ano (NANOTECHNOLOGY..., 2016, p. 12, tradução livre).

O Peru, devido a escassez de fontes de financiamento e equipamentos, não está muito desenvolvido em relação às pesquisas e o desenvolvimento das nanotecnologias. Em outras palavras, este país acaba de iniciar sua jornada na estrada de desenvolvimento de nanotecnologia (NANOTECHNOLOGY..., 2016, p. 13-14, tradução livre). O país possui o Plano Estratégico Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Competitividade e o Desenvolvimento Humano, e tem as nanotecnologias como uma área estratégica para o desenvolvimento do país (FOLADORI; INVERNIZZI, 2012, p. 10). Uma soma total de 159 artigos científicos abordando nanotecnologias, foram indexados no Peru até o final de 2015. A colaboração internacional na geração de nanociência tem sido de mais de 80% nos últimos anos, e chegou a 94% em 2014. Portanto, a colaboração internacional é muito importante para Peru devido à escassez de fontes de financiamento e equipamentos. Espanha, Alemanha e Brasil têm a maior cooperação com o Peru a este respeito (NANOTECHNOLOGY..., 2016, p. 14, tradução livre).

Conforme demonstrado, os países da América Latina estão incorporando aos poucos as nanotecnologias em seus planos estratégicos, e apesar de estarem um passo atrás de outros países, vêm desenvolvendo pesquisas e produtos que podem auxiliar a inserção das nanotecnologias no mercado de consumo, produtos e serviços e no ambiente laboral.

No mais, apresentados os conceitos e algumas características das nanotecnologias, os riscos envolvendo a manipulação em escala nanométrica e um aparato geral das nanotecnologias na América Latina, passa-se ao capítulo seguinte, onde serão abordados os direitos do trabalhador no meio ambiente laboral, assim

como o princípio da dignidade da pessoa humana.

### **3 DIREITO AO MEIO AMBIENTE DE TRABALHO SAÚDÁVEL COMO PRESSUPOSTO PARA A GARANTIA DOS DIREITOS FUNDAMENTAIS DOS TRABALHADORES.**

Saúde é um direito de todos e um dever do Estado e dada a importância do tema possui resguardo no texto constitucional, sendo um dos direitos sociais mencionados no art. 6º da CRFB. Ostentar saúde vai muito além de não possuir doença, está atrelado diretamente a qualidade de vida, e de certa forma relaciona-se com os demais direitos sociais, a exemplo do trabalho. O trabalho também é de suma importância para o ser humano, para a grande maioria das pessoas é por meio do trabalho que se busca reconhecimento profissional e a forma de sustento.

A realização do trabalho em ambiente saudável também é garantia legal, que será foco de abordagem nos tópicos seguintes.

#### **3.1 Direitos fundamentais.**

O presente tópico é dedicado a abordagem do tema direitos fundamentais, entretanto, por sua similaridade com os direitos humanos, cumpre diferenciar os conceitos. Inicia-se com a abordagem sobre os direitos humanos, que “consistem em um conjunto de direitos considerado indispensável para uma vida humana pautada na liberdade, igualdade e dignidade. Os direitos humanos são os direitos essenciais e indispensáveis à vida digna” (RAMOS, 2017, p. 21). A declaração universal dos direitos humanos adotada e proclamada pela Assembleia Geral das Nações Unidas em 1948, elenca em seu preâmbulo, dentre outros, que o “reconhecimento da dignidade inerente a todos os membros da família humana e de seus direitos iguais e inalienáveis é o fundamento da liberdade, da justiça e da paz no mundo” (ONU, 1948).

Os direitos humanos, também chamados de direitos do homem, originam-se em bases jusnaturalistas e filosóficas, e como regra geral, não possuem como característica básica a positivação numa ordem jurídica particular. Por conta da sua universalidade, supranacional, é empregada para designar pretensões de respeito à pessoa humana, inseridas em documentos de direito internacional (MENDES; BRANCO, 2017). A conquista por direitos humanos é decorrente de muitas batalhas, e sacrifício de vidas, devido a importância de sua finalidade (CASTILHO, 2018). Nessa seara, pois, os direitos humanos, “influem em todo o Direito e nos atos dos agentes

públicos e privados, concretizando seu efeito irradiante que os transformam no centro dos valores de um ordenamento” (RAMOS, 2017, p. 102).

A esse respeito:

A efetivação dos direitos humanos encontra-se, ainda e principalmente, na dependência da boa vontade e da cooperação dos Estados individualmente considerados, salientando-se, neste particular, uma evolução progressiva na eficácia dos mecanismos jurídicos internacionais de controle, matéria que, no entanto, refoge aos limites desta investigação (SARLET, 2012b, p. 22).

Por sua vez, os direitos fundamentais possuem relação direta com as disposições básicas das pessoas, inscritos em diplomas normativos de cada Estado. São direitos vigentes numa ordem jurídica concreta, sendo, por isso, garantidos e limitados no espaço e no tempo, pois são assegurados na medida em que cada Estado os consagra (CANOTILHO, 1993). “Os direitos fundamentais, convém repetir, nascem e se desenvolvem com as Constituições nas quais foram reconhecidos e assegurados” (SARLET, 2012b, p. 22).

Conforme menciona Mendes e Branco (2017, p. 136):

Essa distinção conceitual não significa que os direitos humanos e os direitos fundamentais estejam em esferas estanques, incomunicáveis entre si. Há uma interação recíproca entre eles. Os direitos humanos internacionais encontram, muitas vezes, matriz nos direitos fundamentais consagrados pelos Estados e estes, de seu turno, não raro acolhem no seu catálogo de direitos fundamentais os direitos humanos proclamados em diplomas e em declarações internacionais.

Nesse viés, os direitos fundamentais assumem posição de destaque na sociedade quando se inverte a tradicional relação entre Estado e indivíduo e se reconhece que o indivíduo tem, primeiro, direitos, e, depois, deveres perante o Estado, e que os direitos que o Estado tem em relação ao indivíduo se ordenam ao objetivo de melhor cuidar das necessidades dos cidadãos. E, de acordo com as exigências de cada momento histórico, o catálogo de direitos fundamentais vai se avolumando (MENDES; BRANCO, 2017, p. 128-131).

Conforme demonstra-se a seguir, a conquista dos direitos fundamentais se situa em três dimensões<sup>6</sup> na evolução histórica:

---

<sup>6</sup> Parte da doutrina prefere o termo “dimensões” pois “gerações” da ideia de evolução cronológica, o que não corresponde com a teoria mais aceita, já que as dimensões convivem entre si, em igual espaço de importância. A esse respeito assim dispõe Sarmento: “Há vários autores que criticam a alusão às “gerações” de direitos fundamentais, pois a locução pode induzir à errônea idéia de que existiriam

A primeira dimensão abrange os direitos surgidos com as revoluções americana e francesa. Foram os primeiros a serem positivados, por isso chamam-se de primeira dimensão. No momento histórico em que surgiram, pretendia-se fixar uma autonomia contrária as expansões do poder estatal, por isso trazem em sua essência direito em que há a abstenção dos governantes, criando obrigações de não fazer, de não intervir sobre aspectos da vida pessoal de cada indivíduo. São considerados indispensáveis a todos os homens, ostentando, pois, pretensão universalista. Referem-se a liberdades individuais, como a de consciência, de reunião, e à inviolabilidade de domicílio. São direitos em que não desponta a preocupação com desigualdades sociais (SARLET, 2012b).

Já os direitos de segunda dimensão, guardam relação com os direitos sociais, não porque sejam direitos de coletividades, mas por se ligarem a reivindicações de justiça social, por meio dos quais se intenta estabelecer uma liberdade real e igual para todos, mediante a ação dos poderes públicos. A segunda geração de direitos fundamentais realça o princípio da igualdade, à medida que dizem respeito a assistência social, saúde, educação, trabalho, lazer etc (SARLET, 2012b). Pressupõe uma ação do Estado e da Sociedade civil, um agir, uma prestação.

Por sua vez, os direitos de terceira dimensão diferenciam-se pela natureza coletiva de proteção, por destinarem-se a proteção de uma coletividade ou grupos sociais. É na terceira dimensão de direitos fundamentais que se encontra o direito a paz, ao desenvolvimento, à qualidade do meio ambiente, à conservação do patrimônio histórico e cultural (SARLET, 2012b).

Bezerra Leite (2019, p. 1077) esclarece:

Os direitos fundamentais de terceira geração, também chamados de direitos de fraternidade ou de solidariedade, aparecem com a conscientização de que o mundo é dividido em nações desenvolvidas e subdesenvolvidas ou em fase de desenvolvimento. Decorrem, pois, da reflexão acerca de temas referentes ao desenvolvimento, à paz, ao meio ambiente, à comunicação e ao patrimônio comum da humanidade. Dotados de altíssima dose de humanismo e universalidade, os direitos de terceira geração não se destinam especificamente à proteção de um indivíduo, de um grupo de pessoas ou de um determinado Estado, pois os seus titulares são, via de regra, indeterminados. A rigor, seu destinatário, por excelência, é o próprio gênero

---

direitos fundamentais mais importantes do que outros, ou que o advento de novos direitos significaria a superação dos anteriores. Evidentemente, não é isto o que ocorre, pois os direitos humanos são complementares e indivisíveis. Sem embargo, não vemos nenhum problema no uso de tal expressão, desde que se esclareça que quando se fala em direitos de 1ª, 2ª ou 3ª gerações, indica-se apenas, de forma aproximada, o momento histórico em que ocorreu o reconhecimento jurídico do direito em questão” (SARMENTO, 2010, p. 45).

humano, num momento expressivo de sua afirmação como valor supremo em termos existenciais.

Nesse interim, os direitos fundamentais são àqueles

inerentes ao universo de sua personalidade e de seu patrimônio moral, ao lado daqueles que são imprescindíveis para garantir um patamar civilizatório mínimo inerente à centralidade da pessoa humana na vida socioeconômica e na ordem jurídica (DELGADO; DELGADO, 2017, p. 32).

São direitos que transcendem o individual, na medida em que os interesses individuais ou privados se subordinam a interesses da maioria em prol do bem-estar social. Têm como característica a sua titularidade coletiva, sendo, muitas vezes, indefinido ou indeterminável (LEITE, 2015, p. 51).

Veja-se:

Desse modo, os direitos fundamentais e a própria Constituição são compreendidos como expressão de uma ordem social que é flexível e aberta, e que se opõe a uma ideia de totalidade social. Em outras palavras, se há alguns bens ou valores que são muito importantes para uma determinada comunidade, por essa razão eles não podem ser eliminados nem mesmo por decisões de maiorias parlamentares (direitos fundamentais). Como e com que extensão e alcance esses mesmos valores e bens serão ou poderão ser protegidos, é uma questão sujeita a juízos práticos e a valoração conjunta de todos esses valores no contexto de decisão e, no caso concreto, resguardados o núcleo essencial desses direitos, e os níveis mínimos de proteção (LEITE, 2015, p. 52).

Nessa perspectiva, os direitos fundamentais participam da essência do Estado de Direito democrático, operando como limite do poder e como diretriz para a sua ação. As constituições democráticas assumem um sistema de valores que os direitos fundamentais revelam e positivam. Esse fenômeno faz com que os direitos fundamentais influam sobre todo o ordenamento jurídico, servindo de norte para a ação de todos os poderes constituídos (MENDES; BRANCO, 2017, p. 153).

Importante esclarecer que a Constituição de 1988 tem o zelo de explicitar o caráter de essencialidade que emana dos direitos fundamentais da pessoa humana, ao estatuir, em seu art. 60, § 4º, IV, que não será objeto de deliberação a proposta de emenda constitucional tendente a abolir os direitos e garantias individuais (DELGADO; DELGADO, 2017, p. 32).

Para Sarmiento (2010, p. 240-241):

O Constituinte de 1988, além de ter consagrado expressamente uma gama variada de direitos fundamentais sociais, considerou todos os direitos fundamentais como normas de aplicabilidade imediata. [...] Cuida-se, sem dúvida, de normas imediatamente aplicáveis e plenamente eficazes.

Como ressaltam Branco e Mendes (2017), os direitos fundamentais não são absolutos e podem ser objetos de limitações, a exemplo do que ocorre com o direito à vida, que tem limitação explícita no inciso XLVII, a, do art. 5º, em que se contempla a pena de morte em caso de guerra formalmente declarada.

Hesse ressalva (1998, p. 256):

A limitação de direitos fundamentais deve, por conseguinte, ser adequada para produzir a proteção do bem jurídico, por cujo motivo ela é efetuada. Ela deve ser necessária para isso, o que não é o caso, quando um meio mais ameno bastaria. Ela deve, finalmente, ser proporcional em sentido restrito, isto é, guardar relação adequada com o peso e o significado do direito fundamental.

Nesse espeque, traçados os apontamentos sobre a temática dos direitos fundamentais, assim como a estima que eles representam para a sociedade, é de suma importância apresentar o princípio da dignidade da pessoa humana, que ao lado dos direitos fundamentais ocupa papel de grande relevância no ordenamento jurídico, conforme verifica-se a seguir.

### **3.1.1 Dignidade da pessoa humana**

A Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, consagrou o princípio da dignidade da pessoa humana como fundamento do Estado Democrático de Direito, resguardado no art. 1, III, da CRFB. Ainda, ao tratar dos princípios gerais da atividade econômica, o texto constitucional veicula esse valor, ao estabelecer expressamente como uma das finalidades da ordem econômica assegurar a todos uma existência digna, conforme os ditames da justiça social (CASTILHO, 2018, p. 300).

Na condição de fundamento da República Federativa do Brasil, a dignidade da pessoa humana é o “elemento integrante e irrenunciável da natureza da pessoa humana, é algo que se reconhece, respeita e protege, mas não que possa ser criado ou lhe possa ser retirado, já que existe em cada ser humano como algo que lhe é inerente” (SARLET, 2012a, p. 77). A dignidade da pessoa humana constitui inspiração

de todo ordenamento jurídico que representa a ordem republicana e democrática, a valorização do ser humano, uma vez que o Estado existe em razão da pessoa humana, sendo esta constituída como a finalidade da atuação estatal (SARLET; MARINONI; MITIDEIRO, 2018).

A raiz da palavra “dignidade” vem de *dignus*, que ressalta aquilo que possui honra ou importância. Logo, a dignidade da pessoa humana é uma qualidade inerente a todos os seres humanos, que os distingue dos demais seres e objetos, protegendo a todos contra qualquer tratamento desumano ou degradante, assegurando condições materiais mínimas de sobrevivência, essa proteção deriva da simples condição de ser humano, inexistindo qualquer diferenciação, seja nacionalidade, opção política ou religiosa (RAMOS, 2017, p. 75).

O catálogo dos direitos fundamentais na Constituição consagra liberdades variadas e procura garanti-las por meio de diversas normas. Liberdade e igualdade formam dois elementos essenciais do conceito de dignidade da pessoa humana, que o constituinte erigiu à condição de fundamento do Estado Democrático de Direito e vértice do sistema dos direitos fundamentais (MENDES; BRANCO, 2017, p. 233-234).

Sarlet, Marinoni e Mitidero, (2018, p. 275-277) ao discorrer sobre a dignidade da pessoa humana traz um apanhado histórico de força e representatividade seja no cenário constitucional nacional, seja no âmbito internacional, segundo eles:

havendo reconhecimento da dignidade da pessoa humana como valor de matriz constitucional, relacionando a dignidade da pessoa humana intimamente entre direitos fundamentais, os direitos humanos e a própria democracia, na condição de eixo estruturante do Estado.

Castilho (2018, p. 312), por sua vez, afirma que “ser erigida à condição de princípio fundamental foi algo inédito em nosso constitucionalismo e demonstrou clara reação ao regime então vigente. Significa que a dignidade da pessoa humana constitui valor a embasar todo o ordenamento jurídico pátrio”.

Conforme salienta Mendes e Branco (2017, p. 131).

Não obstante a inevitável subjetividade envolvida nas tentativas de discernir a nota de fundamentalidade em um direito, e embora haja direitos formalmente incluídos na classe dos direitos fundamentais que não apresentam ligação direta e imediata com o princípio da dignidade humana, é esse princípio que inspira os típicos direitos fundamentais, atendendo à exigência do respeito à vida, à liberdade, à integridade física e íntima de cada

ser humano, ao postulado da igualdade em dignidade de todos os homens e à segurança. É o princípio da dignidade humana que demanda fórmulas de limitação do poder, prevenindo o arbítrio e a injustiça.

Logo, os direitos fundamentais concretizam as exigências do princípio da dignidade da pessoa humana. Uma vez que em cada momento histórico, se avolumam e reestruturam para salvaguardar o que determina o princípio da dignidade da pessoa humana.

Numa visão contemporânea, o filósofo Kant (1974, p. 228) faz a seguinte reflexão sobre a dignidade da pessoa humana:

O homem, e, de uma maneira geral, todo o ser racional, existe como fim em si mesmo, não só como meio para o uso arbitrário desta ou daquela vontade. Pelo contrário, em todas as suas ações, tanto nas que se dirigem a ele mesmo como nas que se dirigem a outros seres racionais, ele tem sempre de ser considerado simultaneamente como um fim. Todos os objetos das inclinações têm somente um valor condicional. Os seres, se são seres irracionais, têm apenas um valor relativo como meios e por isso se chamam coisas, ao passo que os seres racionais se chamam pessoas, porque a sua natureza os distingue já como fins em si mesmos, quer dizer, como algo que não pode ser empregado como simples meio e que, por conseguinte, limita nessa medida todo o arbítrio [...].

Nesse espeque, considerando os posicionamentos apontados, tem-se que a dignidade da pessoa humana é algo que simplesmente existe, é inalienável, irrenunciável e indisponível, não podendo ser afastados mesmo pela vontade de seu titular, na medida que constitui elemento intrínseco ao ser humano, que não pode ser retirado, e portanto, é dever do estado protege-la, e assim o faz por meio da criação de um catálogo de direitos fundamentais bem estruturados, protegendo as liberdades individuais e coletivas.

Ser digno, nesse sentido, significa ser respeitado pelo que se é, ou seja, implica um núcleo mínimo de sentido relacionado com a preservação das integridades física e psicológica ínsitas a todo e qualquer ser humano. Dignidade é, portanto, condição, qualidade que veda a submissão do homem a tratamentos degradantes e a situações em que inexistam ou sejam escassas as condições materiais mínimas para sua subsistência. A dignidade da pessoa humana impede que o homem seja reduzido a um meio para algo mas deve ser respeitado pelo que é (CASTILHO, 2018, p. 304-305).

A consistência e efetividade desse princípio da dignidade da pessoa humana supõe a observância do caráter democrático e inclusivo de todo o sistema

socioeconômico e institucional, inclusive da própria sociedade civil e suas instituições, sob pena de se tomar enunciado vazio e inútil (DELGADO, 2017, p. 27).

Em outras palavras, é imprescindível que ninguém reste excluído quando se tratar da aplicação do princípio. Não é possível estabelecer categorias que estejam privadas de dignidade. Não há margem para estabelecimento de discriminação que determine a exclusão de qualquer categoria que seja (CASTILHO, 2018, p. 305).

Existem quatro modalidades de eficácia do princípio da dignidade da pessoa humana, quais sejam: positiva, negativa, vedativa do retrocesso e hermenêutica, e as explica da seguinte forma:

A modalidade positiva implica na obrigação do Estado em concretizar a dignidade da pessoa humana, seja por meio de leis, seja por meio de políticas públicas eficazes, já a modalidade de eficácia negativa guarda relação com o direito do cidadão em questionar as normas infraconstitucionais que violem a dignidade da pessoa humana, sendo considerada como uma forma de proteção à pessoa pela barreira protetiva às normas inconstitucionais, a eficácia vedativa do retrocesso decorre da proibição de suprimir normas que assegurem a dignidade da pessoa humana. Por fim, temos a eficácia hermenêutica – que assegura que qualquer interpretação das normas jurídicas, seja o intérprete ou aplicador da norma deve escolher o sentido que em maior medida contemple ou promova a dignidade (CASTILHO, 2018, p. 308-310).

A Constituição Federal inseriu a dignidade da pessoa humana nos fundamentos do Estado Democrático de Direito brasileiro, portanto, situando-a no âmbito dos princípios fundamentais e estruturantes. Mas a dignidade humana vem prevista também em outras disposições constitucionais, a exemplo cita-se o art. 170, caput, dispõe que a ordem econômica fundada na valorização do trabalho tem por finalidade assegurar a todos uma existência digna (BRASIL, 1988).

