

As nanotecnologias, os riscos e as interfaces com o direito à saúde do trabalhador

RAQUEL VON HOHENDORFF

RODRIGO COIMBRA

WILSON ENGELMANN

Resumo: O artigo trata das nanotecnologias relacionando-as com o Direito à saúde do trabalhador e proporciona reflexões sobre os riscos dessas tecnologias. A pesquisa justifica-se porque se desconhecem os possíveis riscos que elas podem gerar para a saúde dos trabalhadores. O princípio da precaução é o mais adequado para ser aplicado nos casos concretos, atuando em conjunto com os princípios da informação e da participação. O meio ambiente do trabalho é parte do meio ambiente em sentido amplo e, como tal, recebe a incidência de princípios e regras de Direito Ambiental relativamente à proteção do trabalhador. Sobre o meio ambiente do trabalho também incidem os princípios e regras de Direito do Trabalho concernentes às relações entre empregado e empregador. Lança-se uma proposta sistemática alicerçada na transdisciplinaridade, na ética e no diálogo entre as fontes do Direito, de modo a harmonizar o avanço das nanotecnologias com a saúde do trabalhador.

Palavras-chave: Nanotecnologias. Risco. Saúde. Trabalhador. Precaução. Direitos humanos.

Introdução

O presente artigo, que trata do tema das novas tecnologias, relacionando-as com o Direito do trabalhador à saúde e à segurança, visa a proporcionar reflexões sobre os riscos das novas tecnologias no meio ambiente de trabalho, com enfoque especial nas nanotecnologias.

Recebido em 10/6/15

Aprovado em 4/9/15

A pesquisa justifica-se porque se desconhecem publicamente os possíveis riscos que as nanotecnologias – uma nova tecnologia utilizada na produção de diversos produtos comercializados atualmente – podem gerar (e podem já estar gerando) para os seres humanos e o meio ambiente. Além disso, nada ou pouco existe em termos de regulação jurídica dessa matéria. Não se tem conhecimento sólido sobre suas propriedades físico-químicas, seu potencial de degradação e de acumulação no meio ambiente, sua toxicidade ambiental, sua toxicidade em relação ao trabalhador em contato com as nanotecnologias.

É desafiante investigar caminhos que busquem harmonizar os avanços científicos e tecnológicos com a saúde e a proteção da pessoa humana do trabalhador. Propõe-se uma abordagem sistemática que englobe a ética, os princípios da precaução e da dignidade da pessoa humana, bem como o diálogo entre as fontes do Direito como caminho possível para uma regulação mais adequada e sustentável dessa temática.

Para tanto, o presente trabalho está dividido em três seções, que abordam: as nanotecnologias, como espécie das novas tecnologias utilizadas na produção atualmente, em perspectiva histórica e conceitual; os riscos das nanotecnologias para a saúde dos trabalhadores; o princípio da precaução (meio ambiente em geral) associado ao princípio protetor do trabalhador (meio ambiente do trabalho), de modo a garantir a dignidade da pessoa humana do trabalhador; o meio ambiente do trabalho equilibrado e sadio como um direito fundamental do trabalhador; uma proposta sistemática com o fim de harmonizar os avanços científicos e tecnológicos com a saúde e a proteção da pessoa humana do trabalhador fundada na transdisciplinaridade, na ética e no diálogo entre as fontes.

A abordagem utilizará o método sistemático e ela se dará pelo modelo qualitativo, na medida em que se buscará o entendimento do fenômeno em seu próprio contexto. Em função de suas peculiaridades, a pesquisa qualitativa tende a ser menos estruturada, de modo a trabalhar com o que é importante para os indivíduos e os sistemas sociais, políticos, jurídicos e econômicos, utilizando-se, para tanto, da investigação profunda sobre o tema proposto. Dessa forma, a mesma parte de questões ou focos de interesse amplos serão definidos à medida que o estudo se desenvolver.