A propósito:

Pelo exposto até aqui, percebe-se que o pensamento humano evoluiu para reconhecer três situações (dados) fundamentais: a) que o homem, por ser dotado de racionalidade, distingue-se dos demais seres que habitam o planeta, possuindo uma dignidade que o torna único e merecedor do mesmo respeito e tratamento por parte dos seus semelhantes; b) que o homem, individualmente considerado, não consegue, por suas próprias forças, obter uma série de bens do mundo da vida, razão pela qual necessita da ajuda de seus semelhantes para se realizar e, em se realizando, realiza os seus iguais (ideia de solidariedade e de alteridade); c) que o homem individualmente considerado e a sociedade civil não conseguem, em que pese seus esforços, atender a determinadas necessidades vitais para o desenvolvimento humano, v.g., a distribuição da justiça, a elaboração de normas gerais e uniformes, a aplicação coercitiva dessas normas e a realização de grandes obras destinadas ao uso comum. Daí por que o homem

e a sociedade sentiram a necessidade de engendrar um ente fictício, dotado de poderes superiores. denominado Estado, cuja função precípua é realizar aquelas necessidades vitais antes mencionadas, protegendo e promovendo, o quanto possível, o bem comum (GOLDSCHMIDT, 2009, p. 69)

Respeita -se a dignidade da pessoa quando o indivíduo é tratado como sujeito com valor intrínseco, posto acima de todas as coisas criadas e em patamar de igualdade de direitos com os seus semelhantes. Há o desrespeito ao princípio, quando a pessoa é reduzida à singela condição de objeto, apenas como meio para a satisfação de algum interesse imediato (MENDES; BRANCO, 2017, p. 243).

Desse modo, sendo a dignidade da pessoa humana um princípio basilar e norteador de todo o ordenamento jurídico, tem aplicabilidade em todas as relações socialmente realizadas, inclusive na relação de emprego. Conforme será melhor abordado a seguir, ao aceitar um emprego, o trabalhador leva consigo todos os seus direitos, e mesmo que esteja subordinado ao empregador, merece ser respeitado em todos os aspectos de sua personalidade.

### 3.2 Saúde do trabalhador como direito fundamental

Traçados os apontamentos acerca do princípio da dignidade da pessoa humana, na condição de princípio constitucional e direito fundamental de todos, torna-se necessário para a presente pesquisa abordar as questões relativas ao direito a saúde como direito fundamental, assim como acerca da aplicabilidade dos direitos fundamentais nas relações de trabalho.

Nesse interim, a saúde é um direito social de acesso universal e igualitário, consagrado no art. 6º da Constituição da República Federativa do Brasil, ao lado dos direitos a educação, ao trabalho, ao lazer, a segurança, a previdência social, a proteção à maternidade e à infância e a assistência aos desamparados.

As normas relacionadas à saúde ostentam caráter de ordem pública e, portanto, inderrogáveis e inafastáveis pela vontade das partes. Esse paradigma de tratamento atribuído aos direitos sociais revelou uma preocupação com o homem fundamentada em uma perspectiva de integração com a sociedade e em postura ativa diante do Estado, de maneira a concretizar prestações que lhe garantissem condições mínimas de vida (SARLET, MARINONI, MITIDIERO, 2018, p. 295).

Os direitos sociais surgiram com a função de resolver a questão social

gerada pelo liberalismo capitalista - questão social concebida como a questão do trabalhador submetido, então, a uma forte exploração do capital, com excesso de horas de trabalho, salários reduzidos, carente ainda de alimentação adequada, de saúde, de escolas para seus filhos, de lazer e repouso, de amparo na velhice e na enfermidade, a requerer atuação estatal positiva para suprir sua inferioridade econômica (SILVA, 2014, p. 422-423).

Para Ramos (2017, p. 63) os direitos sociais são “um conjunto de faculdades e posições jurídicas pelas quais um indivíduo pode exigir prestações do Estado ou da sociedade ou até mesmo a abstenção de agir, tudo para assegurar condições materiais mínimas de sobrevivência”.

Devido a importância dos direitos sociais para concretização dos princípios dispostos na Constituição da República Federativa do Brasil, entende-se que eles fazem parte das categorias dos direitos fundamentais do homem. A Constituição assumiu essa posição, de sorte que, na sua concepção, os direitos sociais constituem direitos fundamentais da pessoa humana, considerados como valores supremos de uma sociedade fraterna, pluralista e sem preconceitos (SILVA, 2014, p. 530).

Os direitos sociais:

são prestações positivas proporcionadas pelo Estado direta ou indiretamente, enunciadas em normas constitucionais, que possibilitam melhores condições de vida aos mais fracos; direitos que tendem a realizar a igualização de situações sociais desiguais. São, portanto, direitos que se ligam ao direito de igualdade. Valem como pressupostos do gozo dos direitos individuais, na medida em que criam condições materiais mais propícias ao auferimento da igualdade real, o que, por sua vez, proporciona condição mais compatível com o exercício efetivo da liberdade (SILVA, 2014, p. 422-423).

Bem como:

A acolhida dos direitos fundamentais sociais em capítulo próprio no catálogo dos direitos fundamentais ressalta, por sua vez, de forma incontestável sua condição de autênticos direitos fundamentais, já que nas Cartas anteriores os direitos sociais se encontravam positivados no capítulo da ordem econômica e social, sendo-lhes, ao menos em princípio e ressalvadas algumas exceções, reconhecido caráter meramente programático (SARLET, 2012b, p. 53).

O direito a saúde, conforme determina o art. 196 da CRFB, é um direito de todos e um dever do estado, por isso é incumbência do Estado (em sentido amplo), promover políticas públicas que permitam o acesso universal e igualitário às ações e

serviços para sua promoção, proteção e recuperação.

A consagração constitucional de um direito fundamental à saúde, juntamente com a positivação de uma série de outros direitos fundamentais sociais, certamente pode ser apontada como um dos principais avanços da Constituição da República Federativa do Brasil (SARLET; FIGUEIREDO, 2008).

O Brasil estrutura a saúde por meio do Sistema Único de Saúde, que é regulado pela Lei n. 8.080/90, e dispõe no art. 2º, que a promoção da saúde vai muito além de curar doença, na medida que é dever do Estado garanti-la por meio da formulação e execução de políticas econômicas e sociais que visem à redução de riscos de doenças e de outros agravos e no estabelecimento de condições que assegurem acesso universal e igualitário às ações e aos serviços para a sua promoção, proteção e recuperação. Do mesmo modo, Organização Mundial da Saúde em 1946, por meio de seu documento de constituição, também amplia o conceito de saúde, estabelecendo que “saúde é um estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não somente a ausência de doença e enfermidade”<sup>7</sup>. Como se percebe, a definição trazida pela OMS sobre saúde não representa um mero estado que se atinge, mas, na verdade, propõe o caminho da melhoria da condição humana.

Algumas das principais características do regime jurídico-constitucional do direito à saúde são:

a) a conformação do conceito constitucional de saúde à concepção internacional estabelecida pela Organização Mundial da Saúde (OMS), sendo a saúde compreendida como o estado de completo bem-estar físico, mental e social; b) o alargamento do âmbito de proteção constitucional outorgado ao direito à saúde, ultrapassando a noção meramente curativa, para abranger os aspectos protetivo e promocional da tutela devida; c) a institucionalização de um sistema único, simultaneamente marcado pela descentralização e regionalização das ações e dos serviços de saúde; d) a garantia de universalidade das ações e dos serviços de saúde, alargando o acesso até então assegurado somente aos trabalhadores com vínculo formal e respectivos beneficiários; e) a explicitação da relevância pública das ações e dos serviços de saúde (SARLET; FIGUEIREDO, 2008, p. 2).

Resguardar o direito a saúde também guarda relação com a salvaguarda de outros direitos fundamentais, “com os quais apresenta zonas de convergência e mesmo de superposição, fato que reforça a tese da interdependência e mútua

---

<sup>7</sup>BRASIL. **Decreto nº 26.042, de 17 de dezembro de 1948**. Promulga os Atos firmados em Nova York a 22 de julho de 1946, por ocasião da Conferência Internacional de Saúde. Rio de Janeiro, 17 de dezembro de 1948. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1940-1949/decreto-26042-17-dezembro-1948-455751-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 06 abr. 2019.

conformação de todos os direitos humanos e fundamentais” (SARLET; FIGUEIREDO, 2008, p. 3-4).

A respeito da universalidade do direito à saúde:

O princípio da universalidade, no sentido de que o direito à saúde é reconhecido a todos pelo fato de serem pessoas, o que também não impede que haja diferenciações na aplicação prática da norma, especialmente quando sopesada com o princípio da igualdade – o que é o bastante para demonstrar que, embora correlacionados, tais princípios não se confundem. A partir disso é possível sustentar-se, em linha de princípio, a titularidade universal do direito à saúde, respaldada em sua estreita vinculação com os direitos à vida e à integridade física e corporal, sendo de afastar a tese que, de forma generalizada e sem exceções, procura cingi-lo somente aos brasileiros e estrangeiros residentes no país (SARLET; FIGUEIREDO, 2008, p. 9).

A Lei Orgânica da Saúde assevera que:

Art. 3º. Os níveis de saúde expressam a organização social e econômica do País, tendo a saúde como determinantes e condicionantes, entre outros, a alimentação, a moradia, o saneamento básico, o meio ambiente, o trabalho, a renda, a educação, a atividade física, o transporte, o lazer e o acesso aos bens e serviços essenciais.

Parágrafo único. Dizem respeito também à saúde as ações que, por força do disposto no artigo anterior, se destinam a garantir às pessoas e à coletividade condições de bem-estar físico, mental e social (BRASIL, 1990).

Para Sarlet e Figueiredo (2008, p. 11):

Relativamente aos seus destinatários, o direito à saúde tem como sujeito passivo principal o Estado, como ocorre, aliás, com a generalidade dos direitos fundamentais sociais. Cabe precipuamente ao Estado a realização de medidas voltadas à proteção da saúde das pessoas, efetivando o direito em sua dimensão negativa (notadamente no sentido de não-interferência na saúde dos indivíduos) e positiva (v.g., organizando instituições e procedimentos direcionados à tutela individual e coletiva da saúde, tomando providências para o atendimento dos deveres de proteção, fornecendo diretamente os bens materiais necessários à prestação da assistência à saúde). Isso não exclui, é bom enfatizar, a eficácia do direito à saúde na esfera das relações entre particulares, o que se manifesta tanto de maneira indireta, mediante a prévia intervenção dos órgãos estatais, quanto de modo direto, cujo exemplo talvez mais conhecido são as normas de proteção ao trabalhador, já tradicionais no direito constitucional pátrio.

A caracterização do direito à saúde como um direito coletivo, ou mesmo como um interesse difuso em certas hipóteses, não lhe serve para afastar a titularidade individual que apresenta, visto que, a despeito das questões ligadas à saúde pública e coletiva, jamais perderá o cunho individual que o liga à proteção

individual da vida, da integridade física e corporal pessoal, assim como da dignidade da pessoa humana individualmente considerada em suas particularidades, até mesmo em termos de garantia das condições que constituam o mínimo existencial de cada um. Dessa forma, em que pese ser possível priorizar uma tutela processual coletiva no campo da efetivação do direito à saúde, isto não significa que ao direito à saúde possa ser negada a condição de direito de titularidade individual (SARLET; FIGUEIREDO, 2008, p. 10).

Pela importância que ocupa o trabalho na vida e na sociedade, nada mais justo que a prestação do serviço ocorra em local que não prejudique a saúde dos trabalhadores.

Leite aponta o trabalho como direito humano e fundamental, sendo positivado no ordenamento ao afirmar que todas as pessoas têm o direito de assegurar a possibilidade de "ganhar a sua vida" por meio do trabalho (LEITE, 2019, p. 47-48).

De outra parte, não se pode ignorar que o "valor social do trabalho", na acepção mais ampla do termo, constitui postulado básico da dignidade da pessoa humana e corolário da própria cidadania, na medida em que é exatamente o trabalho produtivo que irá evitar, em última análise, que a pessoa humana venha a carecer daquelas prestações de educação, à saúde, à alimentação, à moradia, ao transporte, ao lazer, à segurança, à previdência social, à proteção à maternidade e à infância, à assistência aos desamparados (LEITE, 2019, p. 66).

Nessa seara, pois, a proteção jurídica à saúde do trabalhador, é da maior importância, crescendo a sua dimensão no direito do trabalho, porque diz respeito não apenas à qualidade de vida do trabalhador, mas também à sua integridade física e bem-estar, ressaltando, de modo que é impossível ter qualidade de vida sem ter qualidade de trabalho, já que o homem passa grande parte da sua vida no ambiente laboral (NASCIMENTO, 2011, p. 848).

A atribuição de relevância constitucional ao trabalho, está intimamente ligada a construção de uma sociedade justa e fraterna que tenham ao trabalhador condições de trabalho humanas e que o fruto do seu trabalho seja valorizado, suficientemente capaz de suprir no mínimo os anseios básicos a si e sua família, enaltecendo-o como homem, representando assim a projeção do princípio da dignidade da pessoa humana (SARLET; MARINONI; MITIDERO, 2018, p. 297).

Conforme previsto no art. 12 do Pacto Internacional de Direitos Econômicos

Sociais e Culturais é direito de toda pessoa desfrutar o mais elevado nível de saúde física e mental, o que implica, entre outros, o compromisso do Estado de buscar diminuir a mortalidade infantil, de melhorar as condições de higiene do trabalho e do meio ambiente, de prevenir e tratar doenças epidêmicas, endêmicas e profissionais, e de assegurar assistência médica.

Ademais, na relação de emprego, o objeto é o esforço pessoal do trabalhador, e por isso, não se pode deixar de lado o cumprimento dos direitos fundamentais constitucionais. Assegurar direitos fundamentais ao trabalhador é, acima de tudo, garantir sua integridade física, sua segurança, sua própria vida (COPATTI; RIBEIRO; MADRO, 2018, p. 432).

Como já apontado neste estudo, a importância da saúde do trabalhador, seja ela física ou mental, traduz-se em direito fundamental previsto no art. 7º, XXII, da CRFB, bem como nas normas internacionais, CLT e em diversas instruções normativas, portarias e normas regulamentadoras emitidas pelos órgãos do Executivo (CASSAR, 2017, p. 964).

Conforme aduz Cassar (2017, p. 805-806):

É o caso da saúde do trabalhador, cujas normas que visam a sua proteção são cogentes, de ordem pública, pois visam proteger a higidez física e mental do trabalhador. Daí porque é dever do intérprete cumprir os diversos comandos e princípios constitucionais e infraconstitucionais que determinam a proteção ao meio ambiente do trabalho (art. 225 da CRFB), a redução dos riscos inerentes do trabalho (art. 7º da CRFB) e a proteção da saúde do trabalhador.

Nesse viés, e retomando o assunto principal deste estudo, aponta-se, a título de reflexão a questão dos riscos envolvendo as nanotecnologias e a consequente exposição da saúde do trabalhador as partículas potencialmente tóxicas em seu ambiente laboral, o que caracteriza uma mitigação de seu direito fundamental a saúde.

Desse modo, no tópico seguinte abordar-se-á a possibilidade de aplicação dos direitos fundamentais nas relações de trabalho, tema este, de grande relevância para o presente estudo.

### **3.2.1 A aplicação dos direitos fundamentais nas relações de trabalho**

O trabalho é a principal modalidade de inserção dos indivíduos na

sociedade e no sistema socioeconômico capitalista. É por meio do trabalho que se conquista a individualidade no meio econômico e social e por isso a afirmação da dignidade da pessoa humana não é restrita à liberdade e intangibilidade física e psíquica, mas também a garantia do trabalho (DELGADO, 2017, p. 87).

A dignidade de qualquer pessoa é inviolável e, no âmbito do contrato de trabalho, essa inviolabilidade assume expressão de maior relevo, porque o empregado depende da sua força de trabalho para sobreviver (SARLET; MARINONI; MITIDEIRO, 2018).

Logo, sendo o empregado aquele que sai de sua casa diariamente, buscando sua realização profissional e ao final, a contraprestação financeira pelo trabalho despendido, antes de adentrar ao direito em si, cumpre elucidar quem é o empregado, titular desse direito.

Em sentido amplo, pode-se afirmar que o empregado é aquele que está em uma relação de emprego, e por conseguinte, a relação de emprego se configura sempre que existir a prestação de trabalho por uma pessoa, em proveito de outra, sendo esse trabalho de meio ou de resultado (CAIRO JUNIOR, 2017). Ainda, para a configuração da relação de emprego, é imprescindível a existência dos seguintes requisitos: pessoalidade, onerosidade, não eventualidade e subordinação, e a existência de dois sujeitos na relação, quais sejam, o empregador e o trabalhador (DELGADO, 2019).

De um lado o empregador, que é a pessoa que remunera e dirige a prestação de serviços do obreiro. E de outro, prestando o serviço, temos o trabalhador ou empregado, que é toda pessoa física que prestar serviços de natureza não eventual à empregador, sob a dependência deste e mediante salário (BRASIL, 1943).

Desta forma, para fins deste estudo, considera-se empregado ou ainda trabalhador aquele envolvido numa relação contratual de emprego, onde há pessoalidade, onerosidade, não eventualidade e subordinação.

Logo, em se tratando de relação contratual de emprego, onde geralmente, há uma relação de hipossuficiência do trabalhador em relação ao seu empregador, vê-se a importância da proteção legislativa.

Existem direitos fundamentais que a legislação dedica expressamente aos trabalhadores, a exemplo do rol previsto no art. 7 da CRFB. Esses direitos são específicos dos trabalhadores e, como regra geral, os empregados públicos ou privados são titulares desses direitos. Com relação aos direitos específicos dos

trabalhadores, há pouca ou quase nenhuma discussão acerca de sua aplicabilidade nas relações de emprego, isso porque a declaração expressa em texto de lei não deixa muita margem para divergências interpretativas (VECCHI, 2011, p. 111-135).

Entretanto, no que se refere aos direitos inespecíficos dos trabalhadores, os direitos fundamentais destinados a toda a coletividade de pessoas, discute-se se ao adentrar numa relação de emprego haveria uma certa mitigação destes direitos fundamentais dos trabalhadores, que estariam subordinados aos seus empregadores. Acerca dos direitos fundamentais inespecíficos dos trabalhadores, segue o posicionamento de Vecchi (2011, p. 119):

[...] os direitos fundamentais inespecíficos são aqueles direitos não destinados de forma especial aos trabalhadores nas relações de trabalho ou de emprego, mas, sim, os direitos fundamentais que são destinados a qualquer pessoa humana, a qualquer cidadão. Como exemplos, podem ser citados os direitos à intimidade e vida privada, direito de expressão, liberdade religiosa, devido processo legal e direito à honra.

Os direitos fundamentais “são normas que estabelecem direitos e limitações aos particulares e ao Estado visando possibilitar o convívio social e concretizar a dignidade da pessoa humana” (VECCHI, 2011, p. 119).

Na sociedade atual, de busca incessante pelo lucro, poder e sucesso financeiro, a existência de direitos fundamentais, resguardados constitucionalmente, configura-se importante instrumento para a proteção da dignidade das pessoas (VECCHI, 2011).

“A questão concernente à extensão dos direitos fundamentais sobre as relações privadas apresenta profundas conexões com a forma pela qual encaramos o Estado, a sociedade e os direitos humanos” (SARMENTO, 2010, p. 29). “Dentro deste paradigma, os direitos fundamentais acabaram sendo limites para a atuação dos governantes, em prol da liberdade do governados” (SARMENTO, 2010, p. 38).

Logo, o ponto de partida para o reconhecimento de uma eficácia dos direitos fundamentais na esfera das relações privadas é que inicialmente os direitos fundamentais alcançavam sentido apenas nas relações entre os indivíduos e o Estado, mas com o passar do tempo, a sociedade cada vez mais participa ativamente do exercício do poder, de tal sorte que a liberdade individual não apenas carece de proteção contra os Poderes públicos, mas também contra os mais fortes no âmbito da sociedade, isto é, os detentores de poder social e econômico, já que é nesta esfera

que as liberdades se encontram particularmente ameaçadas (SARLET, 2012b, p. 323).

A esse respeito:

Convém destacar que um dos fatores primordiais que deve ser considerado nas questões envolvendo a aplicação dos direitos fundamentais nas relações entre particulares é a existência e o grau da desigualdade fática entre os envolvidos. Em outras palavras, quanto maior for a desigualdade, mais intensa será a proteção ao direito fundamental em jogo, e menor a tutela da autonomia privada. Ao inverso, numa situação de tendencial igualdade entre as partes, a autonomia privada vai receber uma proteção mais intensa, abrindo espaço para restrições mais profundas ao direito fundamental com ela em conflito (SARMENTO, 2010, p. 284).

É neste contexto que assume importância a proteção dos direitos fundamentais nas relações entre particulares, na medida que estes exprimem determinados valores que o Estado não apenas deve respeitar, mas também promover e zelar pelo seu respeito, mediante uma postura ativa, sendo, portanto, devedor de uma proteção global dos direitos fundamentais (SARLET, 2012b, p. 323-324).

Nessa perspectiva,

existe sempre uma vinculação direta dos particulares aos direitos fundamentais, independentemente da existência, ou não, de uma manifesta desigualdade de forças entre as partes nas relações jurídicas. Não apenas os grandes grupos empresariais, empregadores, associações, sindicatos e congêneres estão atrelados aqueles direitos, mas também o cidadão comum nas relações paritárias que mantiver com outras pessoas (SARMENTO, 2010, p. 268).

Nesse viés, questiona-se os termos contratuais de uma relação de emprego poderiam afastar a incidência dos direitos fundamentais inespecíficos dos trabalhadores. Vecchi (2011, p. 120-121), assim esclarece:

Ora, ao adentrar numa relação de emprego, o empregado não perde sua condição de pessoa humana, de cidadão. Nas relações de emprego, o empregado necessita que os vários aspectos de sua personalidade, como emanções/projeções de sua dignidade, sejam respeitados. Não basta receber salário e ter assegurados os direitos sociais, mas é impostergável ser tratado com dignidade e respeito. Ora, num ordenamento jurídico democrático de direito fundado na dignidade da pessoa humana o que se requer é a proteção integral da pessoa humana, visto a unidade e indivisibilidade de todas as dimensões dos direitos fundamentais.

Assim sendo, pode-se afirmar que ao adentrar numa relação de emprego

o empregado não perde seus direitos fundamentais constitucionalmente assegurados e ainda que venda sua força de trabalho para o empregador, guarda consigo o direito de ser tratado com humanidade e respeitado em todos os aspectos de sua dignidade. Afinal, a busca pelo lucro da empresa não pode se sobrepor a valorização da condição humana, sob pena de assim o fazendo, reduzir o trabalho a condição de mero objeto. A esse respeito, o art. 170 da CRFB, informa que a ordem econômica e a livre iniciativa devem assegurar a todos, inclusive aos trabalhadores, existência digna.

Vale dizer:

Em outras palavras, o art. 170 da Constituição prometeu (e comprometeu-se juridicamente) que a ordem econômica não pode coisificar o homem, ou seja, torná-lo um mero fator da produção. Mais do que isso, comprometeu-se a ver e a tratar o homem como sujeito, como o centro do sistema. Vale dizer, a ordem econômica e a livre iniciativa somente se estabelecem e atuam legitimamente quando respeitam e promovem a dignidade humana, que consubstancia o valor social do trabalho, não só por este ser indissociável daquele, mas também pelo fato de que o trabalho é o principal instrumento de dignificação do homem (GOLDSCHMIDT, 2009, p. 68).

A par disso, poder-se-ia enumerar vários motivos pelos quais deve-se aplicar os direitos fundamentais nas relações de emprego, tais como: a força normativa da Constituição; o caráter objetivo e a eficácia imediata dos direitos fundamentais, o reconhecimento da dignidade humana como fundamento da ordem jurídica e o valor social do trabalho. Ademais, a jurisprudência pátria contém exemplos em que aplica esse posicionamento.

O Supremo Tribunal Federal, no bojo do Recurso Extraordinário nº 201819 RJ, que teve como relatora a Ministra Ellen Gracie, ao analisar um caso envolvendo particulares asseverou que as violações de direitos fundamentais não ocorrem somente no âmbito das relações entre o cidadão e o Estado, mas igualmente nas relações travadas entre pessoas físicas e jurídicas de direito privado. E por esse motivo, os direitos fundamentais assegurados pela Constituição vinculam diretamente não apenas os poderes públicos, estando direcionados também à proteção dos particulares em face dos poderes privados (STF, 2006)<sup>8</sup>.

Do mesmo modo, o trecho que segue, extraído do Tribunal Regional do

---

<sup>8</sup> No caso supracitado, muito embora não se discutisse uma relação de emprego, o posicionamento adotado pelo Supremo Tribunal Federal, no sentido da aplicação dos direitos e garantias fundamentais nas relações particulares, abriu precedentes, vez que, leva a interpretação, por analogia, de que os direitos fundamentais devem ser resguardados também nas relações de emprego.

Trabalho da 4ª região, também demonstra o posicionamento em estudo:

INDENIZAÇÃO POR DANOS MORAIS. DISCRIMINAÇÃO. A liberdade de crença, ou liberdade religiosa, é protegida pelo art. 5º, inciso VI, da Constituição Federal. É direito da personalidade cujo âmbito de proteção envolve, de modo abrangente, o sentido do mundo e da vida humana a partir da perspectiva de quem professa determinada religião. O Estado deve manter-se neutro diante da opção religiosa; ao empregador impõe-se a mesma obrigação, diante da eficácia dos direitos fundamentais nas relações privadas. A liberdade religiosa abarca o exercício de cultos ou celebrações, mas também determinados usos, dentre os quais a adoção de determinada indumentária das entidades espirituais de determinada religião. Daí porque o deboche em razão da ciência de que o empregado guardava consigo tecidos voltados a essa finalidade é expressão de discriminação religiosa. Recurso do reclamante a que se dá provimento (TRT, 2017).

Ante o exposto, demonstrada a importância da valorização do ser humano, com o respeito a sua dignidade e observância dos direitos fundamentais nas relações de trabalho, e sendo a saúde um verdadeiro direito fundamental, passa-se ao tópico seguinte, com o estudo do direito fundamental ao meio ambiente laboral saudável e equilibrado, tópico de suma importância para esta pesquisa.

### 3.3 Direito fundamental ao meio ambiente laboral saudável e equilibrado.

A valorização do trabalho e da livre-iniciativa assim como o seu caráter social foram elevados ao patamar dos princípios fundamentais demonstrando os valores e ideologias que perseguem a Constituição, e em assim sendo, é considerado um paradigma a ser observado a partir da interpretação de toda a constituição (SARLET; MARINONI; MITIDEIRO, 2018, p. p. 296).

O trabalho não é somente a representação do crescimento econômico no País, mas também representa instrumento de inserção social, e de afirmação do ser humano, desenvolve a personalidade e a própria noção de autonomia do ser humano, condições estas essenciais para chegamos ao ideal de dignidade humana (SARLET; MARINONI; MITIDEIRO, 2018).

Para Sarlet “é por meio do trabalho que o homem atinge a sua plenitude, realiza a sua própria existência, socializa-se, exercita todas as suas potencialidades materiais, morais e espirituais” (SARLET; MARINONI; MITIDEIRO, 2018, p. 297).

O ser humano está inserido em um local onde nasce, desenvolve-se e morre. Esse meio que cerca os seres vivos e as coisas em geral, é denominado de

meio ambiente (CAIRO JUNIOR, 2017, p. 208). O meio ambiente é um bem jurídico autônomo de interesse público, um bem de uso comum do povo, que deve ser protegido com vistas ao aproveitamento do homem, mas também com o intuito de preservar o sistema ecológico em si mesmo (LEITE, 2015, p. 49). A propósito, o meio ambiente global é formado por uma série de ambientes de natureza mais restrita. O art. 3, I, da Lei de Política Nacional de Meio Ambiente, n. 6.938, de 1981, aponta o meio ambiente como sendo “o conjunto de condições leis influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” (BRASIL, 1981).

Dentre esses micros ambientes encontra-se o meio ambiente do trabalho, ou seja, o local onde o trabalhador, de fato, presta o seu serviço, geralmente onde a empresa encontra-se estabelecida. “Da mesma forma, é imperativo criar e sustentar um meio ambiente do trabalho hígido, visto que o empregado permanece parte de sua vida nesse local” (CAIRO JUNIOR, 2017, p. 208). Acrescenta-se, “como a jornada normal de trabalho é de oito horas diárias, o empregado permaneceria no meio ambiente de trabalho, em média, 1/3 (um terço) de sua vida” (CAIRO JUNIOR, 2017, p. 993).

A CRFB, em seu art. 225, estabelece que

todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se a Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

O artigo supramencionado menciona o dever de manutenção do meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida. Este conceito legal é amplo e abrange também o meio ambiente do trabalho.

Nesse viés, Bezerra Leite ratifica a afirmação supracitada, ao defender que “a definição de meio ambiente é bastante ampla, constituindo, na verdade, um conceito jurídico indeterminado, permitindo, de tal arte, a abertura no ordenamento jurídico para a concretização da terceira dimensão dos direitos humanos”. E ainda afirma: “Visando à concretização do conceito de meio ambiente, a doutrina classifica-o, para fins didáticos, em: meio ambiente natural, meio ambiente artificial, meio ambiente cultural e meio ambiente do trabalho” (LEITE, 2019, p. 1083).

A Constituição da República Federativa do Brasil apresenta no artigo 7º os direitos dos trabalhadores urbanos e rurais, dentre os quais, a melhoria de sua condição social, a redução dos riscos inerentes ao trabalho, por meio de normas que assegurem a saúde, a higiene e a segurança no ambiente de trabalho (BRASIL, 1988).

Compreende-se como meio ambiente do trabalho todas as condições internas e externas do local de trabalho e a sua relação com a saúde dos trabalhadores. E, cabe salientar, um ambiente de trabalho seguro e compatível com a condição de pessoa humana é um direito fundamental do trabalhador (ROCHA, 1997, p. 32).

Com relação ao meio ambiente do trabalho assim dispõe Nascimento (2011, p. 846):

O meio ambiente do trabalho é, exatamente, o complexo máquina-trabalho: as edificações do estabelecimento, equipamentos de proteção individual, iluminação, conforto térmico, instalações elétricas, condições de salubridade ou insalubridade, de periculosidade ou não, meios de prevenção à fadiga, outras medidas de proteção ao trabalhador, jornadas de trabalho e horas extras, intervalos, descansos, férias, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais que formam o conjunto de condições de trabalho etc.

A previsão constitucional no que diz respeito especificamente ao meio ambiente do trabalho é encontrada no art. 200, VIII, da CRFB, quando incumbe ao SUS a atribuição de colaborar com a proteção do meio ambiente, nele compreendido o do trabalho (BRASIL, 1988). “As regras de proteção ao meio ambiente do trabalho visam mantê-lo hígido, de forma a não provocar danos de qualquer ordem à saúde e à vida do trabalhador” (CAIRO JUNIOR, 2017, p. 994).

Para que o trabalhador esteja inserido em meio ambiente laboral saudável, é preciso que o direito fixe condições mínimas a serem observadas pelas empresas, com relação às instalações e quanto às condições de contágio com agentes nocivos à saúde ou de perigo que a atividade possa oferecer (NASCIMENTO, 2011, p. 845).

A Lei Orgânica da saúde, n. 8.080 de 19 de setembro de 1990, faz menção a necessidade de proteção ao meio ambiente do trabalho e a saúde do trabalhador. No artigo 3º a Lei Orgânica da Saúde estabelece como fatores determinantes a garantia do direito à saúde, entre outros, a proteção do meio ambiente e o trabalho (BRASIL, 1990). A convenção nº 155 da Organização Internacional do Trabalho também faz menção a necessidade de manutenção de um ambiente de trabalho adequado, como forma de resguardar a saúde dos trabalhadores (BRASIL, 2019).

Oshiro, Hohendorff e Engelmann (2013, p. 8) mencionam:

O objetivo principal da proteção à saúde dos trabalhadores é buscar a efetividade dos princípios fundamentais da República Federativa do Brasil, embasados na garantia da dignidade humana, do respeito ao meio ambiente e aos valores sociais e humanos do trabalho, bem como no respeito à cidadania. E, significa, ainda, a aplicação da tendência mundial de focar o homem como centro dos sistemas jurídicos.

A Convenção nº 155 da OIT versa sobre a segurança e saúde dos trabalhadores e o meio ambiente de trabalho, também ratificada pelo Brasil, por meio do Decreto nº 1.254, de 29 de setembro de 1994. “Assim deve o empregador proporcionar aos seus empregados e trabalhadores um meio ambiente de trabalho higiênico e saudável” (CASSAR, 2017, p. 805-806).

A proteção do meio ambiente do trabalho, além de resguardar a dignidade do trabalhador, guarda relação direta com o disposto no art. 6º da constituição, isso porque a saúde e o trabalho integram o rol dos direitos sociais previstos, os quais também são considerados direitos fundamentais. Para Mendes e Branco (2017) a carta constitucional não faz distinção entre direitos sociais e direitos fundamentais, pois, para ele, a Constituição de 1988 acolheu os direitos sociais como autênticos direitos fundamentais. Ademais, entre os direitos fundamentais do trabalhador está a proteção à vida e integridade física, que começa pela preservação do meio ambiente do trabalho (NASCIMENTO, 2011, p. 842).

Até porque, já sabe se da relação existente entre o meio ambiente do trabalho e a saúde do trabalhador nele inserido, motivo da importância da manutenção de um meio ambiente do trabalho saudável, de modo a não causar danos à saúde do trabalhador. Por isso a preocupação com a saúde do trabalhador, para a melhoria do ambiente laboral, é uma das formas de aplicação do princípio da dignidade da pessoa humana e da valorização do homem (BIANCO; GOLDSCMIDT, 2019).

A CLT, por sua vez, informa que incumbe às empresas cumprir e fazer cumprir as normas de segurança e medicina do trabalho inclusive as diversas medidas especiais expostas no art. 200 da CLT e objeto de regulação especificada pelo Ministério do Trabalho, na forma do art. 155, I, da CLT e art. 7º, XXII, da Constituição (BRASIL, 1943). Nessa linha despontam as diversas Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho, aprovadas por Portarias Ministeriais, visando ao aperfeiçoamento dos vários tipos de meio ambiente do trabalho. A afronta a esses

preceitos, de modo a submeter os trabalhadores a condições degradantes de trabalho, resulta na indenização por dano moral<sup>9</sup> (DELGADO, 2019, p. 774).

Para Barros (2017, p. 840):

Quando o empregado é admitido pelo empregador, leva consigo uma série de bens jurídicos (vida, saúde, capacidade de trabalho, etc.), os quais deverão ser protegidos por este último, com adoção de medidas de higiene e segurança para prevenir doenças profissionais e acidentes no trabalho. O empregador deverá manter os locais de trabalho e suas instalações de modo que não ocasionem perigo à vida e à saúde do empregado. A falta de saúde do empregado gera a incapacidade, e se decorrente de ato ilícito ou de um risco gerado pelas condições de trabalho, a responsabilidade civil do empregador por dano material e/ou moral é uma técnica utilizada para reparar o dano e proteger a incapacidade, independentemente de seguro contra acidente feito por ele (art. 7, XXVIII da Constituição). Na França, o Direito Penal enriqueceu a prevenção nos locais de trabalho, responsabilizando os empregadores criminalmente pelas infrações ditas não intencionais.

Determinadas atividades desenvolvidas pelas empresas podem não atender ao que preconiza as referidas normas de proteção ambiental trabalhista. Assim se diz que o ambiente de trabalho é perigoso quando expõe a vida do empregado a risco acentuado, diante do contato permanente ou eventual com explosivos, inflamáveis, eletricidade, roubos ou outras espécies de violência física, radiações ionizantes, substâncias radioativas ou com o uso de motocicleta (CAIRO JUNIOR, 2017, p. 998).

Há insalubridade no local de trabalho quando o empregado fica exposto, por determinado período de tempo, a agentes físicos, químicos e biológicos que podem provocar doenças ocupacionais (CAIRO JUNIOR, 2017, p. 998-999).

O conceito legal de insalubridade é encontrado no artigo 189 da CLT, in *verbis*:

Art. 189. 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 (BRASIL, 1943).

O trabalho em condições insalubres, ainda que intermitente<sup>10</sup> envolve maior perigo para a saúde do trabalhador e, por isso mesmo, ocasiona um aumento na

---

<sup>9</sup> Art. 5º, V e X (BRASIL, 2002) e art. 186 (BRASIL, 1988).

<sup>10</sup> Súmula n. 47: "O trabalho executado em condições insalubres, em caráter intermitente, não afasta, só por essa circunstância, o direito à percepção do respectivo adicional" (TST, 2003).

remuneração do empregado. Em consequência, o trabalho nessas condições, acima dos limites de tolerância estabelecidos pelo Ministério do Trabalho, assegura ao empregado o direito ao recebimento de um adicional de 10%, 20% ou 40% sobre o salário mínimo ou mínimo profissional, conforme se classifique a insalubridade, respectivamente, no grau mínimo, médio ou máximo, segundo apurado por perito, médico ou engenheiro do trabalho registrado no Ministério do Trabalho (BARROS, 2017).

Os adicionais de insalubridade e periculosidade servem para compensar o labor do empregado em condições adversas, ou seja, quando se encontrar exposto a agentes insalubres ou sob risco de vida (CAIRO JUNIOR, 2017, p. 1009).

Além disso, tem como objetivo inibir o empregador de exigir o trabalho em condições insalubres ou perigosas ou no sentido de adotar medidas para diminuir ou eliminar os agentes causadores dessa anormalidade no meio ambiente de trabalho (CAIRO JUNIOR, 2017, p. 1009).

O escopo principal das normas relativas ao meio ambiente do trabalho é a prevenção de acidentes do trabalho e de doenças ocupacionais (CAIRO JUNIOR, 2017, p. 1009).

No que diz respeito à prevenção de doenças relacionadas com o trabalho, existem as medidas preventivas de medicina do trabalho, representadas, principalmente, pela obrigatoriedade de o empregado submeter-se aos exames médicos no início, durante e no final do contrato de trabalho (CAIRO JUNIOR, 2017, p. 1015).

Silva (2014, p. 541) relata:

A qualidade do meio ambiente transforma-se, assim, num bem ou patrimônio, cuja preservação, recuperação ou revitalização se tornaram um imperativo do Poder Público, para assegurar uma boa qualidade de vida, que implica boas condições de trabalho, lazer, educação, saúde, segurança - enfim, boas condições de bem-estar do homem e de seu desenvolvimento.

O importante é que se tenha a consciência de que o direito à vida, como matriz de todos os demais direitos fundamentais do homem, é que há de orientar todas as formas de atuação no campo da tutela do meio ambiente. Cumpre compreender que ele é um fator preponderante, que há de estar acima de quaisquer outras considerações, como as de desenvolvimento, como as de respeito ao direito de propriedade, como as da iniciativa privada. Também estas são garantidas no texto

constitucional, mas, a toda evidência, não podem primar sobre o direito fundamental à vida, que está em jogo quando se discute a tutela da qualidade do meio ambiente. É que a tutela da qualidade do meio ambiente é instrumental, no sentido de que, através dela, o que se protege é um valor maior: a qualidade da vida (SILVA, 2014, p. 546).

O primeiro dos direitos de personalidade é o direito à vida humana. Trata-se de um bem anterior ao Direito, o qual é produto do homem, feito para o homem

A ordem jurídica reconhece o direito ao respeito à vida. Violar esse direito gera um dano que é o prejuízo supremo, isto é, a morte. Portanto, com fulcro no art. 7º, XXVIII, da Constituição, é possível a condenação por dano moral na hipótese de acidente de trabalho ou doença profissional, uma vez que comprovada a conduta dolosa ou culposa do empregador (BARROS, 2017).

As más condições de trabalho provocam riscos já conhecidos há muitos anos, e que continuam a ser difundidos. Situam-se aqui, por exemplo, as doenças profissionais causadas pela absorção do chumbo, do mercúrio, de solventes, e pela exposição à poeira de silicose ou de amianto (BARROS, 2017).

Bezerra Leite (2019, p. 1089) acrescenta:

Determinadas atividades desenvolvidas pelo empregado podem acarretar-lhe lesão ou ameaça à sua saúde ou à sua integridade física, psíquica ou moral. Em virtude da deficiência técnica e operacional do Estado, responsável pela fiscalização administrativa da legislação trabalhista, da proliferação de diversos tipos de empresas, grandes, médias, pequenas e micro, além do baixo nível de educação de nosso povo, é inegável que as normas relativas à medicina, higiene e segurança do trabalho acabam carecendo de efetividade em nosso País.

A esses riscos aliam-se outros que surgem acompanhados do progresso tecnológico, como exposição de substâncias químicas cujos efeitos ainda são mal conhecidos a curto prazo e os que decorrem da automação (BARROS, 2017). A exemplo das nanotecnologias que à mingua de certezas científicas, pode prejudicar a saúde do trabalhador.

Barros (2017, p. 849) aponta:

O dano à saúde deverá ser considerado como a diminuição da integridade psicofísica do trabalhador, em toda a sua dimensão humana concreta, provocada pelo empregador, por meio de uma conduta dolosa, culposa ou por um risco criado. O pedido de ressarcimento desse dano tem, em geral, como causa, a negligência na adoção de medidas necessárias à tutela das condições de trabalho. O dano à saúde poderá implicar não só diminuição da

aptidão laboral da vítima, mas lesão nas suas faculdades culturais, artísticas, desportivas, religiosas, sexuais, etc. O dano biológico poderá acumular-se com o dano patrimonial; o primeiro desrespeito à lesão à saúde e o segundo à capacidade de produzir reduzida. Poderão esses danos vir acompanhados, ainda, de um dano moral, gênero do dano-consequência, que visa a compensar o efetivo sofrimento da vítima.

Com efeito, o empregado, antes de tudo, é um ser humano e deve ser respeitado como tal, sendo que a utilização do princípio da dignidade da pessoa humana, esse princípio é de grande valia para eliminar o trabalho exercido em condições degradantes, bem como em condições análogas à de escravo (CAIRO JUNIOR, 2017, p. 115) “Analisados tais aspectos, à luz do Direito do Trabalho, pode-se afirmar que a saúde, antes de representar puro direito ao trabalhador, afigura-se como direito de todos e, desta feita, deve ser exigido o seu cumprimento” (CASSAR JUNIOR, 2017, p. 962-963).

“O meio ambiente do trabalho deve priorizar a incolumidade física, psíquica e social do empregado e demais trabalhadores e, por isso, deve ser salubre, saudável, digno e íntegro” (CASSAR JUNIOR, 2017, p. 963). No meio ambiente laboral, o bem jurídico de maior relevância é a saúde e a segurança do trabalhador, o qual possui o direito de desfrutar de seus direitos constitucionalmente assegurados, notadamente o direito a saúde, que guarda estreita relação com o direito à vida.