1. As nanotecnologias em perspectiva histórica e conceitual

O estudo das nanotecnologias em perspectiva histórica e conceitual revela quão fascinante, e ao mesmo tempo inovador, é o trabalho desenvolvido nessa escala tão pequena que passa despercebida pelas pessoas em geral.

Em 29 de dezembro de 1959, quando o físico norte-americano Richard Feynman apresentou palestra intitulada “Há muito espaço lá embaixo”, tudo parecia ser ficção. Feynmann (1959) mencionou que gostaria de explicar uma área onde pouca coisa tinha sido feita e que pretendia referir-se ao problema da manipulação e controle de coisas em pequena escala. Então, questionou: por que não escrever todos os 24 volumes da Enciclopédia Britânica na cabeça de um alfinete? A cabeça de um alfinete tem uma dimensão linear de 1/16 de polegada. Basta ampliar em 25 mil diâmetros a área da cabeça do alfinete que ela será equivalente às páginas da Enciclopédia Britânica. Era preciso, pois, reduzir o tamanho de tudo que estava na enciclopédia 25 mil vezes. Note-se que Feynmann (1959) não usava, ainda, o termo “nanotecnologia”, que apareceria no

contexto científico apenas 15 anos depois daquela palestra. Criado pelo professor Norio Taniguchi da Universidade de Ciências de Tóquio, passou a ser utilizado para designar as manipulações nessa escala inferior ao microscópico.

O termo “nanotecnologia” compõe-se do radicais gregos *nános*, que significa “anão”, *techne*, que equivale a “ofício”, e *logos*, que expressa “conhecimento”. Um nanômetro equivale a um milionésimo de milímetro, medida tão pequena que são necessários cerca de 400.000 átomos amontoados para atingir a espessura de um fio de cabelo.

Essa tecnologia corresponde à investigação e ao desenvolvimento tecnológico em nível atômico, molecular ou macromolecular, utilizando uma escala de comprimento de um a cem nanômetros em qualquer dimensão; a criação e a utilização de estruturas, dispositivos e sistemas que têm novas propriedades e funções por causa de seu tamanho reduzido; e a capacidade de controlar ou manipular a matéria em escala atômica (Environmental Protection Agency, 2007).

Note-se que não se trata de uma tecnologia única, mas um agrupamento multidisciplinar de física, química, engenharia biológica, materiais, aplicações e conceitos em que tamanho é a definição característica (SHULTE; SALAMANCA-BUENTELLO, 2007). Com isso, utilizar o termo no plural (“nanotecnologias”) expressa de maneira mais completa essa tecnologia. Nesse sentido, as nanotecnologias podem ser conceituadas como um conjunto de ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação, obtidas em função das especiais propriedades da matéria organizada a partir de estruturas de dimensões nanométricas.

Existem muitas controvérsias acerca das medidas que devem ser consideradas para a categorização de um produto ou processo trabalhado em nanoescala. Adota-se aqui a definição desenvolvida pelo ISO TC 229 (International Organization for Standardization), em que se verificam duas características fundamentais: a) produtos ou processos que estejam tipicamente, mas não exclusivamente, abaixo de 100nm (cem nanômetros); b) nessa escala, as propriedades físico-químicas são diferentes dos produtos ou processos em escalas maiores.

São exemplos de utilizações das nanotecnologias: memórias *flash* e *leds* luminosos, aditivos alimentares e defensivos agrícolas, válvulas cardíacas e implantes ortopédicos, tecidos que não sujam e não molham, cremes e pomadas com nanocápsulas contendo a substância cosmética (a qual penetrará mais fundo e atuará mais rápido na pele), protetores solares, pó bactericida, tintas e vernizes com aplicação mais fácil e mais resistentes a bolhas e rachaduras, massa para assentamento de tijolos ou blocos na construção de paredes, células para energia solar e hidrogênio combustível para produção e estocagem de energia de fontes limpas, no-

vas baterias, películas comestíveis para revestimento de frutas e de legumes (usadas para retardar seu amadurecimento e aumentar seu tempo nas prateleiras), polímeros nanoestruturados e semicondutores usados como sensores gustativos e olfativos para reconhecimento de padrões de sabor em líquidos como café, vinho e água (JARDIM, 2009).