Veja-se:

A concepção moderna de meio ambiente do trabalho, portanto, está relacionada com os direitos humanos, notadamente o direito à vida, à segurança e à saúde. Esses direitos, na verdade, constituem corolários dos princípios fundamentais da dignidade da pessoa humana e da cidadania (LEITE, 2019, p. 1084).

Ademais, a teor do disposto no art. 157, da CLT, é obrigação de toda empresa cumprir e fazer cumprir as normas de segurança e medicina do trabalho; instruir os empregados, através de ordens de serviço, quanto às precauções a tomar no sentido de evitar acidentes do trabalho ou doenças ocupacionais; adotar as medidas que lhes sejam determinadas pelo órgão regional competente; facilitar o exercício da fiscalização pela autoridade competente.

Em suma, a empresa deve proporcionar um meio ambiente laboral agradável para trabalhar, deve ainda conscientizar os empregados acerca da importância do cumprimento das normas de saúde e segurança do trabalho assim como providenciar o fornecimento de EPI's para os casos que a exposição a agente

insalubre necessitar.

Ademais, já se delimitou que a proteção à saúde e à segurança do trabalho são de ordem pública, portanto, no aspecto segurança do trabalho, não cabe flexibilização para redução de direitos dos empregados. Dessa forma, demonstra-se a importância da aplicação dos direitos fundamentais nas relações de trabalho e emprego, assim como demonstra-se a ligação existente entre o meio ambiente laboral e a saúde do trabalhador. Se um trabalhador se expõe a agentes nocivos em seu ambiente laboral, a chance de desenvolver doenças e afetar sua saúde é demasiadamente alta. Entretanto, se o ambiente laboral estiver equilibrado e saudável e sem oferecer riscos, o fator trabalho não irá influenciar negativamente na saúde do trabalhador. Uma vida saudável tem relação direta com qualidade de vida, com dignidade, logo, a importância na manutenção de um ambiente laboral saudável para a concretização dos ditames constitucionais assegurados pelos direitos fundamentais.

Em que pese as normas jurídicas supracitas serem de extrema importância e relevância para a proteção dos direitos dos trabalhadores, no contexto de incertezas que as nanotecnologias impõem atualmente, questiona-se se existem mecanismos jurídicos que podem ser utilizados especificamente com o intuito de proteger os trabalhadores das empresas nanotecnológicas.

Assim sendo, no capítulo seguinte passa-se a conceituar e estudar mecanismos delimitados na hipótese dessa pesquisa, a fim de verificar se ele tem a capacidade de proteger a saúde do trabalhador, conforme vê-se a seguir.

## 4 MECANISMOS JURÍDICOS PARA PROTEÇÃO DA SAÚDE DO TRABALHADOR

Na delimitação da hipótese para o presente estudo, cogitou-se a possibilidade de utilização dos princípios da precaução e da prevenção, assim como o *compliance* como mecanismos jurídicos de proteção a saúde do trabalhador que está inserido em meio ambiente laboral contendo nanopartículas.

Inicialmente, vale salientar que os princípios da precaução e prevenção foram originariamente concebidos para a aplicação no ramo do direito ambiental, razão pela qual, nos tópicos seguintes, abordar-se-á a importância da preservação do meio ambiente e, no seu âmbito, do meio ambiente laboral. Na sequência, tratar-se-ão o conceito e as características dos mecanismos supracitados.

### 4.1 Considerações sobre princípios e sua aplicabilidade

A palavra princípio remete de plano a ideia de origem, começo, início, começo de algo ou ponto de partida. Mas também traz consigo o sentido de “causa primeira, raiz, razão” e, na mesma linha interpretativa, a ideia de base para algo ou alguma coisa. Significa ainda “proposição elementar e fundamental que serve de base a uma ordem de conhecimentos” e, “proposição lógica fundamental sobre a qual se apoia o raciocínio”. Princípio é o início, a origem, o começo, a causa (MARTINS, 2014, p. 64).

No ramo do direito, os princípios são utilizados como norteadores no processo de elaboração, aplicação e interpretação das leis. Os princípios desempenham importantes papéis no processo legislativo. Inicialmente, criam um padrão para a aferição da validade das leis, disposições legais ou regulamentares ou atos que o contrariem, também são utilizados para a interpretação de outras normas jurídicas, e por fim tem a capacidade de integração de lacunas (CANOTILHO, 1993. p. 47).

No mesmo sentido:

De forma geral, o princípio jurídico contém um pensamento que serve de base para a formação de um sistema jurídico e, assim, do Direito Positivo em seus diversos ramos. Desse modo, os princípios servem como uma referência que auxilia na interpretação de normas legais e podem preencher eventuais situações lacunosas; correspondem à essência de um determinado sistema legal e, por isso, dada sua superioridade hierárquica, influenciam na criação

de normas legais e na forma de interpretá-las (LUCHESE, 2011, p. 7).

Logo, os princípios são proposições básicas que orientam o legislador na criação da lei, agem como norma quando não há regulamentação específica e ainda auxiliam o operador do direito na correta interpretação da norma, de modo que são de extrema importância na organização do ordenamento do Estado democrático de direito e na efetivação de direitos fundamentais. Logo, exercem um papel de extrema importância, pois estabelecem preceitos básicos no ordenamento jurídico como pressuposto e concomitante mecanismo de efetivação de direitos fundamentais, pautados na dignidade humana e, assim, devidos a qualquer ser humano (ARAÚJO; SCHWARZ; PETRI, 2017, p. 12).

Araujo, Schwarz e Petri (2017, p. 21), explicam:

Num ordenamento jurídico os princípios são as bases pelas quais será construído todo o direito positivado. Neles estão expressos os preceitos fundamentais de um Estado, seja em sua constituição formal, seja também em relação aos preceitos morais, culturais e de justiça que eles – os princípios – contêm e que nortearão todo o sistema jurídico de um povo, dando um sentido de unidade ao ordenamento, estabelecendo as principais características de uma Nação.

Desse modo, princípios são, de maneira geral, as noções de “proposições fundamentais que se formam na consciência das pessoas e grupos sociais, a partir de certa realidade, e que, após formadas, direcionam-se à compreensão, reprodução ou recriação dessa realidade.” Com a noção de que princípio caracteriza uma proposição fundamental, é que ela foi incorporada por distintas formas de produção cultural dos seres humanos, inclusive o Direito (DELGADO, 2017, p. 201).

Conforme art. 4º da Lei de Introdução as Normas do Direito Brasileiro, “quando a lei for omissa, o juiz decidirá o caso de acordo com a analogia, os costumes e os princípios gerais de direito” (BRASIL, 1942).

Nessa linha de raciocínio:

Os princípios servem para facilitar o estudo e a análise de certos fundamentos estanques do direito. Prestam-se para balizar o procedimento do legislador, do magistrado e do operador do direito. O princípio pode ser utilizado em várias ciências, como na matemática, na geometria, na biologia etc., e traz consigo a noção de início de alguma coisa. Em outras palavras, princípio é o valor fundamental de uma questão jurídica. É um ponto indiscutível e aceito pela sociedade. Trata-se de uma verdade incontestável para o momento histórico. O princípio, além disso, pode ser modificado com o evoluir dos tempos. Nada é absoluto. A verdade também não é absoluta. Ela deve ser

analisada do ponto de vista de cada momento histórico (SIRVINSKAS, 2018, p. 112).

Assim sendo, quando houver omissão da lei, os princípios servirão de base para a aplicação do Direito. No mais, há inúmeros princípios constitucionais expressos e implícitos, muitos com força normativa e outros na condição de meros enunciados, sem força normativa. Entretanto, na esfera ambiental, eles devem ser aplicados em favor do meio ambiente, traçando-se uma relação com as normas constitucionais e infraconstitucionais, que terão seu conteúdo valorativo atrelado ao disposto nos princípios (SIRVINSKAS, 2018, p. 112).

A aplicação dos princípios expõe uma flexibilidade em relação aos resultados produzidos em cada caso concreto, porque os valores ou o conteúdo protegido pela norma podem merecer maior ou menor consideração de seu aplicador, sem que qualquer deles deixe de ser considerado ou de merecer atenção (LEITE, 2015, p. 89).

No que se refere ao direito do trabalho, este possui fontes materiais e formais, sendo as materiais consubstanciadas pelo fato social decorrente das lutas entre as classes de trabalhadores e empregadores, decorrendo as segundas – as formais – das fontes materiais na medida em que são as normas positivadas que surgiram justamente em razão desses confrontos e da necessidade de intervenção do Estado na regulação destas relações (ARAÚJO; SCHWARZ; PETRI, 2017).

Quanto aos tipos de princípios do direito do trabalho, podem ser identificados os gerais, aplicáveis também ao direito do trabalho, e os princípios específicos do direito do trabalho, que o caracterizam e o distinguem. Os gerais são aqueles que são aplicáveis aos demais ramos do direito, mas também podem ser usados no direito do trabalho. Já os específicos são os próprios do direito do trabalho e já forjados segundo as características inerentes às próprias relações empregatícias (ARAÚJO; SCHWARZ; PETRI, 2017, p. 25).

A aplicabilidade dos princípios justifica-se, pois não é incomum a verificação de divergências em textos legais que abordam o mesmo tema, assim como dúvidas acerca do sentido que deve ser dado a certo dispositivo legal. Considerando essa característica existente no ordenamento jurídico pátrio, os princípios servem para nortear a aplicação destas normas, dirimindo controvérsias, sempre em prol do direito protegido pelo princípio.

E em se tratando de direito protegido pelo princípio, conforme abordado no

capítulo segundo, o princípio da dignidade da pessoa humana é considerado o princípio de maior relevância jurídica, pois é com base nele que se busca proteger o ser humano, em todas as suas esferas, mas principalmente o direito a existência digna.

No que se refere a compreensão do que se trata, quando se defende o direito a uma existência digna, trata-se, por conseguinte da proteção a vida, a saúde, a integridade, a honra a imagem, e a estar inserindo em um meio ambiente laboral equilibrado, conforme disposto no art. 225 e seguintes da Constituição da República Federativa do Brasil.

A importância do meio ambiente equilibrado, neste termo compreendido também o ambiente laboral, leva a necessidade de observância de princípios constitucionais que regem o Direito ambiental, os quais serão abordados a seguir.

#### 4.2 Princípio da precaução

Ao se tratar do meio ambiente, nele também compreendido o meio ambiente laboral, sabe-se que após a ocorrência do dano, dificilmente se consegue a reparação completa e o retorno ao *status quo ante*, e por isso, ressalta-se a importância da adoção de medidas preventivas, que tenham a capacidade de impedir a ocorrência de danos, sejam ao meio ambiente propriamente dito, ou ao ser humano que é afetado indiretamente.

Já se delimitou que o meio ambiente, em sentido amplo, é um bem de uso comum do povo, um bem jurídico de interesse público, pois está atrelado diretamente com qualidade de vida e por conseguinte com o princípio da dignidade da pessoa humana.

A preservação do meio ambiente, como pressuposto para manutenção de condições de vida que respeitem os direitos e garantias fundamentais deve ser perseguida em todas as esferas da vida social, mas, principalmente, deve ser prioridade em todo empreendimento que possa causar riscos ao meio ambiente e aos seus empregados.

Destaca-se:

O meio ambiente deve ser embasado em uma visão antropocêntrica alargada mais atual, que admite a inclusão de outros elementos e valores. Esta concepção faz parte integrante do sistema jurídico brasileiro. Assim, entende-

se que o meio ambiente deve ser protegido com vistas ao aproveitamento do homem, mas também com o intuito de preservar o sistema ecológico em si mesmo (LEITE, 2015, p. 49).

Nesse espeque, a sociedade atual, que impõe desafios e riscos imprevisíveis ao meio ambiente, reclama a aplicação de fontes do Direito Ambiental cada vez mais plurais e heterogêneas, “sendo a Constituição Federal de 1988 o ponto de partida de todo o processo de interpretação e aplicação das normas que tutelam o meio ambiente, bem como norteiam a política ambiental” (LEITE, 2015, p. 49).

Os princípios se inserem nessa seara, à medida que são fontes do direito que se aplicam desde a criação das leis, disposições legais ou regulamentos, até a interpretação deles. Ainda, os princípios servem para preencher lacunas, quando de alguma forma a legislação for omissa ou conflitante (CANOTILHO, 1993. p. 47).

Em que pese o caráter interdisciplinar do Direito ambiental, ele possui princípios específicos que visam a proteção do meio ambiente. O princípio da precaução é o princípio estruturante do direito ambiental, além de ser orientador das políticas ambientais (MILARÉ, 2015). Aqui, vale esclarecer que alguns doutrinadores entendem que a precaução é um subprincípio da prevenção, e que por tanto não ostentaria a condição de princípio. Entretanto, irá se utilizar de outra corrente de pensamento, que defende que existem dois princípios distintos, cada qual com sua peculiaridade.

Assim sendo, precaução é um termo derivado do verbo precaver-se, tomar cuidado, por isso sugere a ideia de cuidados antecipados, cautela para que uma atitude ou ação não venha resultar em efeitos indesejáveis (MILARÉ, 2015).

A primeira menção ao princípio da precaução ocorreu na Declaração de Wingspread (1970), nesses termos:

Quando uma atividade representa ameaças de danos ao meio ambiente ou à saúde humana, medidas de precaução devem ser tomadas, mesmo se algumas relações de causa e efeito não forem plenamente estabelecidas cientificamente (IPHAN, 2014).

Posteriormente, o princípio da precaução surge em 1992, na Declaração do Rio da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, com a seguinte redação:

Com a finalidade de proteger o meio ambiente, os Estados deverão aplicar

amplamente o critério de precaução conforme suas capacidades. Quando houver perigo de dano grave ou irreversível, a falta de certeza científica absoluta não deverá ser utilizada como razão para que seja adiada a adoção de medidas eficazes em função dos custos para impedir a degradação ambiental (ONU, 1992, p. 3).

Cumpra observar, no ponto, que a ratificação deste documento, pelo Dec. Legislativo 1, de 03/02/1994, incorporou o princípio da precaução na legislação pátria. Anote-se que a omissão na adoção de medidas de precaução, em caso de risco de dano ambiental grave ou irreversível, foi considerada pela Lei 9.605/1998 como circunstância capaz de sujeitar o infrator a reprimenda severa (MILARÉ, 2015, p. 266).

Ainda, a precaução não é mencionada de forma expressa na Constituição, entretanto, entende-se que o princípio se encontra de forma implícita atrelado ao disposto no art. 225, IV, da CRFB, o qual determina a obrigação de manutenção do meio ambiente equilibrado para as presentes e futuras gerações. Nesse sentido:

pode-se também dizer que o legislador em "controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas implicitamente adotado pela Constituição Federal de 1988, na preocupação de métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente", manifestada no seu art. 225, V (MILARÉ, 2015, p. 266).

Não obstante, e inexistência de menção literal ao princípio da precaução no texto constitucional em nada prejudica a percepção de que o princípio está em perfeita conformidade e foi manifestado implicitamente de diversas maneiras no texto constitucional (LUCHESE, 2011, p. 98).

No que se refere ao direito infraconstitucional, o princípio da precaução está fundamentado na Lei da Política Nacional do Meio Ambiente, que menciona no art. 4, I e IV, a necessidade de haver equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a utilização dos recursos naturais (BRASIL, 1981). "A legislação constitucional e infraconstitucional brasileira adotou o princípio da precaução como instrumento de tutela à saúde e ao meio ambiente, acompanhando uma tendência internacional de implementação do princípio" (WEDY, 2009, p. 35).

Para Machado (2010) a precaução age no intuito de prevenir lástima futura, pois tem como objetivo impedir a ocorrência do prejuízo ambiental, mesmo incerto, que possa resultar das ações ou omissões humanas, deve atuar para a prevenção oportuna desse prejuízo. Evita-se o dano através da prevenção no tempo certo.

O mesmo autor afirma:

A precaução age no presente para não se ter que chorar e lastimar o futuro. A precaução não só deve estar presente para impedir o prejuízo ambiental, mesmo incerto, que possa resultar das ações ou omissões humanas, como deve atuar para a prevenção oportuna desse prejuízo. Evita-se o dano ambiental através da prevenção no tempo certo (MACHADO, 2010, p. 57).

Conforme ensinam, os parâmetros do princípio da precaução são: “Equacionar a possibilidade do surgimento de perigo de dano grave ou irreversível e a inexistência de certeza quanto ao efetivo controle científico das consequências da pesquisa em relação ao meio ambiente e ao ser humano” (ENGELMANN; FLORES; WEYERMULLER, 2010, p. 125-126).

Este princípio supõe um comportamento *in dubio pro ambiente*, uma vez que as agressões ao meio ambiente, uma vez consumadas, são, normalmente, de reparação incerta, difícil e custosa. Desse modo, a ausência de certeza científica não pode justificar a omissão pública ou privada na tomada de decisões sobre a proteção dos bens ambientais. Por isso, diante de ameaças ainda não confirmadas por meio de avaliação científica conclusiva sobre a periculosidade do produto, processo ou ação, ou sobre o nexo de causalidade entre a ameaça e possíveis resultados, devem ser adotadas medidas necessárias, suficientes e, no momento oportuno, que possam eliminá-las (LEITE, 2015, p. 91).

Deste modo, “o princípio da precaução envolve uma percepção de riscos inicial onde não existem certezas, sequer as chamadas percepções científicas, como demonstrado” (MOTA, 2006, p. 21). Portanto, a análise de riscos poderá se basear em duas alternativas:

a) na percepção de senso comum ou de especialistas isolados, podendo ser suficiente para a adoção imediata das medidas de prevenção da degradação ambiental prevista; b) em uma análise de risco *stricto sensu*, entendida como a aplicação de uma metodologia e de um conhecimento tecnológico, matemático e científico especializados de sorte a quantificar a probabilidade de um efeito adverso potencializado por um dado agente (MOTA, 2006, p. 21).

Ainda referindo-se a análise de riscos:

A análise de risco implica a formulação de previsões sobre a ocorrência futura de efeitos adversos para o meio ambiente, para a sociedade ou para a saúde humana potencializados pelo desenvolvimento ou utilização de ferramentas mecânicas ou sociais – segundo uma noção de adversidade previamente construída. Importa destacar que este é um processo complexo que implica grande variedade de conhecimentos que se fazem relevantes para essas previsões. Isso resulta em dizer que não há verdadeira análise de risco na

hipótese em apreço (MOTA, 2006, p. 21-22).

Até porque, levando-se em conta que a sociedade de risco é caracterizada pelo permanente perigo de catástrofes ambientais, em face de seu contínuo e insustentável crescimento econômico. Verifica-se, de um lado, o agravamento dos problemas ambientais e a conscientização da existência desses riscos e de outro, observa-se a ineficácia de políticas de gestão ambiental, caracterizando o fenômeno da irresponsabilidade organizada (LEITE, 2015, p. 44).

Na precaução, portanto, a imposição de gravames deve ser realizada antes mesmo da absoluta certeza científica sobre se tal situação configuraria uma ameaça real ao meio ambiente, bastando a plausibilidade, fundada nos conhecimentos científicos disponíveis na época (MOTA, 2006, p. 03-04). Não se pode esquecer que o meio ambiente sadio é condição para uma vida digna e em se tratando de meio ambiente não se pode esquecer o meio ambiente laboral, que integra o conceito de meio ambiente.

Nessa perspectiva, “basta uma ameaça hipotética porém plausível de danos graves ou irreversíveis para justificar a intervenção, não sendo necessárias a sua configuração concreta ou temporalmente provável” e ainda não há necessidade de haver “certeza científica absoluta da determinação do dano plausível, mas tão-somente que este, dentro do conjunto de conhecimentos científicos na ocasião disponível, possa legitimamente apresentar-se como potencialmente danoso” e, por fim “as medidas econômicas a serem adotadas para prevenir a degradação ambiental sejam compatíveis com as outras considerações societárias do desenvolvimento econômico” (MOTA, 2006, p. 01-02).

Desta forma, como se opera no meio ambiente sentido amplo, deve se operar no meio ambiente do trabalho, pois, a inserção em um meio ambiente laboral saudável é fator determinante para a efetivação dos direitos fundamentais dos trabalhadores.

Para a efetivação do emergente paradigma estatal, é preciso criar uma governança de riscos, por meio da utilização de instrumentos preventivos e precaucionais para lidar com toda a complexidade ambiental que paira na sociedade contemporânea (LEITE, 2015, p. 55).

Assim, o princípio da precaução tende a antecipar o risco de dano grave, de difícil ou impossível reparação. De acordo com o princípio, a cogitação da

existência de algum risco ao meio ambiente, mesmo que não comprovado cientificamente, fundamenta a adoção de medidas que evitem o dano (RAVANELLO; ALMEIDA, 2018, p. 177).

Veja-se:

A bem ver, tal princípio enfrenta a incerteza dos saberes científicos em si e não necessariamente de posicionamentos científicos claros e conclusivos. Procura instituir procedimentos capazes de embasar uma de campo de decisão racional na fase de incertezas e controvérsias, de forma a diminuir os custos da experimentação. É recorrente sua invocação, por exemplo, quando se discutem questões como o aquecimento global, a engenharia genética e os organismos geneticamente modificados, a clonagem, a exposição a campos eletromagnéticos gerados por estações de radiobase (MILARÉ, 2015, p. 264).

A aptidão do princípio da precaução é permitir uma tomada de decisão quando a informação científica é insuficiente, inconclusiva ou incerta e haja indícios de que os possíveis efeitos sobre o ambiente, a saúde das pessoas ou dos animais ou a proteção vegetal possam ser potencialmente perigosos e incompatíveis com o nível de proteção escolhido (MILARÉ, 2015, p. 265).

Ainda, frisa-se que os objetivos do Direito ambiental são fundamentalmente preventivos, na medida que a atenção está voltada para momento anterior à da consumação do dano - o do mero risco. “Ou seja, diante da pouca valia da simples reparação, sempre incerta e, quando possível, excessivamente onerosa, a prevenção é a melhor, quando não a única, solução” (MILARÉ, 2015, p. 263).

Desta forma, substitui-se o critério da certeza pelo critério da probabilidade, de modo que a inexistência de certeza científica absoluta da possibilidade de ocorrência de um dano ambiental não pode ser vista como um impeditivo para a aplicação das medidas preventivas (COLOMBO, 2005).

A jurisprudência Brasileira também adota o princípio da precaução como fundamento de decisão, aliás, o Supremo Tribunal Federal no julgamento da Medida Cautelar na Ação direta de inconstitucionalidade nº 5592, adotou o princípio da precaução como razão de decidir, conforme trecho abaixo citado:

1. Apesar de submeter a incorporação do mecanismo de dispersão de substâncias químicas por aeronaves para combate ao mosquito transmissor do vírus da dengue, do vírus chikungunya e do vírus da zika à autorização da autoridade sanitária e à comprovação de eficácia da prática no combate ao mosquito, o legislador assumiu a positividade do instrumento sem a realização prévia de estudos em obediência ao princípio da precaução, o que pode levar

à violação à sistemática de proteção ambiental contida no artigo 225 da Constituição Federal. 2. A previsão legal de medida sem a demonstração prévia de sua eficácia e segurança pode violar os princípios da precaução e da prevenção, se se mostrar insuficiente o instrumento para a integral proteção ao meio ambiente equilibrado e ao direito de todos à proteção da saúde. [...]. Em atendimento aos princípios da precaução e da prevenção, bem como do direito à proteção da saúde, portanto, confere-se interpretação conforme à Constituição, sem redução de texto, ao disposto no inciso IV do §3º do artigo 1º da Lei nº 13.301/2016, para fixar o sentido segundo o qual a aprovação das autoridades sanitárias e ambientais competentes e a comprovação científica da eficácia da medida são condições prévias e inafastáveis à incorporação de mecanismos de controle vetorial por meio de dispersão por aeronaves, em atendimento ao disposto nos artigos 225, §1º, incisos V e VII, 6º e 196 da Constituição da República (STF, 2020).

No caso das nanotecnologias, “a possibilidade de danos ambientais futuros deve ser enfrentada hoje, mesmo sem a certeza de que tais práticas irão realmente causar alguma consequência no futuro. Algo como: na dúvida, não faça!” (WEYERMÜLLER; HUPFFER. 2018, p. 113).

Logo, diante de uma situação de fato que apresente potencial para danos futuros, caso das nanotecnologias, ainda que não exista comprovação científica da extensão ou natureza do dano, o princípio da precaução determina uma atuação preventiva, visando a proteção do meio ambiente em sentido amplo, assim como o meio ambiente laboral.

Ainda:

O princípio da Precaução utiliza como fundamento três irritações provenientes da incerteza científica: a incerteza científica acerca da existência e da natureza do dano ambiental, a incerteza científica em relação à extensão dos danos e a incerteza científica em relação ao nexo de causalidade existente entre determinada conduta e determinado dano (WEYERMÜLLER; HUPFFER, 2018, p. 113).

Desse modo, prevenir riscos por meio do princípio da precaução requer sejam tomadas medidas a fim da implementação nos meios de produção e consumo. Isso porque, não se pode esquecer que as medidas preventivas que são tomadas hoje refletem em melhores condições para o futuro, seja ecologicamente, em se tratando do meio ambiente, seja em melhores condições de saúde em se tratando de meio ambiente laboral.

A falta de informações sobre os efeitos das nanotecnologias na saúde e no meio ambiente é o argumento base para a adoção do princípio da precaução que é necessariamente voltado para o futuro, próximo ou longínquo, permitindo a aplicação de dois conceitos conhecidos do sistema jurídico: a prudência e a responsabilidade

(ENGELMANN; FLORES; WEYERMÜLLER, 2010, p. 125-126.).

Ainda não há certeza sobre as consequências da exposição das nanopartículas ao meio ambiente e aos seres vivos, e do mesmo modo, surge a indagação acerca das consequências que a exposição contínua dos trabalhadores das indústrias que se utilizam da nanotecnologia pode gerar, por isso reclama-se a aplicação de mecanismos jurídicos de proteção a saúde dos trabalhadores (BIANCO, GOLDSCHMIDT, 2019).

Portanto, levando-se em conta que para a utilização do princípio da precaução não se exige certeza científica, e que as atuais descobertas envolvendo os estudos com nanotecnologias remetem a preocupação com a segurança dos trabalhadores expostos as nanopartículas no ambiente laboral, a adoção do princípio da precaução poderia atuar exigindo-se investimentos em estudos mais aprofundados sobre o risco da exposição, assim como a criação de EPI's capazes de reduzir os riscos da exposição.

Ante o exposto, já apresentadas algumas características sobre o princípio da precaução, assim como um paradigma com as nanotecnologias, passa-se a análise do princípio da prevenção.

#### 4.3 Princípio da prevenção

Assim como o princípio da precaução, o princípio da prevenção tem o objetivo de prevenir danos ao meio ambiente, por meio de imposições capazes de impedir ou reduzir a chance de ocorrência do dano.

Entretanto, apesar de *a priori* haver similaridade entre os princípios da precaução e da prevenção, eles não se confundem, uma vez que os requisitos para sua aplicação são diferentes.

Com efeito, a principal diferença entre a precaução e a prevenção está na diferença entre o risco potencial e o risco provado. Enquanto a precaução diz respeito aos riscos-potenciais, a prevenção se destina aos riscos que são conhecidos e provados (LOPEZ, 2010).

Conforme anteriormente abordado, o princípio da precaução é aquele que trata das diretrizes e valores do sistema de antecipação de riscos hipotéticos, coletivos ou individuais, que estão a ameaçar a sociedade ou seus membros com danos graves e irreparáveis e sobre os quais não há certezas científicas; esse princípio exige a

tomada de medidas drásticas e eficazes com o fito de antecipar o risco suposto e possível, mesmo diante da incerteza (LOPEZ, 2010, p. 103).

Logo, frisa-se, embora o princípio de precaução e de prevenção sejam medidas que buscam evitar os danos ambientais, visto constituírem instrumentos que se antecedem à ocorrência dos fatos danosos, ambos não se confundem (RAVANELLO; ALMEIDA, 2018, p. 177).

Pode-se dizer que a prevenção trata de riscos ou impactos já conhecidos pela ciência, ao passo que a precaução se destina a gerir riscos ou impactos desconhecidos. Em outros termos, enquanto a prevenção trabalha com o risco certo, a precaução vai além e se preocupa com o risco incerto. Ou ainda, a prevenção se dá em relação ao perigo concreto, ao passo que a precaução envolve perigo abstrato (MILARÉ, 2015, p. 263).

No mesmo sentido:

Aqui encontramos o ponto em que é possível uma distinção bem clara entre os dois princípios: na prevenção, já se sabe que ocorrerá o dano ou existe um perigo conhecido; na precaução, existe uma suspeita e falta a comprovação científica do nexo de causalidade (LUCHESE, 2011, p. 55).

Ambos os princípios são norteadores do direito ambiental, visto que a preservação do meio ambiente é medida que coaduna com a determinação constitucional contida no art. 225, da CRFB.

Logo, para a aplicabilidade do princípio da prevenção, exige-se uma certeza acerca dos efeitos danosos que uma determinada atividade pode gerar ao meio ambiente, de modo a colocar em risco as presentes e futuras gerações.

Conforme aduz Édis Milaré, aplica-se o princípio da prevenção “quando o perigo é certo e quando se tem elementos seguros para afirmar que uma determinada atividade é efetiva mente perigosa” (MILARÉ, 2015, p. 263).

Assim como a precaução, no âmbito do Direito Brasileiro a prevenção não é mencionada de forma expressa na Constituição, mas decorre de interpretação do disposto no art. 225, IV, da CRFB, o qual determina a obrigação de manutenção do meio ambiente equilibrado para as presentes e futuras gerações.

Veja-se:

A dimensão preventiva está bem delineada no texto constitucional, que emprega o termo "preservar" algumas vezes. Outras expressões, como

"proteger" e "defender", reforçam de modo veemente essa posição. A preocupação com a defesa e a preservação do meio ambiente para as "futuras gerações" acolhe a visão de que o desenvolvimento deve acontecer de modo sustentável e cauteloso (LUCHESE, 2011, p. 97).

A CLT faz menção aos princípios da precaução e da prevenção ao passo que, no caput do art. 160, determina-se a obrigação legal de inspeção prévia e aprovação das instalações pela autoridade regional competente em matéria de segurança e medicina do trabalho como condição para início das atividades de um estabelecimento. Do mesmo modo, o art. 161, determina que o Delegado Regional do Trabalho, à vista do laudo técnico do serviço competente que demonstre grave e iminente risco para o trabalhador, poderá interditar estabelecimento, setor de serviço, máquina ou equipamento, ou embargar obra, indicando na decisão, tomada com a brevidade que a ocorrência exigir, as providências que deverão ser adotadas para prevenção de infortúnios (BRASIL, 1942).

Nesses vértice, na aplicação desse princípio no âmbito trabalhista, deve-se levar em conta a educação ambiental a cargo do Estado, mas também das empresas, nos locais de trabalho, orientando os trabalhadores sobre os riscos ambientais e fornecendo-lhes os equipamentos adequados de proteção, como menciona a CLT no art. 157, podendo, inclusive, depois de bem orientar os trabalhadores sobre os riscos ambientais, puni-los pela recusa em observar as normas de segurança e medicina do trabalho (MELO, 2013, p. 55).

No âmbito internacional, o princípio da prevenção é abordado em várias ocasiões. A exemplo, a OIT, na convenção nº 148, trata da contaminação do ar, ruído e vibrações, determina que a legislação nacional deva apontar sobre a adoção de medidas no local de trabalho capazes de prevenir e limitar os riscos profissionais devidos à contaminação do ar, ao ruído e às vibrações, e proteger os trabalhadores contra tais riscos.

Veja-se:

Art. 4.º

1. A legislação nacional deverá dispor sobre a adoção de medidas no local de trabalho para prevenir e limitar os riscos profissionais devidos à contaminação do ar, ao ruído e às vibrações, e para proteger os trabalhadores contra tais riscos.

2. Para a aplicação prática das medidas assim prescritas poder-se-á recorrer à adoção de normas técnicas, repertórios de recomendações práticas e outros meios apropriados (OIT, 1998).

Do mesmo modo, a Convenção de nº 155, que trata do tema saúde e segurança dos trabalhadores, dispõe acerca da prevenção em várias passagens, nos seguintes termos:

Art. 4.º

1. Todo Membro deverá, em consulta às organizações mais representativas de empregadores e de trabalhadores, e levando em conta as condições e a prática nacionais, formular, pôr em prática e reexaminar periodicamente uma política nacional coerente em matéria de segurança dos trabalhadores e o meio ambiente de trabalho.

2. Essa política nacional tem como objetivo prevenir os acidentes e os danos à saúde que forem consequência do trabalho tenham relação com a atividade de trabalho, ou se apresentarem durante o trabalho, reduzindo ao mínimo, na medida que for razoável e possível, as causas dos riscos inerentes ao meio ambiente de trabalho.

[...] (OIT, 1998).

Assim, verifica-se que o princípio da prevenção é plenamente aplicável ao ramo especializado do Direito do trabalho, isso porque a correlação entre este e os preceitos legais que determinam a necessidade de proteção a saúde e segurança do trabalhador são constantes, o que por si só não determina sua aplicabilidade no que se refere as nanotecnologias no ambiente laboral, conforme será abordado no tópico seguinte.

Vale mencionar que na aplicação do princípio não importa recomendar, necessariamente, que determinada atividade cesse ou seja banida, porque sua segurança não foi provada, mas sim que as autoridades deverão ser mais rigorosas na avaliação dos possíveis riscos desse empreendimento. Isso porque, muitos danos ambientais são compensáveis, mas, sob a ótica da ciência e da técnica, irreparáveis. Mais uma vez, o princípio da prevenção tem como objetivo impedir a ocorrência de danos ao meio ambiente, através da imposição de medidas acautelatórias, antes da implantação de empreendimentos e atividades consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras (MILARÉ, 2015, p. 263).

Por fim, realizada a abordagem conceitual e características do princípio da prevenção, passa-se a abordagem da possibilidade de utilização do compliance como mecanismo jurídico de proteção a saúde do trabalhador que se expõe as nanopartículas no ambiente laboral.

#### 4.4 Compliance

Além do princípio da precaução e da prevenção, também se analisa a possibilidade de utilização do *compliance* como mecanismo jurídico de proteção a saúde do trabalhador inserido em meio ambiente laboral contendo nanotecnologias. Conforme apontamentos feitos nos tópicos do capítulo terceiro, o empregado passa um terço de seu dia no ambiente laboral. Logo, caso o meio ambiente não seja adequado ou saudável, pode vir a interferir diretamente na saúde do trabalhador. Em se tratando de nanotecnologias, sabe-se pouco sobre os efeitos que a exposição prolongada pode gerar na saúde dos trabalhadores, por isso a importância de se pensar em formas de reduzir os riscos, visando resguardar os direitos fundamentais dos empregados.

Para Jobim (2018, p. 13-14):

Em um aspecto mais amplo, o compliance deve ser entendido como um estado de conformidade com as normas jurídicas, dentre as quais se destacam as leis e regulamentos internos e externos das organizações, visando à ética, à moral, à honestidade e à transparência não apenas na condução dos negócios, mas em todas as atitudes dos atores que movem uma empresa, agindo tal qual uma flecha direcionada para este calcanhar de Aquiles do não cumprimento das leis.

Logo, o *compliance* pode ser entendido como o atuar de acordo com o que as leis, regulamentos, padrões ou recomendações de determinado setor e órgãos regulatórios estabelecem. O atuar ético, correto, com respeito entre os membros da empresa e principalmente respeito aos direitos dos trabalhadores (LIMA; ARAUJO, 2018, p. 91).

Aplicado ao direito do trabalho, o *compliance* refere-se à função corporativa de prevenção e gestão de riscos associados a uma possível violação regulamentar trabalhista no ambiente da organização (ROJAS, 2017, p. 2, tradução livre). Da mesma forma, é o mecanismo que efetiva as políticas internas das empresas, criando procedimentos e normas de caráter precipuamente éticas que devem ser observados por todos os membros das empresas e organizações (ANDRADE; FERREIRA, 2017, p. 73-74).

Logo, o comprometimento da empresa e de todos os membros no sentido de observância do ordenamento, visa também o respeito a ética, aos bons costumes e nesse interim, reclama ainda uma sanção aos que não praticam a observância das

regras da empresa.

Ao longo dos últimos anos, a legislação trabalhista vem sendo aperfeiçoada, assim como a consolidação de danos passíveis de reparação ao trabalhador e conseqüentemente riscos a empresa. É neste contexto de incerteza jurídica que o papel do *compliance* se revela como uma ferramenta eficaz que, incorporando uma série mecanismos e sistemas de controle, internos e externos, tende a evitar ou minimizar os riscos derivados de uma possível violação a direitos dos trabalhadores, buscando assim um parâmetro aceitável para o risco da organização (ROJAS, 2017, p. 3, tradução livre).

Nesse espeque, com o transcorrer do tempo, os programas de *compliance* começaram a ser tomados como um relevante instrumento de garantia de que as normas estatais e privadas sejam, efetivamente, cumpridas, evitando-se assim danos de qualquer ordem, garantindo-se a preservação da imagem e da reputação da empresa (ANDRADE; FERREIRA, 2017, p. 73-74).

Em se tratando de *compliance* trabalhista, a aplicação sugere a criação de meios, como programas ou manuais, treinamentos, e órgãos específicos para recebimento de denúncias, com autonomia para apresentar e implementar soluções para as inconformidades apuradas, que visem a combater práticas que possam gerar descumprimentos das normas trabalhistas. Ainda, “envolve o estudo dos controles internos e de outras medidas que podem ser adotadas em organizações diversas que lidem com mão de obra, com o fim de prevenção de descumprimentos de normas trabalhistas” (ANDRADE; FERREIRA, 2017, p. 77).

Assim, e levando-se em conta que a implementação de um programa de *compliance* busca resguardar direitos dos empregados e evitar o descumprimento de leis, pode-se afirmar que a criação de um *compliance* bem estruturado visa prevenir condutas que atentem contra os direitos fundamentais dos trabalhadores, a exemplo da honra, a imagem, o bom nome, a saúde, a vida e, por conseqüência, a reputação da empresa perante a sociedade.

Vale ressaltar o seguinte:

O descumprimento da legislação nacional e internacional pelas empresas pode trazer efeitos prejudiciais à imagem e reputação da empresa, especialmente quando a conduta violar padrões socialmente aceitos. O desrespeito ao meio ambiente, a prática de atos de corrupção pelos dirigentes, a utilização de trabalho escravo e a violação de direitos dos consumidores são exemplos de condutas que podem trazer sérios prejuízos

à empresa, com a redução na venda de seus produtos e serviços diante da reprovação social, especialmente quando amplamente difundida na mídia. Portanto, as empresas necessitam cada vez mais desenvolver sistemas internos de controle de seus dirigentes e funcionários para evitar a exposição negativa da empresa (CORREIA, 2018).

Para que as vantagens de um programa de *compliance* sejam efetivadas, é preciso que o programa observe características cruciais para sua elaboração e materialização. Dessa forma, para a elaboração de um programa de *compliance* que dê efetividade ao que se propõe, algumas características devem ser observadas, conforme demonstra-se a seguir: a) Inicialmente, um programa de *compliance* bem estruturado precisa ter avaliação contínua dos riscos que a empresa se submete, com o objetivo de tentar antecipar áreas de exposição aos riscos, permitindo assim, que sejam tomadas medidas preventivas; b) Outra característica a ser observada, é a necessidade de elaboração de códigos de ética e conduta, na medida em que, uma vez identificados os riscos, é preciso criar preceitos acessíveis a todos os setores da empresa, que contenham regras a serem observadas, objetivando minimizar a exposição ao risco.

Ainda, o programa de *compliance* precisa ter organização compatível com o risco da atividade, e até mesmo estabelecer um setor independente e com recursos para exercer a função de vigilância e assegurar o respeito ao programa, além de representar importante padrão de conduta dos próprios administradores; c) É necessário que haja comprometimento com a observância dos preceitos elencados no programa de *compliance* por todos os envolvidos no ambiente corporativo, inclusive pelos administradores da empresa, isso porque caso a gerência da pessoa jurídica manifeste-se de forma contraditória com os planos constantes no programa de *compliance*, a mensagem recebida pelos funcionários será de que esse não passa de simples instrumento de fachada; d) O setor de *compliance* precisa ter autonomia e independência, com poderes para supervisionar e executar as normas consubstanciadas no programa, elemento fundamental para garantir sua efetividade. Para tanto, deve-se assegurar ao setor autonomia e independência para implementar as políticas, procedimentos e controles adequados, o que inclui acesso aos recursos necessários para o desempenho dessa atividade e a possibilidade de tomar decisões sem que seja necessário consultar outras áreas; e) A eficácia de um programa de *compliance* depende do fornecimento do adequado treinamento aos funcionários, por meio do qual se permite a integral compreensão de todos os envolvidos do

comportamento que deles se espera; f) A criação de uma cultura corporativa de respeito à ética e às leis, isto é, que as ações dentro da organização sejam sempre direcionadas no sentido da observância das normas legais; g) Para que seja possível alcançar o principal objetivo do programa de *compliance* é fundamental que haja o monitoramento contínuo, para checar se seus destinatários estão efetivamente cumprindo o previsto no programa;

É importante também, haver um canal de comunicação especificamente direcionado para o cumprimento do programa de *compliance*, tanto para garantir que os funcionários poderão solicitar esclarecimentos e sanar dúvidas quanto a comportamentos que pretendem adotar, quanto para a promoção de denúncias. A construção de canal de comunicação confiável é um passo importante. Que deve vir acompanhado de um atuar proativo sempre que o canal for acionado; i) Como elemento final para a composição de um efetivo programa de *compliance*, deve-se assegurar rápida e adequada punição às condutas a ele contrárias. Uma vez identificado que, mesmo diante das regras e mecanismos de controle estabelecidos, ocorreu um ilícito, a reação adotada pela organização demonstra o grau de comprometimento com o cumprimento das normas. Nesse ponto, é fundamental garantir, além da observância à legalidade nos procedimentos de investigação e julgamento, o tratamento igualitário a todos os envolvidos, a evitar que o programa perca sua credibilidade (FRAZÃO, TEPEDINO; OLIVA, 2019, p. 686-693).