Entre as maiores áreas de aplicação e ampliação do uso das nanotecnologias estão os setores farmacêuticos e de cosméticos. Com o desenvolvimento de novos materiais biocompatíveis, tem-se a “nanobiotecnologia”, considerada uma disciplina revolucionária dado seu enorme potencial na solução de muitos problemas relacionados à saúde (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2010).

2. Dos riscos das nanotecnologias no meio ambiente do trabalho

Não obstante os avanços tecnológicos proporcionados por essa nova tecnologia, tendo em vista que são muito pequenas (medindo menos de um centésimo de bilionésimo de metro), as nanopartículas são regidas por leis físicas muito diferentes daquelas com as quais a ciência está acostumada.

O tamanho da partícula (nanopartícula) é uma questão muito importante, uma vez que implica impactos que estes processos ou produtos nanotecnológicos têm no meio ambiente, na saúde humana e na sociedade como um todo (MARTINS, 2009). Existem probabilidades de que as nanopartículas apresentem grau de toxicidade maior do que as partículas em tamanhos normais e podem ameaçar a saúde e a segurança de pesquisadores, trabalhadores e consumidores.

As propostas latino-americanas em nanotecnologias apresentam três falhas principais: não chamam a sociedade a participar dos debates e decisões; não realizam estudos sobre riscos à saúde e ao meio ambiente nem sobre implicações éticas; e não consideram os possíveis impactos socioeconômicos (FOLADORI; INVERNIZZI, s.d.).

A realidade atual das nanotecnologias caracteriza-se muito mais pelas incertezas do que pelas respostas certas (BUZBY, 2010). Ainda se sabe muito pouco acerca dos possíveis riscos e impactos à saúde humana e ambiental (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2010, p. 40) e, para a avaliação desses aspectos, é necessário desenvolver pesquisas com o objetivo de identificar: “(i) suas propriedades físico-químicas; (ii) seu potencial de degradação e de acumulação no meio ambiente; (iii) sua toxicidade ambiental; e (iv) sua to-

xicidade com relação aos mamíferos” (ABDI, 2010, p. 41).

Como uma área científica emergente, os nanomateriais têm várias características inerentes (incerteza, falta de conhecimento e efeitos adversos potencialmente irreversíveis à saúde em longo prazo), susceptíveis de gerar preocupação, desconfiança ou medo (EU-OSHA, 2012).

As nanotecnologias não estão sendo avaliadas quanto aos riscos para os trabalhadores que manipulam os produtos elaborados com elas (FOLADORI; INVERNIZZI, s. d.).

Em 2010, a Organização Internacional do Trabalho publicou o “Relatório Riscos Emergentes e Novos Modelos de Prevenção em um Mundo do Trabalho em Transformação”, no qual se reconhece que riscos novos e emergentes do trabalho podem ser provocados pela inovação técnica. Também menciona que, em 2020, aproximadamente 20% de todos os produtos manufaturados no mundo se basearão, em certa medida, na utilização da nanotecnologia. Refere-se ainda aos riscos associados com a fabricação e a utilização de nanomateriais consideravelmente desconhecidos, de modo que é provável que os trabalhadores estarão entre os primeiros a experimentar altas taxas de exposição (International Labour Organization, 2010).

As nanotecnologias são, presentemente, uma das prioridades da investigação realizada na União Europeia no domínio da segurança e saúde no trabalho. Os poucos dados existentes sugerem que os empregadores deverão adotar uma abordagem preventiva sempre que a exposição às nanopartículas puder ocorrer (OSHA).

Nos Estados Unidos, o Instituto Nacional para Segurança e Saúde Ocupacional (NIOSH) vem conduzindo pesquisas acerca de nanotecnologias, e em 2008 recomendou que os

empregadores devam tomar medidas para reduzir a exposição dos trabalhadores ao mínimo possível, até que fossem conhecidas maiores informações (NIOSH, 2008). Em 2009, o NIOSH e o Centro de Controle de Doenças editaram o “Guia Provisório de Orientação para o Exame Médico e de Fiscalização do Perigo para os Trabalhadores potencialmente expostos a nanopartículas”, no qual constam as mesmas recomendações, incluindo-se a continuação *in vivo* e *in vitro* de investigações toxicológicas para identificar possíveis riscos à saúde relacionados à exposição ocupacional a nanopartículas (NIOSH, 2009).

Os testes toxicológicos disponíveis hoje no Brasil não são suficientes para avaliar as consequências das nanopartículas tanto no meio ambiente quanto no corpo humano. A preocupação também deve estar voltada para o descarte desses produtos, especialmente no que se refere ao processo de bioacumulação. Nesses casos, os contaminantes estão presentes no solo, na água, no ar e nos alimentos, o que faz com que sejam absorvidos de diferentes formas pelo homem e por outros animais, mas sempre se acumulando no organismo. O conhecimento atual não fornece uma estratégia de vigilância médica baseada em evidências para trabalhadores expostos a nanopartículas (VIEGAS, 2008).

É preciso que sejam desenvolvidas, paralelamente às pesquisas que já vêm ocorrendo, avaliações dos efeitos, em longo prazo, dos nanomateriais sobre a saúde dos seres humanos e do meio ambiente (ENGELMANN; FLORES; ELY, 2010).

Diversas indagações surgem relativamente às nanotecnologias que assolam o meio ambiente do trabalho. Qual é a toxicidade desses materiais, que apresentam características tão diferentes quando em nano escala? Quais são os métodos apropriados para testes de toxici-

dade? Quais os impactos para a saúde daqueles que eventualmente manipularão uma nanopartícula? Qual a extensão da translocação dessas partículas no organismo? Qual o efeito dos produtos e seus dejetos em contato com o meio ambiente? Quais testes devem ser efetuados para a avaliação da saúde de quem manipula estes materiais? Os atuais equipamentos de proteção individual e coletiva são suficientes? Existem níveis seguros de exposição? Como fazer, de modo seguro, o manuseio, transporte, armazenamento e descarte dos nanomateriais?

O atual estado de conhecimento das características das substâncias em tamanho maior não se aplica da mesma forma em relação aos mesmos elementos em tamanho nano, pois nele as propriedades dos elementos são diferentes, o que pode provocar consequências não pretendidas e desconhecidas quando em contato tanto com o meio ambiente quanto com o organismo humano.

A ausência de estudos sobre a interação da aplicação das nanotecnologias com o meio ambiente (ar, água e solo) expõe a possibilidade de ocorrência de riscos ambientais e também riscos em relação aos seres humanos. Alguns testes com animais demonstraram danos cerebrais, relacionados à coagulação sanguínea, danos em trato respiratório e também alterações na embriogênese (GRUPO ETC, 2005).

Em estudo realizado com peixes *Cyprinus carpio* (*Cyprinidae*), no âmbito do projeto de pesquisa intitulado “Nanotoxicologia ocupacional e ambiental: subsídios científicos para estabelecer marcos regulatórios e avaliação de riscos” (MCTI/CNPq, processo 55.2131/2011-3), que faz parte do projeto “A rede de nanotoxicologia brasileira” (o que demonstra uma preocupação, ainda que incipiente, com a constatação de riscos), há a comprovação de evidências de que os nanotubos de carbono são potencialmente perigosos em ambientes

aquáticos, e que o mecanismo de toxicidade é complexo e insuficientemente compreendido até o momento (BRITTO, 2012). Outro estudo relacionado ao mencionado projeto mostra possíveis efeitos tóxicos no cérebro (neurotoxicidade) dos peixes *Zebrafish* (*Danio rerio*) expostos aos nanotubos de carbono (OGLIARI DAL FORNO, 2013).