Logo, um *compliance* trabalhista pode beneficiar de maneira ampla as empresas, pois, atua fortalecendo a obrigação que cada empregado tem dentro da instituição, de conhecer as normas da organização, seguir procedimentos recomendados, sempre norteado pela ética e pela idoneidade em todas as suas atitudes. Assim como a obrigação de cada gestor tem de atuar no sentido de regulamentar, e concretizar as obrigações designadas aos empregados, bem como respeitar a legislação e os direitos fundamentais dos trabalhadores (JOBIM, 2018, p. 39-40).

Consequentemente, um programa bem estruturado beneficia a todos, na medida que demonstrando seriedade e preocupação com os colaboradores, estes tendem a demonstrar preocupação e seriedade para com a empresa.

Desse modo, o objetivo do *compliance* é promover um ambiente de trabalho saudável, íntegro, que respeite os valores intrínsecos ao ser humano e que insistentemente busque o bem da coletividade. Pois, com a implementação no

ambiente laboral volta-se ao conceito de responsabilidade social empresarial, prioriza-se a proteção dos direitos humanos e a melhoria das condições de trabalho com a preservação do meio ambiente para as presentes e futuras gerações (JOBIM, 2018, p. 16).

Logo, aproximando-se os termos propostos, verifica-se a importância da implantação de programas de *compliance* nas empresas que se utilizam nanotecnologia, pois a aplicação das metodologias do *compliance* no ambiente laboral, pode beneficiar os colaboradores, na medida em que, agindo de forma preventiva, venha a evitar um dano que não possa ser reparado. E do mesmo modo, mantendo incólume a saúde e os demais direitos fundamentais dos empregados. Até porque, se no atual momento o resultado das pesquisas envolvendo a toxicidade das nanopartículas, há que se ter em mente que um programa de *compliance* bem estruturado pode instigar a empresa a criar formas de minimizar o contato direto, modernizando e aperfeiçoando mecanismos de proteção individual.

Por fim, realizada a abordagem conceitual e características do *compliance*, passa-se a abordagem da possibilidade de utilização deste como mecanismo jurídico de proteção a saúde do trabalhador que se expõe as nanopartículas no ambiente laboral.

#### 4.5 A aplicabilidade dos mecanismos jurídicos (*compliance* e princípios da precaução e prevenção) como forma de proteger juridicamente a saúde do trabalhador contra os potenciais riscos da nanotecnologia

Para fins do presente estudo, entende-se como mecanismos jurídicos, os meios juridicamente admitidos para se alcançar um objetivo almejado. *A priori*, as nanotecnologias demonstram um potencial tecnológico animador, trazendo promessas de revolução em diversos ramos, desde os fins meramente estéticos até tratamentos capazes de curar doenças graves.

Por isso, paralelamente as descobertas envolvendo o uso das nanotecnologias, também se descobriu os riscos que a manipulação em nano escala podem gerar. A sociedade atual “se singulariza pela capacidade de produção de riquezas, mas também pelos riscos que elas mesmas produzem através de seus sistemas produtivo e científico” (MOTA, 2006, p. 01). Conforme aduz Paulo Afonso Leme Machado, “o medo adequado e justo deve conduzir a uma criteriosa avaliação

dos projetos pretendidos em uma determinada sociedade” (MACHADO, 2014, p. 110). Logo, o temor acerca dos riscos que se apresentam pela manipulação em nano escala pode ser benéfico, se for suficiente para induzir atitudes pontuais capazes de sanar danos futuros.

Logo, ao se tratar de nanotecnologia, é preciso observar que se trata de algo relativamente novo, na medida que a utilização e pesquisas envolvendo as nanopartículas intensificou-se nas últimas décadas. É essencial desenvolver mais pesquisas de impactos sobre o meio ambiente, saúde, segurança e aspectos econômicos das nanotecnologias. Isto deverá incluir a pesquisa de ação comunitária para ajudar os cidadãos a entender os potenciais benefícios e prejuízos dos projetos das nanotecnologias. Esta pesquisa deverá ser financiada e conduzida pelas agências governamentais com mandatos claros sobre a atenção e a pesquisa dos impactos ambientais, da saúde, da segurança e dos aspectos socioeconômicos (ICTA, 2007, p. 12, tradução livre). Sem esquecer do trabalhador que se expõe diariamente aos nanomateriais no ambiente laboral.

Nesse contexto, em que a assunção de riscos tem potencial de prejudicar o meio ambiente, e para fins do presente estudo, o trabalhador que está exposto as nanotecnologias no ambiente laboral, surge o questionamento objeto desta pesquisa: Existem mecanismos jurídicos capazes de proteger a saúde do trabalhador no âmbito das empresas que manipulam nanotecnologia?

Conforme expressa disposição legal, na Consolidação das Leis do Trabalho, as autoridades administrativas e a Justiça do Trabalho, na falta de disposições legais ou contratuais, decidirão, segundo o caso, com base em jurisprudência, analogia, equidade e outros princípios e normas gerais de direito, em especial os que norteiam o direito do trabalho, e, ainda, de acordo com os usos e costumes, o direito comparado, mas sempre de maneira que nenhum interesse de classe ou particular prevaleça sobre o interesse público (BRASIL, 1943).

Ademais, mesmo com as alterações trazidas com a reforma trabalhista, a obrigação patronal de observar normas de saúde, higiene e segurança do trabalho se mantiveram inalterados, visto que mesmo com as disposições que determinam a superioridade do acordado sobre o legislado esses direitos não podem ser objeto de negociação<sup>11</sup>. Esse raciocínio decorre da aplicação dos direitos fundamentais nas

---

<sup>11</sup>Art. 611-B, XVII, CLT.

relações de trabalho, pois, retirar esses direitos dos empregados seria uma afronta a dignidade da pessoa humana.

Ainda, conforme já delimitado, o meio ambiente laboral é o local onde o empregado presta o seu serviço, e este ambiente deve ser o mais seguro possível, para evitar a ocorrência de acidente e de doenças ocupacionais. Portanto, não é necessário haver disposição expressa no contrato laboral, pois a obrigação patronal de fornecer um ambiente laboral saudável é decorrente de expressa disposição legal.

De extrema importância para esta dissertação, o estudo da de Zhang *et al.*, mencionado no primeiro capítulo, é bastante intrigante no sentido de acender um alerta sobre a importância com a saúde do trabalhador que se expõe as nanopartículas, isso porque, como viu-se após analisar por um período que variou entre 3 e 5 meses trabalhadores que se expunham a nanopartículas de poliacrilato, desenvolveram sintomas de coceira intensa, falta de ar e derrame pleural. E os exames realizados nesses trabalhadores revelaram inflamação pulmonar inespecífica, fibrose pulmonar e granulomas de corpo estranho da pleura. Ainda, a microscopia eletrônica de transmissão revelou a presença de nanopartículas no citoplasma e carioplasma das células pulmonares, bem como no fluido torácico desses indivíduos (ZHANG *et al.*, 2014, p. 19, tradução livre).

O que ocorreu com esses trabalhadores pode se tornar algo comum e corriqueiro se nada for feito. O que contraria os ideais do trabalho digno, seguro.

Em outro caso também em estudo por Zhang *et al.*, um trabalhador saudável de 38 anos estava operando um processo de arco de níquel metálico e se expôs a nanopartículas de níquel por cerca de 90 minutos. Ele morreu 13 dias após a inalação de nanopartículas de níquel com uma dose total estimada de um grama. O homem não tinha histórico de doenças respiratórias. No entanto, a necropsia encontrou lesões alveolares em todos os lobos com hemorragia alveolar e fluido de edema e todos os danos podem ser caracterizados como síndrome do desconforto respiratório do adulto. A análise do microscópio eletrônico de transmissão encontrou nanopartículas de níquel nos macrófagos do pulmão e na urina e rins. Essas nanopartículas também causaram lesões ou necrose em outros órgãos, como cérebro, coração, rim e baço (ZHANG *et al.*, 2014, p. 19, tradução livre).

Embora em nenhum desses casos tenha ficado estabelecida de forma conclusiva a ligação entre a exposição às nanopartículas e a patologia humana, essas descobertas alarmantes voltam a enfatizar a urgência da pesquisa sobre

nanotoxicidade (ZHANG *et al.*, 2014, p. 19, tradução livre).

Nesse paradoxo, que se cria ao tratar-se de nanotecnologias, devido à míngua de estudos concretos e robustos demonstrando com exatidão os danos que podem vir da exposição dos trabalhadores as nanopartículas, surge a importância da utilização de mecanismos jurídicos que não necessariamente derivam da lei, mas que surgem com o intuito de estabelecer a justiça e a paz social no âmbito das relações laborais. Nesse viés, analisou-se o princípio da precaução, da prevenção e o *compliance* como mecanismos jurídicos de proteção a saúde do trabalhador.

Diante da constatação de que a exposição aos nanomaterias no ambiente laboral pode vir a gerar danos irreversíveis na saúde dos trabalhadores, é preciso haver uma gestão de riscos comprometida com a mitigação destes. Com a adoção de mecanismos capazes de impedir as consequências gravosas que se especulam sobre os riscos da manipulação em nanoescala.

Durante a realização da presente pesquisa, a correlação envolvendo riscos, associados as nanotecnologias e o princípio da precaução foi a mais encontrada, sendo, portanto, objeto de maior dedicação.

E em se tratando do princípio da precaução, este é parte fundamental do problema da gestão de riscos, na medida que tem como característica de aplicação a determinação de ação preventiva, mesmo que não haja certeza científica. Com a aplicação do princípio da precaução, substitui-se o critério da certeza pelo critério da probabilidade. Com isso, a ausência de certeza científica não pode ser levantada como motivo para se deixar de tomar as devidas cautelas e cuidados.

Veja-se:

A análise de risco é um processo por meio do qual cientistas avaliam o potencial de risco adverso para a saúde humana ou para o meio ambiente em decorrência de sua exposição a certos agentes, que podem ser substâncias naturais ou sintéticas ou mesmo a ação antrópica. Essas avaliações abrangem aditivos químicos colocados em alimentos, medicamentos, cosméticos, vitaminas, defensivos agrícolas ou produtos que possam contaminar o meio ambiente. Podem ser considerados também os efeitos causados por radiação ou campos eletromagnéticos. Em todos os casos, o processo comporta ainda uma descrição técnica acerca das incertezas, e tudo isso com vistas a oferecer aos órgãos competentes informações consistentes, fruto de pesquisas rigorosas, que possam balizar as decisões a serem tomadas (LUCHESE, 2011, p. 31).

Os grupos potencialmente sujeitos a este tipo de risco incluem indivíduos do público em geral, as classes de indivíduos que experimentam danos semelhantes

como, por exemplo, trabalhadores ou consumidores, governos locais, estaduais ou federais, as nações estrangeiras, investidores, seguradoras e sindicatos (ICTA, 2007, p. 13, tradução livre).

Veja-se:

[...] para os casos de substâncias em que seja razoável antecipar que podem ocasionar danos irreversíveis à saúde e ao ambiente e que há ausência de provas científicas suficientes quanto aos danos potenciais, ao invés de continuar produzindo e manipulando o produto até que se prove que ele é danoso, como ocorre na atualidade, a aplicação do Princípio da Precaução coloca a necessidade de parar a produção e o manuseio até que se desenvolvam conhecimentos suficientes sobre a inoquidade do produto (AUGUSTO; FREITAS, 1998, p. 86-87).

Portanto, o princípio da precaução deve ser aplicado às nanotecnologias porque a pesquisa científica atual sugere que a exposição a alguns nanomateriais, pode causar sérios danos à saúde e ao meio ambiente (ICTA, 2007, p. 6, tradução livre). Uma abordagem precavida pressupõe a existência de mecanismos de supervisão nanoespecíficos obrigatórios que considerem as características típicas dos materiais. Dentro desses mecanismos, a proteção da saúde pública e a segurança dos trabalhadores requerem um enfoque comprometido com a pesquisa de risco crítico e uma ação imediata para mitigar as possíveis exposições até que fique provada a sua segurança (ICTA, 2007, p. 5, tradução livre).

No mais:

Por mais que seja relevante a necessidade de uma atuação preventiva efetiva, quando tais expectativas são depositadas sobre o Direito, nada melhor, aparentemente, que a “fundamentação” em um princípio, no caso, o Princípio da Precaução, que está relacionado à necessidade de antecipação aos riscos em benefício do meio ambiente (WEYERMÜLLER; HUPFFER, 2018, p. 112).

Do mesmo modo, a supervisão deve ser sempre transparente e oferecer acesso à informação com respeito à tomada de decisões, aos testes de segurança e aos produtos. Isso porque, com as nanotecnologias existe um elemento importante de ameaça, que requer ações preventivas, atribuindo uma carga de responsabilidade àqueles que realizam atividades com as nanotecnologias que possam gerar danos, que considerem alternativas para os seus novos processos e atividades, e que promovam a participação pública nos processos de decisão de suas aplicações (ICTA, 2007, p. 5-6, tradução livre).

Já se abordou no presente estudo a questão da ausência de regulamentação que preveja as minúcias e riscos que os nanomateriais representam atualmente.

Logo, a regulamentação adequada e eficaz dos nanomateriais requer uma ênfase imediata na prevenção da exposição conhecida ou potencial dos nanomateriais perigosos ou daqueles que não foram comprovados como seguros. Isto é essencial para o público e os trabalhadores da indústria, porque alguns nanomateriais representam ameaças potenciais e muitos outros não estão sendo estudados. Tanto os trabalhadores como os seus representantes devem estar envolvidos em todos os aspectos relacionados com o ambiente de trabalho seguro, com relação às nanotecnologias, sem medo de represálias ou discriminação (ICTA, 2007, p. 8, tradução livre).

Veja-se:

A realidade complexa e contingente que se apresenta indica que a atividade transformadora do homem é produtora de riscos e perigos futuros por meio das decisões. O aumento da população mundial, a globalização econômica, o incremento tecnológico, a fragmentação do Estado e a ação do Direito revelam um quadro de alta complexidade e perigo para a existência da humanidade. Isso remete aos riscos das novas tecnologias, pois se relacionam diretamente com a vida, com o bem-estar, com o meio ambiente e com o compromisso com as gerações presentes e futuras (WEYERMÜLLER; HUPFFER, 2018, p. 105).

Ademais “o segmento industrial lança novos produtos para diversos objetivos em escala nano em que ainda não é possível prever os efeitos, a médio e longo prazo, no meio ambiente e na saúde humana”. Essa “é uma realidade marcada pelos extremos e pelas inúmeras possibilidades sobre as quais não se tem o controle como se pensava ter no passado” (WEYERMÜLLER; HUPFFER, 2018, p. 110).

Por isso:

frente à realidade dos efeitos das novas tecnologias e de extensas expectativas em relação ao futuro, torna-se necessária uma atitude antecipadora aos riscos por meio de práticas e políticas dos Estados nacionais, como leis e mecanismos de controle, bem como de entes supranacionais e privados que possam produzir ações preventivas em face dos danos, talvez irreversíveis, que a humanidade pode gerar (WEYERMÜLLER; HUPFFER, 2018, p. 112).

As pessoas que pesquisam, desenvolvem, fabricam, embalam, manuseiam, transportam, usam e descartam nanomateriais serão os mais expostos

e, conseqüentemente, os mais propensos a sofrer os danos potenciais à sua saúde. Por esta razão, a proteção do trabalhador deve ser um componente essencial previsto em qualquer regime regulatório (ICTA, 2007, p. 8, tradução livre).

Um fato curioso é que apesar do crescimento da nano-mão-de-obra, não existe regulamentação, nem nenhum padrão de saúde, que observe os riscos associados com as nanotecnologias e os nanomateriais, e ainda não há métodos aceitáveis para medir a exposição aos nanomateriais no ambiente de trabalho (ICTA, 2007, p. 8, tradução livre).

Proponentes da “revolução” nanotecnológica preveem que ele irá causar mudanças dramáticas e radicais em todos os aspectos da vida humana. Acreditamos que ação no campo da precaução é necessária a fim de: a) salvaguardar a saúde e a segurança do público e dos trabalhadores; b) conservar nosso meio ambiente natural; c) assegurar a participação pública e o alcance de metas decididas democraticamente; d) restaurar a confiança pública e apoio ao governo e a pesquisa acadêmica; e) permitir a viabilidade comercial de longo prazo (ICTA, 2007, p. 13, tradução livre).

Os empregadores devem utilizar o princípio da precaução como base para a aplicação de medidas cautelares para garantir a saúde e o bem-estar dos trabalhadores. A hierarquização dos controles de exposição - eliminação, substituição, engenharia de controle, os aspectos do trabalho e/ou administrativos, e equipamento de proteção individual - deve ser implementada. Da mesma forma, a monitorização da exposição, a vigilância médica e o treinamento dos trabalhadores são essenciais para garantir que os trabalhadores recebam as últimas informações sobre nanomateriais. Tanto os trabalhadores como os seus representantes devem estar envolvidos em todos os aspectos relacionados com o ambiente de trabalho seguro, com relação às nanotecnologias, sem medo de represálias ou discriminação (ICTA, 2007, p. 8, tradução livre).

Nesse ponto verifica-se a possibilidade de aplicação concomitante do *compliance* e do princípio da precaução, na medida que toda a organização logística dentro da empresa pode passar pelo programa de *compliance*, que uma vez que for bem delimitado, tem liberdade e autonomia para utilizar da precaução, e desse modo, não tende a colocar os interesses econômicos da empresa acima da segurança e saúde dos colaboradores.

Retomando-se, o *compliance* refere-se à função corporativa de prevenção

e gestão de riscos associados a uma possível violação regulamentar trabalhista no ambiente da organização (ROJAS, 2017, p. 2, tradução livre).

Até porque, os ditames constitucionais e principiológicos, demonstram que o legislador constitucional assumiu a existência de uma sociedade de risco e, de uma perspectiva econômica capitalista, que busca e almeja *a priori* o lucro. E por isso a foi feito mediante a imposição de controle e fiscalização, dentro de um contexto preventivo e precavido (LUCHESE, 2011).

Entretanto, cabe mencionar que a adoção do princípio da precaução de uma forma indiscriminada poderia bloquear o avanço tecnológico, e isso também traria danos as futuras gerações, por isso a adoção do princípio da precaução, apesar de não exigir a existência de fundamentos científicos comprovados, deve ser utilizada quando há uma mínima evidência da probabilidade de risco (LUCHESE, 2011, p. 89).

Logo, retomando o contexto das nanotecnologias, atualmente, não se pode prever com exatidão as consequências da sua utilização em larga escala, mas pelas evidências já obtidas, pode-se ter uma noção de que o potencial para danos de grande monta ao meio ambiente e aos trabalhadores expostos diariamente, não pode ser ignorado.

A evolução científica, a melhoria dos bens de consumo, a evolução de tratamentos médicos, entre outros feitos prometidos pelas nanotecnologias é algo animador, entretanto, não é plausível que essa evolução seja acompanhada de degradação ambiental e trabalhadores doentes. Por isso, o Direito pode ser pioneiro ao trazer contribuições para essa revolução tecnológica, com a adoção de mecanismos capazes de permitir a continuidade das pesquisas, mas de forma cautelosa, ao ponto de não colocar em risco os envolvidos direta e indiretamente.

Não obstante, de acordo com o abordado no item 4.4, o princípio da prevenção é aplicável ao ramo do direito do trabalho, e pode auxiliar de modo subsidiário a adoção de medidas que visem prevenir doenças ocupacionais envolvendo a exposição as nanopartículas. Entretanto, agora, não existe comprovação científica acerca das consequências da exposição aos nanomateriais no ambiente laboral, por isso, considerando que para a maioria dos doutrinadores estudados, o princípio da prevenção exige que os riscos sejam conhecidos e cientificamente provados, entende-se a utilização do princípio da prevenção por si só, como mecanismo jurídico de proteção a saúde do trabalhador não se mostra a mais adequada. Ademais, a toxicologia envolvendo as nanotecnologias e os riscos

decorrentes da exposição no meio ambiente laboral, são áreas relativamente novas, que não contam com a certeza científica exigida pelo princípio da prevenção.

Retomando a questão dos riscos, a organização social atual trouxe importantes avanços tecnológicos, “mas também trouxe riscos jamais imaginados, que colocam em jogo a própria sobrevivência da humanidade e, assim, têm fomentado o desenvolvimento de ferramentas jurídicas para regulação das intervenções no meio ambiente” (LUCHESE, 2011, p. 131).

Logo, é preciso que se crie uma cultura em todas as esferas sociais voltada à prevenção dos riscos ambientais no trabalho. Por isso, pretende-se com o presente estudo conscientizar e problematizar a dicotomia envolvendo a importância da manutenção de um meio ambiente laboral saudável, com isso resguardando o direito a saúde do trabalhador e a importância do avanço tecnológico prometido e pretendido com as nanotecnologias.

Sabe-se que as empresas brasileiras têm certa propensão ao desrespeito por direitos trabalhistas, e isso se verifica pela grande litigiosidade encontrada nos fóruns trabalhistas. Se algumas empresas têm resistência em cumprir direitos básicos do trabalhador, muito menos tem a consciência em relação a danos não comprovados, e por isso a importância de se estudar o tema e reforçar a implementação da precaução.

A problemática da nanotecnologia foi analisada pelo Tribunal Regional do Trabalho da Décima Quinta Região (Campinas/SP). No julgamento do dissídio coletivo de n. 0006151-86.2013.5.15.0000, que teve como suscitante o Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias da Fabricação do Álcool, Etanol, Bioetanol, Biocombustível, Químicas e Farmacêuticas de Ribeirão Preto e Região e suscitada a empresa LDC SERV BIOSEV BIOENERGIA S. A, assim pronunciou-se acerca do uso das nanotecnologias:

Redação final: CLÁUSULA 83ª - NANOTECNOLOGIA

A empresa é obrigada a informar a entidade sindical sobre o uso de nanotecnologia no processo industrial e no ambiente de trabalho.

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

Parágrafo segundo - 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.

Parágrafo terceiro - 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.

Parágrafo quarto - Se a empresa optar por utilizar nanotecnologias destinará recursos para pesquisa sobre as consequências e medidas de proteção ao trabalhador, equiparados aos recursos destinados à pesquisa de produtos.

Parágrafo quinto - 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.

Parágrafo sexto - Estabelecer sistema de proteção coletiva eficaz.

Parágrafo sétimo - Estabelecer medidas específicas no PPRA e PCMSO para os trabalhadores expostos a nanocompósitos.

Parágrafo oitavo - A empresa garantirá que os membros da CIPA e do SESMT, sejam informados quando da utilização de nanotecnologia no processo industrial. A CIPA, o SESMT e os trabalhadores terão ainda acesso a informações sobre riscos existentes à saúde e as medidas de proteção a adotar (TRT, 2014).

Cabe reforçar que o meio ambiente do trabalho adequado e seguro é um direito fundamental do cidadão trabalhador. Não é um mero direito trabalhista vinculado ao contrato de trabalho, porquanto busca salvaguardar a saúde e a segurança do trabalhador no ambiente em que desenvolve suas atividades, (MELO, 2013, p. 32). Motivo bastante para adoção de medidas acautelatórias mesmo quando não haja certeza científica absoluta sobre a ocorrência do dano ao meio ambiente ou à saúde do trabalhador. “Basta que o suposto dano seja irreversível e irreparável para que se determine a adoção de medidas efetivas de prevenção, mesmo na dúvida, porque a proteção da vida se sobrepõe a qualquer aspecto econômico” (MELO, 2013, p. 57).

Logo:

Há que se editar leis e implantar políticas públicas que afirmem a dignidade da pessoa humana do trabalhador, colocando a tecnologia a serviço do homem, e não o contrário, preservando os empregos e proporcionando adaptações e treinamentos aos trabalhadores para que, gradativamente, possam dominar as novas tecnologias e, diante da experiência acumulada, sugerir novas possibilidades e melhorias no desenvolvimento do trabalho e do processo produtivo, em benefício da própria empresa. Uma espiral positiva e ascendente, calcada na valorização do trabalho humano, secundada e potencializada pelas novas tecnologias, como de resto determinam os arts. 1º, III, e 170, ambos da Constituição (GOLDSCHMIDT, 2009, p. 167).

Dessa forma, “a criatividade humana que trabalha as possibilidades em escala nanométrica deverá ser desenvolvida a partir de dois pressupostos: os humanos não poderão considerar-se os “donos” da terra”. Até porque, não são somente os humanos que são comodatários dela, “mas também não deverão

submeter-se a ela e suas forças. Assim, nascerá a necessidade de se encontrar um ponto de equilíbrio para essa relação entre humanos e o Planeta Terra” (ENGELMANN, 2010b, p. 301).

Por fim,

Essa é condição de possibilidade para que os humanos possam fazer frente aos desafios trazidos pelas nanotecnologias e construir respostas jurídicas para os novos direitos, fertilizadas pelo filtro constitucional, onde, de qualquer modo, todas as normas jurídicas deverão passar, formando uma espécie de controle de legitimidade e legalidade (ENGELMANN, 2010b, p. 306).

Já em vias de finalização, não se pode deixar de abordar que o personagem principal do presente estudo é o trabalhador, entretanto, analisando o contexto de uma forma ainda mais ampla, não se pode deixar de atuar com cautela quando se trata de nanotecnologias, pois a real dimensão do perigo pode ser percebida tarde demais, isso porque a dissipação das nanopartículas tem alcance global e pode vir a ser mundialmente devastadora.

## 5 CONCLUSÃO

No desenvolvimento dessa dissertação buscou-se demonstrar a importância da proteção da saúde do trabalhador que está exposto as nanopartículas no meio ambiente laboral, buscando solucionar o problema de pesquisa consistente na avaliação da possibilidade de utilização dos princípios da precaução e da prevenção, bem como do *compliance* como mecanismos jurídicos de proteção a saúde do trabalhador das empresas de nanotecnologia.

Para tanto, inicialmente abordou-se o conceito e as características das nanotecnologias, assim como a apresentação de marcos históricos importantes dentro do estudo.

O ser humano busca constantemente por evolução e as nanotecnologias permitem a concretização de verdadeiros feitos científicos, com promessas extremamente animadoras. Desde o surgimento das nanotecnologias, a inserção destas no mercado de consumo e de serviços cresceu exponencialmente, trazendo melhorias em serviços e diversos produtos nas mais diversas áreas, assim como esperança no desenvolvimento de tratamentos revolucionários para doenças como câncer, antibióticos com efeitos potencializados, cosméticos com resultados surpreendentes, entre outros tantos exemplos.

Em que pese as ofertas do mercado nano tecnológico serem entusiasmantes, junto das questões positivas, surge as evidências que demonstram os riscos e o potencial toxicológico envolvendo a manipulação em escala nano, assim como a preocupação com o meio ambiente, e num aspecto mais focado nesta pesquisa, a saúde do trabalhador exposto as nanopartículas no ambiente de trabalho.

No segundo capítulo desta dissertação abordou-se a importância da garantia de um meio ambiente laborativo saudável como forma de proteger o direito fundamental a saúde do trabalhador, para tanto, estudou-se os direitos fundamentais, assim como o princípio da dignidade da pessoa humana, princípio este de suma importância para a compreensão da relevância do respeito ao ser humano, dos valores e principalmente para que não se use o ser humano como mero meio para a obtenção de um fim, e no contexto desta pesquisa, situa-se na utilização de mão de obra com fim exclusivo de obtenção de lucro. É por meio do trabalho que a maioria das famílias obtém seu sustento e a realização profissional, e justamente pela importância que o trabalho ocupa na vida é que precisa ser realizado em condições

dignas, em meio ambiente laboral que observe normas e preceitos que resguardam a saúde dos trabalhadores, de modo a não sobressair os interesses meramente materiais sobre os demais.

Por isso, devido aos riscos que as nanotecnologias demonstram oferecer, é que se questiona se o Direito pode trazer as ferramentas necessárias para se proteger a saúde do trabalhador exposto as nanopartículas no meio ambiente de trabalho, em outras palavras, os mecanismos jurídicos.

O Direito traz ferramentas que auxiliam no dia a dia de todos, vez que é por meio dele que se busca a pacificação social e a organização da vida em sociedade. Entretanto, para esta dissertação optou-se por avaliar a possibilidade de utilização dos princípios da precaução e da prevenção, bem como do *compliance* como mecanismos jurídicos de proteção a saúde do trabalhador.

A precaução traz a ideia de cuidados preventivos, precavidos, buscando evitar a ocorrência de um dano decorrente de um risco abstrato, algo que não se pode afirmar com certeza a possibilidade de ocorrência, mas que demonstra indícios que não incentivam o risco. Caso em que se situam as nanotecnologias, vez que não há estudos comprobatórios da consequência da exposição as nanopartículas.

A prevenção, do mesmo modo que a precaução, incute a ideia de cuidados preventivos, mas nesse caso, quando se tem uma certeza científica sobre a ocorrência do dano. Sabe-se que certa atividade é perigosa ou insalubre, e para evitar um dano certo, o princípio da prevenção age.

Por sua vez, o *compliance* surge dentro do ambiente empresarial, como um meio de promover o cumprimento de normas e regimentos, e aplicando ao direito do trabalho, surge no sentido de combater práticas que possam gerar descumprimentos das normas trabalhistas. Nessa seara, a atuação do *compliance* visa criar dentro do ambiente empresarial um grupo que terá autonomia para promover a criação a observância das regras legais ou normativas, com o intuito de promover a ética e o respeito dentro do ambiente empresarial.

Nesse contexto envolvendo a dicotomia entre nanotecnologia e meio ambiente do trabalho, com enfoque nos riscos pela exposição as nanopartículas e a necessidade de proteção aos direitos dos trabalhadores, e para a avaliação dos mecanismos propostos utilizou-se abordagem dedutiva, sendo a pesquisa bibliográfica e documental.

Em que pese a inexistência de pesquisas sólidas demonstrando a

consequência da exposição as nanopartículas no ambiente de trabalho, muito se relata acerca da potencialidade tóxica das nanotecnologias, fato bastante para se repensar a forma como se vem tratando a expansão das nanotecnologias.

Assim, conclui-se que não se mostra prudente aguardar a ocorrência de danos em escala mundial para promover cuidados cautelosos em relação a pesquisa e desenvolvimento de nanotecnologias. O trabalhador exposto as nanopartículas no meio ambiente laboral deve ser protegido. Entretanto devido a incerteza científica envolvendo a exposição, nem todos os mecanismos jurídicos estudados tem o condão de proteger a saúde do trabalhador das empresas que usam nanotecnologias. Isso porque o princípio da prevenção exige certeza científica acerca da ocorrência e da extensão do dano para sua utilização, o que nesse momento inexistente.

Outrossim, o princípio da precaução mostrou-se capaz de promover um olhar diferenciado nesse ponto, vez que tem como característica a de atuar justamente quando ainda não há certeza científica. Já se sabe que as nanopartículas penetram no organismo humano, e devido ao minúsculo tamanho inclusive em tecidos cerebrais. Entretanto, ainda não se sabe se uma vez entranhado no corpo humano irão ali permanecer, silenciosas e sem causar qualquer dano, se irão ser eliminadas naturalmente sem causar maiores prejuízos ou se irão desencadear doenças. Do mesmo modo, o *compliance* mostrou-se capaz de ser utilizado no contexto das nanotecnologias, até como um aliado ao princípio da precaução, pois pode promover os meios de aplicação de práticas precavidas no ambiente laboral.

Logo, como relatado por alguns doutrinadores como Wilson Engelmann, nesse momento se conhece muitas informações positivas acerca das nanotecnologias e ainda se tem pouca evidência científica sobre os reais efeitos sobre o ser humano e o meio ambiente. Entretanto, não se pode esquecer que a consequência futura, em caso de comprovação científica de danos aos seres humanos e ao meio ambiente será catastrófica, e com alcance mundial.

Do mesmo modo, o trabalhador que se expõe diretamente a essas nanopartículas durante um terço de seu dia, durante meses ou anos, tem o risco maior de ser a vítima das nanotecnologias, e de o futuro prejudicado por algo que poderia ser evitado com atuação precavida.

Por fim, diante da importância dos temas estudados é que decorre, por conseguinte, a relevância social do tema, devido a inexistência de regulação sobre os potenciais efeitos ao meio ambiente e a saúde do trabalhador. Não obstante, a

pesquisa em apreço vincula-se à linha de pesquisa Direito, Sociedade e Estado, do Programa de Mestrado em Direito da UNESCO, a qual se encarrega do estudo dos processos de transformação social que o Brasil e a América Latina vivenciam em busca da concretização dos direitos humanos.

## REFERENCIAS

ABPAR - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PARAMILOIDOSE. **Tipo de Amiloidose**. 2016. Disponível em: <<http://www.abpar.org.br/tipo-de-amiloidoses-1.html>>. Acesso em: 10 fev. 2021.

ANDRADE, Flávio Carvalho Monteiro de; FERREIRA, Isadora Costa. Compliance trabalhista: Compreendendo a Prevenção de Risco trabalhista por Meio de Programa de Integridade. **Revista Síntese Trabalhista e Previdenciária**, n. 331, jan. 2017.

ARAÚJO, Nilson Feliciano de; SCHWARZ, Rodrigo Garcia; PETRI, Marcia Coser (orgs.). **Direito fundamental ao trabalho digno**: Tomo II. Joaçaba: Editora Unoesc, 2017.

AUGUSTO, Lia Giraldo da Silva; FREITAS, Carlos Machado de. O Princípio da Precaução no uso de indicadores de riscos químicos ambientais em saúde do trabalhador. **Ciênc. saúde coletiva [online]**. v. 3, n. 2, p. 85-95, 1998. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-81231998000200008&script=sci\\_abstract&tlng=pt#:~:text=Tendo%20como%20refer%C3%A2ncia%20o%20Princ%C3%ADpio,exposi%C3%A7%C3%A3o%20ocupacional%20%C3%A0s%20subst%C3%A2ncias%20qu%C3%ADmicas](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-81231998000200008&script=sci_abstract&tlng=pt#:~:text=Tendo%20como%20refer%C3%A2ncia%20o%20Princ%C3%ADpio,exposi%C3%A7%C3%A3o%20ocupacional%20%C3%A0s%20subst%C3%A2ncias%20qu%C3%ADmicas)>. Acesso em: 13 jan. 2021.

BECK, Ulrich. **Sociedade de Risco**: Rumo a uma Outra Modernidade. Tradução de Sebastião Nascimento. 1. ed. São Paulo: Editora 34, 2010.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Emendas Constitucionais de Revisão. Brasília: Senado Federal, 1988. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicaocompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm)>. Acesso em: 07 set. 2020.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 591, de 6 de julho de 1992**. Atos Internacionais. Pacto Internacional sobre Direitos Econômicos, Sociais e Culturais. Promulgação. Brasília, 06 de julho de 1992. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1990-1994/d0591.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/d0591.htm)>. Acesso em: 15 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 1.254, de 29 de setembro de 1994**. Promulga a Convenção número 155, da Organização Internacional do Trabalho, sobre Segurança e Saúde dos Trabalhadores e o Meio Ambiente de Trabalho, concluída em Genebra, em 22 de junho de 1981. Brasília, em 29 de setembro de 1994. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1990-1994/D1254.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D1254.htm)>. Acesso em: 06 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 10.088, de 5 de novembro de 2019**. Consolida atos normativos editados pelo Poder Executivo Federal que dispõem sobre a promulgação de convenções e recomendações da Organização Internacional do Trabalho - OIT ratificadas pela República Federativa do Brasil. Brasília, 5 de novembro de 2019. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-)

2022/2019/Decreto/D10088.htm>. Acesso em: 25 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 26.042, de 17 de dezembro de 1948.** Promulga os Atos firmados em Nova York a 22 de julho de 1946, por ocasião da Conferência Internacional de Saúde. Rio de Janeiro, 17 de dezembro de 1948. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1940-1949/decreto-26042-17-dezembro-1948-455751-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 06 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. **Decreto-Lei nº 4.657, de 4 de setembro de 1942.** Lei de Introdução às normas do Direito Brasileiro. Rio de Janeiro, 4 de setembro de 1942. Rio de Janeiro, 4 de setembro de 1942. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/del4657compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del4657compilado.htm)>. Acesso em: 23 jan. 2021.

\_\_\_\_\_. **Decreto-Lei nº 5.452, de 1 de maio de 1943.** Aprova a Consolidação das Leis do Trabalho. Rio de Janeiro, 1 de maio de 1943. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/del5452.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del5452.htm)>. Acesso em: 06 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 6.938, De 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, em 31 de agosto de 1981. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-6938-31-agosto-1981-366135-publicacaooriginal-1-pl.html#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20Pol%C3%ADtica%20Nacional,O%20PRESIDENTE%20DA%20REP%C3%9ABLICA%2C&text=1%C2%BA%20Esta%20Lei%2C%20com%20fundamento%20no%20art.>>. Acesso em: 15 mar. 2019.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990.** Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Brasília, 11 de setembro de 1990. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L8078compilado.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8078compilado.htm)>. Acesso em: 23 jan. 2021.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990.** Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. Brasília, 19 de setembro de 1990. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L8080.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8080.htm)>. Acesso em: 06 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. **Lei 10.406 de 10 de janeiro de 2002.** Institui o Código Civil. Brasília, 10 de janeiro de 2002. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/2002/L10406.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2002/L10406.htm)>. Acesso em: 06 abr. 2019.

BRASIL, MCTI - Ministério da Ciência e Tecnologia. **Nanotecnologia.** 2008. Disponível em: <[https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/tecnologia/tecnologias\\_convergentes/paginas/nanotecnologia/NANOTECONOLOGIA.html](https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/tecnologia/tecnologias_convergentes/paginas/nanotecnologia/NANOTECONOLOGIA.html)>. Acesso em: 09 out. 2020.

BARROS, Alice Monteiro de. **Curso de direito do trabalho.** 11. ed. São Paulo: LTR, 2017.

BEAUCHAMP, Tom L.; CHILDRESS, James F. **Princípios de Ética Biomédica**. Barcelona: Masson, S.A, 1998.

BIANCO, Rosiane da Rosa, GOLDSCHMIDT, Rodrigo. Nanotecnologia, riscos implicados a saúde do trabalhador e a necessidade de repensar os avanços tecnológicos à luz dos direitos fundamentais constitucionais: compliance como método de redução dos riscos. 2019. In: CECATO, Maria Aurea Baroni; TIBALDI, Saul Duarte; LIMA, Saul Duarte (coords.). **Direito do trabalho e meio ambiente do trabalho II**. Florianópolis: CONPEDI, 2019. p. 40-55. Disponível em: <<http://conpedi.daniloir.info/publicacoes/no85g2cd/803e5346/J6dM747H3N8RBVC7.pdf>>. Acesso em: 28 dez. 2020.

BRANCO, Paulo Gustavo Gonet; MENDES, Gilmar Ferreira; COELHO, Martires Coelho. **Curso de Direito Constitucional**. São Paulo: Saraiva, 2007.

CAIRO JUNIOR, José. **Curso de direito do trabalho: Direito Individual e Coletivo do Trabalho**. 13. ed. rev. e atual. Salvador: Ed. JusPodivm, 2017.

CANOTILHO, José Joaquim Gomes. Actos jurídicos públicos e responsabilidade por danos ambientais. **Boletim da faculdade de Direito**, Coimbra, v. 69, p. 1-69, 1993.

CASSAR, Vólia Bomfim. **Direito do Trabalho: de acordo com a Reforma Trabalhista Lei 13.467/2017**. 14. ed. São Paulo: Editora Método, 2017.

CASTILHO, Ricardo. **Direitos humanos**. 5. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2018.

COLOMBO, Silvana. Princípio da precaução no direito ambiental. **Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient.** v. 14, jan./jun. 2005. Disponível em: <<https://periodicos.furg.br/remea/article/view/2889>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

COPATTI, Livia Copelli; RIBEIRO, Douglas; MAGRO, Diogo Dal (orgs.). **A (re) construção dos novos direitos: o direito contemporâneo sob a ótica dos direitos humanos**. Porto Alegre: Editora Fi, 2018.

CORREIA, Henrique. Compliance e sua aplicação no direito do trabalho. **Migalhas Uol**, nov. 2018. Disponível em: <<https://migalhas.uol.com.br/depeso/291012/compliance-e-sua-aplicacao-no-direito-do-trabalho>>. Acesso em: 13 jan. 2021.

DELGADO, Mauricio Godinho. **Curso de direito do trabalho**. 16. ed. rev. e ampl. São Paulo: LTr, 2017.

\_\_\_\_\_. **Curso de direito do trabalho: obra revista e atualizada conforme a lei da reforma trabalhista e inovações normativas e jurisprudenciais posteriores**. 18. ed. São Paulo: LTr, 2019.

DELGADO, Mauricio Godinho, DELGADO Gabriela Neves. **A reforma trabalhista no Brasil: com os comentários à Lei n. 13.467/2017**. São Paulo: LTr, 2017.

ENGELMANN, Wilson. A (re)leitura da teoria do fato jurídico à luz do "diálogo entre as fontes do direito": abrindo espaços no direito privado constitucionalizado para o

ingresso de novos direitos provenientes das nanotecnologias. In: STRECK, Lenio Luiz; CALLEGARI, André Luís; ROCHA, Leonel Severo (orgs.). **Constituição, sistemas sociais e hermenéutica**. Anuário do programa de Pós-Graduação em Direito da UNISINOS. n. 7. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora; São Leopoldo: UNISINOS, 2010b.

\_\_\_\_\_. Direitos bio-humano-éticos: os humanos buscando 'direitos' para proteger-se dos avanços e riscos (desconhecidos) das nanotecnologias. In: ENCONTRO NACIONAL DO CONPEDI, 14., Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: CONPEDI, 2010a. Disponível em: <<http://www.publicadireito.com.br/conpedi/manaus/arquivos/anais/fortaleza/3400.pdf>>. Acesso em: 24 dez 2020.a

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

ENGELMANN, Wilson; MARTINS, Patrícia Santos. **As Normas ISO e as nanotecnologias: entre a autorregulação e o pluralismo jurídico**. São Leopoldo: Karywa, 2017.

ENGELMANN, Wilson; NASCIMENTO, Maria Cândida Simon Azevedo. Nanotecnologia e direito: da estrutura jurídica tradicional ao diálogo entre as fontes do direito. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Direito da UFC**, v.37, n.1, jan./jun., 2017. Disponível em: <[periodicos.ufc.br/nomos/article/download/3438/30831](http://periodicos.ufc.br/nomos/article/download/3438/30831)>. Acesso em: 26 mar. 2019.

ESTUDO chinês documenta mortes por nanotecnologia. **Estadão**, ago., 2009. Disponível em: <<https://ciencia.estadao.com.br/noticias/geral,estudochines-documenta-mortes-por-nanotecnologia,421451>>. Acesso em: 28 mar. 2019.

ETC GROUP. **Manual de bolso das tecnologias em nanoescala... e a teoria do "little bang"**. Tradução de Flavio Borghetti. 2005. Disponível em: <[http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/publication/57/01/tinyp\\_portuguesfinal.pdf](http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/publication/57/01/tinyp_portuguesfinal.pdf)>. Acesso em: 28 mar. 2020.

FIORINO, Daniel J. **Voluntary initiatives, regulation, and nanotechnology oversight: Charting a Path**. Washington: 2010. Disponível em: <<http://www.nanotechproject.tech/process/assets/files/8347/pen-19.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

FOLADORI, Guillermo; INVERNIZZI, Noela. Implicações sociais e ambientais do desenvolvimento das nanotecnologias na América Latina e Caribe. Zacatecas, México; Curitiba, Brasil: ReLANS; IPEN; Re-UITA, 2012.

FRANÇA, Genival Veloso de. **Direito médico**. 12. ed. rev., atual. e ampl. Rio de Janeiro: Forense, 2014.

FRAZÃO, Ana; TEPEDINO, Gustavo; OLIVA, Milena Donato (coords.). **Lei geral de proteção de dados pessoais e suas repercussões no direito brasileiro**. São

Paulo: Thomson Reuters Revista dos Tribunais, 2019.

GOLDIM, José Roberto. Bioética: Origens e Complexidade. **Rev. HCPA**, v. 26, n. 2, p. 86-92, 2006. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/bioetica/complex.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2020.

\_\_\_\_\_. Bioética complexa: uma abordagem abrangente para o processo de tomada de decisão. **Revista da AMRIGS**, Porto Alegre, v. 53, n. 1, p. 58-63, jan./mar., 2009. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/bioetica/complexamrigs09.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2020.

\_\_\_\_\_. **Modelo de Casuística**. UFRGS, 1999. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/bioetica/modcasu.htm>>. Acesso em: 01 out. 2020

GRUPO ETC. **Nanotecnologia: os riscos da tecnologia do futuro: saiba sobre produtos invisíveis que já estão no nosso dia-a-dia e o seu impacto na alimentação e na agricultura**. Tradução de José F. Pedrozo e Flávio Borghetti. Porto Alegre: L&PM, 2005.

GOLDSCHMIDT, Rodrigo. **Flexibilização dos direitos trabalhistas: ações afirmativas da dignidade da pessoa humana como forma de resistência**. São Paulo: LTr, 2009.

HESSE, Konrad. **Elementos de Direito Constitucional da República Federal da Alemanha**. Porto Alegre: Sergio Antonio Fabris, 1998.

HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. De Eric Drexler a Erik Jayme: as respostas que o direito (ainda não) tem para a questão das nanotecnologias. In: ROVER, Aires José; SIMÃO FILHO, Adalberto; PINHEIRO, Rosalice Fidalgo (coords). **Direito e Novas Tecnologias**. 12. ed. Curitiba: Clássica Editora, 2014. Disponível em: <<http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=abd1c782880cc597>>. Acesso em: 20 nov. 2020.

\_\_\_\_\_. **Nanotecnologias aplicadas aos agroquímicos no Brasil: a gestão dos riscos a partir do Diálogo entre Fontes do Direito**. Curitiba: Juruá, 2014.

ICTA - INTERNATIONAL CENTER FOR TECHNOLOGY ASSESSMENT. **Princípios para a supervisão de nanotecnologias e nanomateriais**. Washington: 2007. Disponível em: <<https://www.gov.br/fundacentro/pt-br/arquivos/projetos/MONOGRAFIA%20-%20USP%202019.pdf>>. Acesso em: 03 jan. 2019

IPHAN – INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. **Cartas Patrimoniais**. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/226/>>. Acesso em: 06 abr. 2020.

KANT, Immanuel. **Fundamentação da Metafísica dos Costumes**. Tradução de Paulo Quintela. São Paulo: Abril, 1974.

JOBIM, Rosa Kim. **Compliance e trabalho: entre o poder diretivo do empregador e os direitos inespecíficos do empregado**. 1. ed. Florianópolis: Tirant Lo Blanch, 2018.

LQES – LABORATÓRIO DE QUÍMICA DO ESTADO SÓLIDO. **Nanopartícula aumenta em até 10 vezes a eficiência de antibiótico**. 2020. Disponível em: <[http://lqes.iqm.unicamp.br/canal\\_cientifico/lqes\\_news/lqes\\_news\\_cit/lqes\\_news\\_2020/lqes\\_news\\_novidades\\_3026.html](http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news_cit/lqes_news_2020/lqes_news_novidades_3026.html)> Acesso em: 07 set. 2020.

\_\_\_\_\_. **As nanopartículas fornecem bombas de cluster anticancerígeno de estágio triplo**. 2016. Disponível em: <[http://www.lqes.iqm.unicamp.br/canal\\_cientifico/lqes\\_news/lqes\\_news\\_cit/lqes\\_news\\_2016/lqes\\_news\\_novidades\\_2050.html](http://www.lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news_cit/lqes_news_2016/lqes_news_novidades_2050.html)>. Acesso em: 07 set. 2020.

LEITE, Carlos Henrique Bezerra. **Curso de direito do trabalho**. 11. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2019.

LEITE, José Rubens Morato (coord). **Manual de Direito Ambiental**. São Paulo: Saraiva, 2015.

LIMA, Sofia Wanderley Gayoso de; ARAÚJO, Jailton Macena de. Humanização do direito e compliance trabalhista: instrumento eficaz na construção de uma empresa socialmente responsável. In: COSTA, Ana Paula Correia de Albuquerque da; LEAL; Larissa Maria de Moraes; ARAÚJO, Jailton Macena de (orgs.). **Humanização do direito e proteção social dos hipervulneráveis**. v. 1. João Pessoa: IDCC, 2018. Disponível em: <<http://institutodcc.org.br/wp-content/uploads/2018/04/Humaniza%C3%A7%C3%A3o-do-Direito-e-Prote%C3%A7%C3%A3o-Social-dos-Hipervulner%C3%A1veis-Vol-I.pdf#page=87>>. Acesso em: 12 abr. 2019.

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

LUCHESI, Celso Umberto. **Considerações sobre o princípio da precaução**. 1. ed. São Paulo: SRS Editora, 2011.

LUHMANN, Niklas. **Sociologia des riesgo**. Tradução de Silvia Pappé, Brunhilde Erker, Luis Felipe Segura. Javier Torres Nafarrate: coordenador de tradução. México: Universidad de Guadalajara, 1992.

MAHER, Barbara Ann *et al.* Nanopartículas de poluição de magnetita no cérebro humano. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 39, p. 10797-10801, set. 2016. Disponível em: <[https://translate.googleusercontent.com/translate\\_c?depth=1&hl=pt-BR&prev=search&rurl=translate.google.com.br&sl=en&u=http://www.pnas.org/content/113/39/10797&usg=ALkJrhj5lvM4Ag2Km5ss0fyCV\\_zms9nJOA](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=pt-BR&prev=search&rurl=translate.google.com.br&sl=en&u=http://www.pnas.org/content/113/39/10797&usg=ALkJrhj5lvM4Ag2Km5ss0fyCV_zms9nJOA)>. Acesso em: 06 nov. 2020.

MACHADO, Paulo Afonso Leme. **Direito Ambiental Brasileiro**. 18. ed. São Paulo: Malheiros, 2010.

\_\_\_\_\_. **Direito Ambiental Brasileiro**. 20. ed. São Paulo: Malheiros, 2014.

MARCO Legal da Nanotecnologia é aprovado na CCJ. **Agência Senado**, 2020. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2020/02/19/marco-legal-da-nanotecnologia-avanca>>. Acesso em: 27. fev. 2021.

MARTINEZ, Diego Stéfani Teodoro; ALVES, Oswaldo Luiz. Interação de nanomateriais com biosistemas e a nanotoxicologia: na direção de uma regulamentação. **Cienc. Cult.**, São Paulo, v. 65, n. 3, jul., 2013. Disponível em: <[http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252013000300012&script=sci\\_arttext&tling=en](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252013000300012&script=sci_arttext&tling=en)>. Acesso dez 2020.

MARTINS, Sergio Pinto. **Direito do Trabalho**. 30. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

MELO, Celso Pinto de; PIMENTA, Marcos. Nanociências e nanotecnologia. **Parcerias Estratégicas**, v. 9, n. 18, 2004. Disponível em: <[http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias\\_estrategicas/article/view/130](http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/130)>. Acesso em: 30 mar. 2019.

MELO, Raimundo Simão de. **Direito ambiental do trabalho e a saúde do trabalhador**: responsabilidades legais, dano material, dano moral, dano estético, indenização pela perda de uma chance, prescrição. 5. ed. São Paulo: LTr, 2013.

MENDES, Gilmar Ferreira; BRANCO, Paulo Gustavo Gonet. **Curso de direito constitucional**. 12. ed, rev, e atual. Sao Paulo: Saraiva, 2017.

MERKLE, R. **O que é nanotecnologia?** Entrevista concedida a John MacFarlane. 2010. Disponível em: <[http://www.universiabrasil.net/nextwave/ver\\_materia.jsp?materia=209&subcanal=1](http://www.universiabrasil.net/nextwave/ver_materia.jsp?materia=209&subcanal=1)>. Acesso em: 20 dez. 2020.

MILARÉ, Édis. **Direito do Ambiente**: a Gestão Ambiental em Foco. 10. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2015.

MIYAZAKI, Celina Massumi; RIUL JUNIOR, Antonio. Sistemas de Baixa Dimensionalidade: nanopartículas. IN: RÓZ, Alessandra Luzia da *et al.* (orgs.). **Nanoestruturas Princípios e aplicações**. v. 1. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2015.

MODERNA Runs First Human Trial for Coronavirus Vaccine. **Stanano**, 2020. Disponível em: <<https://statnano.com/news/67522/Moderna-Runs-First-Human-Trial-for-Coronavirus-Vaccine#ixzz6kHyxAMsG>>. Acesso em: 21 dez. 2020.

MOTA, Maurício. Princípio da precaução no direito ambiental: uma construção a partir da razoabilidade e da proporcionalidade. **Rev. Bras. de Direito do Petróleo Gás e Energia**, v. 2, 2006. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/rbdp/article/view/5723>>. Acesso em: 13 jan. 2021.

NANOPARTICLES as Weapons Against Cancer. **Statnano**, 2020. Disponível em: <<https://statnano.com/news/68423/Nanoparticles-as-Weapons-Against-Cancer#ixzz6kHwzlpEi>>. Acesso em: 21 dez. 2020.

NANOTECHNOLOGY in Latin America. **Stanano**, 2016. Disponível em: <<https://statnano.com/publications/3955/Nanotechnology-in-Latin-America>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

NASCIMENTO, Amauri Mascaro. **Curso de direito do trabalho: história e teoria geral do direito do trabalho: relações individuais e coletivas do trabalho**. 26. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

NNI - NATIONAL NANOTECHNOLOGY INITIATIVE. **What is Nanotechnology?**. 2008. Disponível em: <<https://www.nano.gov/nanotech-101/what/definition>>. Acesso em: 28 mar. 2019.

OIT – ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO. **C155 - Segurança e Saúde dos Trabalhadores**. 1998. Disponível em: <[https://www.ilo.org/brasil/convencoes/WCMS\\_236163/lang--pt/index.htm](https://www.ilo.org/brasil/convencoes/WCMS_236163/lang--pt/index.htm)>. Acesso em: 10 dez. 2020.

OSHIRO, Maria de Lourdes; HOHENDORFF, Raquel Von; ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias no meio ambiente do trabalho: a precaução para equacionar os riscos do trabalhador. **Cad. IberAmer. Direito. Sanit.**, Brasília, v. 2, n. 2, jul./dez., 2013. Disponível em: <<http://www.cadernos.prodisa.fiocruz.br/index.php/cadernos/article/view/114/156>>. Acesso em: 28 mar. 2019.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Declaração Universal dos Direitos Humanos**. 1948. Disponível em: <<https://www.unicef.org/brazil/declaracao-universal-dos-direitos-humanos>>. Acesso em: 21 jan. 2021.

\_\_\_\_\_. **Declaração do rio sobre meio ambiente e desenvolvimento**. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <[https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2013/12/declaracao\\_rio\\_ma.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2013/12/declaracao_rio_ma.pdf)>. Acesso em: 15 out. 2020.

PONTES, Jorge M. **Nanotecnologia, comunicação científica e mundo do trabalho**. 2017. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/319336625\\_NANOTECHNOLOGIA\\_COMUNICACAO\\_CIENTIFICA\\_E\\_MUNDO\\_DO\\_TRABALHO](https://www.researchgate.net/publication/319336625_NANOTECHNOLOGIA_COMUNICACAO_CIENTIFICA_E_MUNDO_DO_TRABALHO)>. Acesso em: 20 dez. 2020.

QUINA, Frank H. Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e riscos. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 6, p.1028-29, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v27n6/22297.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2020.

RAMOS, André de Carvalho. **Curso de direitos humanos**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

RAVANELLO, Tamires; ALMEIDA, Juliana Cainelli de. **Princípio da precaução: ferramenta de proteção ambiental diante dos riscos de danos e ponderação na aplicação**. In: PEREIRA, Agostinho Oli Koppe; BORILE, Giovanni Orso; ARNODL, Cláudia de Moraes (orgs.). **Meio ambiente, novos direitos e a sociedade de consumo**. Caxias do Sul: EducS, 2018.

REAL time Detection of COVID-19 Aided by CNT – based Electrochemical Sensors. **Statnano**, 2020. Disponível em: <<https://statnano.com/news/67755/Real-time-Detection-of-COVID-19-Aided-by-CNT-based-Electrochemical-Sensors#ixzz6kHyl4RFy>>. Acesso em: 21 dez. 2020.

ROCHA, Julio César de Sá da. **Direito Ambiental e Meio Ambiente do Trabalho: dano, prevenção e proteção jurídica**. São Paulo: LTr, 1997.

ROJAS, Raul. **Compliance Laboral**. 2017. Disponível em: <<https://ecija.com/sala-de-prensa/e-book-compliance-laboral/>>. Acesso em 31 de março de 2019.

ROTELLO, Vincent M. **Nanoparticles: building blocks for nanotechnology**. Massachusetts: Springer, 2004.

ROYAL SOCIETY. **Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties**. 2004. Disponível em: <<https://www.raeng.org.uk/publications/reports/nanoscience-and-nanotechnologies-opportunities>> Acesso em: 07 set. 2020.

RÓZ, Alessandra Luzia da *et al.* (orgs.). **Nanoestruturas Princípios e aplicações**. v. 1. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2015.

SANDLER, Ronald. **Nanotechnology: The Social and Ethical Issues**. Washington: 2009.

SARMENTO, Daniel. **Direitos fundamentais e relações privadas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris. 2010.

SARLET, Ingo Wolfgang. **Dignidade da pessoa humana e direitos fundamentais na Constituição Federal de 1988**. 9. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2012a.

\_\_\_\_\_. **A eficácia dos direitos fundamentais: uma teoria geral dos direitos fundamentais na perspectiva constitucional**. 11. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2012b.

SARLET, Ingo Wolfgang; FIGUEIREDO, Mariana Filchtiner. **Algumas considerações sobre o direito fundamental à proteção e promoção da saúde aos 20 anos da Constituição Federal de 1988**. 2008. Disponível em: <[https://www.stf.jus.br/arquivo/cms/processoAudienciaPublicaSaude/anexo/O\\_direito\\_a\\_saude\\_nos\\_20\\_anos\\_da\\_CF\\_coletanea\\_TAnia\\_10\\_04\\_09.pdf](https://www.stf.jus.br/arquivo/cms/processoAudienciaPublicaSaude/anexo/O_direito_a_saude_nos_20_anos_da_CF_coletanea_TAnia_10_04_09.pdf)>. Acesso em: 10. jan. 2021.

SARLET, Ingo Wolfgang; MARINONI, Luiz Guilherme; MITIDIERO, Daniel. **Curso de direito constitucional**. 7. ed. São Paulo: Saraiva, 2018.

SCENIHR - SCIENTIFIC COMMITTEE ON EMERGING AND NEWLY IDENTIFIED HEALTH RISKS. **Risk Assessment of Products of Nanotechnologies**. Brussels: 2009.

SILVA, Delmárcio G. da; TOMA, Henrique E. **Nanotecnologia para todos! Cartilha**

educativa para divulgação e ensino da nanotecnologia. São Paulo: Edição dos autores, 2018.

SILVA, Jose Afonso da. **Teoria do conhecimento constitucional**. São Paulo: Malheiros, 2014.

SIRVINSKAS, Luís Paulo. **Manual de direito ambiental**. 16. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2018.

STF - SUPREMO TRIBUNAL FEDERAL (Tribunal Pleno). **ADI 4003862-60.2016.1.00.0000 DF**. Relatora: Min. Cármen Lúcia. Distrito Federal. Data de Julgamento: 11/09/2019. Data de Publicação: 10-03-2020. Disponível em: <<https://stf.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/861805618/acao-direta-de-inconstitucionalidade-adi-5592-df-distrito-federal-4003862-6020161000000>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

\_\_\_\_\_. (2ª Turma). **RE 201819 RJ**. Relatora: Min. Ellen Gracie. Rio de Janeiro. Data de Julgamento: 11/10/2005. Data de Publicação: 27-10-2006. Disponível em: <<https://stf.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/14736142/recurso-extraordinario-re-201819-rj>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

TOMA, Henrique E. **Nanotecnologia molecular, materiais e dispositivos flivro eletronicol**. São Paulo: Blucher, 2016.

TRT - TRIBUNAL REGIONAL DO TRABALHO (15ª Região). **DC 00061518620135150000**. Relatora: Adriene Sidnei de Moura David Diamantino. Data de Publicação: 06/03/2014. Disponível em: <<https://trt-15.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/844212552/dissidio-coletivo-dc-61518620135150000-0006151-8620135150000/inteiro-teor-844212562?ref=feed>>. Acesso em: 10. jan. 2021.

\_\_\_\_\_. **DC 00075135520155150000**. Relatora: Tereza Aparecida Asta Gemignani. Data de Publicação: 22/02/2017. Disponível em: <<https://trt-15.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/433367643/dissidio-coletivo-dc-75135520155150000-0007513-5520155150000/inteiro-teor-433367648>>. Acesso em: 10. jan. 2021.

TST – TRIBUNAL SUPERIOR DO TRABALHO. **Súmula nº 47: Insalubridade**. 2003. Disponível em: <[http://www.coad.com.br/busca/detalhe\\_16/927/Sumulas\\_e\\_enunciados#:~:text=S%C3%9AMULA%20N%C2%BA%2047%20%2D%20INSALUBRIDADE,%C3%A0%20percep%C3%A7%C3%A3o%20do%20respectivo%20adicional.](http://www.coad.com.br/busca/detalhe_16/927/Sumulas_e_enunciados#:~:text=S%C3%9AMULA%20N%C2%BA%2047%20%2D%20INSALUBRIDADE,%C3%A0%20percep%C3%A7%C3%A3o%20do%20respectivo%20adicional.)>. Acesso em: 25 jun. 2020.

UNESCO - ORGANIZAÇÃODAS NAÇÕES UNIDASPORA A EDUCAÇÃO,CIÊNCIA E CULTURA. **Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos**. Portugal: 2006. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001461/146180por.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2021.

UKNSG - UK NANOSAFETY GROUP. **Working Safely with Nanomaterials in Research & Development**. 2.ed. 2016. Disponível em: <<https://www.safenano.org/media/108929/UKNSG%20Guidance%20-%20Working%20Safely%20with%20Nanomaterials%20-%202nd%20Edition.pdf>>. Acesso em: 09 dez. 2020.

VECCHI, Ipojucan Demétrius. A eficácia dos direitos fundamentais nas relações privadas: o caso da relação de emprego. **Revista do Tribunal Superior do Trabalho**, São Paulo, v. 77, n. 3, p. 111-135, jul./set. 2011. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/20.500.12178/26998>>. Acesso em: 12 dez. 2020.

WEDY, Gabriel. **O princípio constitucional da precaução**: como instrumento da tutela do meio ambiente e da saúde pública. Belo Horizonte: Fórum, 2009.

WEYERMÜLLER, André Rafael; HUPFFER, Haide Maria. O paradoxo da tecnologia e a incerteza científica. In: BAEZ, Narciso Leandro Xavier *et al.* **O impacto das novas tecnologias nos direitos fundamentais**. Joaçaba: Unoesc, 2018.

WOLKMER, Antonio Carlos. **Direitos humanos e globalização**: fundamentos e possibilidades desde a teoria crítica. 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2010. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/orgaos/edipucrs/>>. Acesso em: 09 out. 2020.

ZHANG, Yi *et al.* Perturbation of Physiological Systems by Nanoparticles. **Chemical Society Reviews**, v. 43, p. 3762-3809, 2014. Disponível em: <<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2014/cs/c3cs60338e#!divAbstract>>. Acesso em: 18 nov. 2020.