Desenvolver métodos de pesquisa e testes alternativos aos riscos dos nanomateriais para o meio ambiente e a saúde é dispendioso em termos de valores e de tempo; no entanto, em virtude da infinidade de aplicações da nanotecnologia, as propriedades expressas, vias de exposição, e os meios de eliminação, é necessária a avaliação de materiais específicos e seus padrões de uso de risco caso a caso (PORTER et al., 2012, p. 385). As novas e diferentes propriedades físicas, químicas e biológicas dos nanomateriais tornam necessária uma avaliação mais específica, aplicada ao caso concreto.

As decisões relacionadas com a aplicação de tecnologias de consequências imprevisíveis refletem a complexidade do tema e justificam um conceito de sociedade baseada no risco (ENGELMANN; FLORES; WEYERMÜLLER, 2010, p. 137-138).

Sociedade de risco é um conceito desenvolvido por Ulrich Beck (BECK, 1992, p. 34-38), segundo o qual a produção social da riqueza é acompanhada por uma produção social de risco; de outro modo: uma das consequências da evolução e desenvolvimento da sociedade é a sua sujeição a riscos. A sociedade de risco é ainda a sociedade industrial com o acréscimo de ciência e tecnologia avançadas. A constituição dessa sociedade de risco gera a produção e distribuição de novas espécies de riscos (BECK, 1992, p. 34-38). São riscos invisíveis, imprevisíveis com os quais os instrumentos de controle falham e são incapazes de prevêê-los (LEITE; AYALA, 2004, p. 11-12).

Em relação aos riscos que surgem dessa nova sociedade e sua relação com as novas tecnologias, Delton Winter de Carvalho (2007a, p. 71-90) adverte que

essas atividades e produtos, decorrentes de uma ciência pós-industrial, apresentam-se como elementos de uma explosão evolutiva da ciência que, no entanto, não foi acompanhada por uma compreensão segura (científica) acerca das conseqüências nocivas de sua utilização massificada. Assim, a incerteza científica que recai sobre as relações de causa e conseqüência é a marca das novas tecnologias na Sociedade Contemporânea.

Atualmente podem ser observados dois tipos de risco: os concretos (característicos da sociedade industrial) e os invisíveis ou abstratos, inerentes à sociedade de risco. Uma das principais características da sociedade de risco é a distribuição dos riscos de uma nova forma, capaz de atingir todas as classes sociais, sem discriminação.

Os riscos concretos são riscos calculáveis, caracterizados por uma possibilidade de análise de risco determinística passível de uma avaliação científica segura das causas e conseqüências de determinada atividade. São conseqüências nocivas de uma determinada atividade ou técnica, cujo conjunto de causalidades é provável e calculável pelo conhecimento científico vigente (CARVALHO, 2007a, p. 71-90).

Os riscos invisíveis ou abstratos, inerentes à sociedade de risco, entre os quais os ambientais, apresentam as seguintes características: invisibilidade, globalidade e transtemporalidade.

A gestão de riscos abstratos está diretamente ligada a uma metodologia transdisciplinar e é a partir desta metodologia que o princípio da precaução deve ser capaz de avaliar a probabilidade de ocorrência dos riscos abstratos, sua provável magnitude e irreversibilidade (CARVALHO, 2007a, p. 71-90).

3. Do princípio da precaução (meio ambiente em geral) ao princípio protetor do trabalhador (meio ambiente do trabalho) visando a garantir a dignidade da pessoa humana do trabalhador

Os instrumentos fundamentais para uma eficiente organização dos processos de gestão de risco ambiental nas sociedades contemporâneas – aqui compreendidos os riscos ao meio ambiente em geral e ao meio ambiente do trabalho – são a participação, o desenvolvimento do significado jurídico da precaução e a proteção do direito à informação ambiental de qualidade (AYALA, 2011).

O princípio da precaução no manuseio, síntese e incorporação de nanomateriais em novos produtos e dispositivos deve sempre ser considerado e ponderado de forma a garantir a saúde do trabalhador no sentido amplo em conjunto com o desenvolvimento tecnológico (LENZ E SILVA, 2008, p. 22).

O princípio da precaução é o mais importante em matéria ambiental (aqui compreendido o meio ambiente do trabalho). Ele exerce as funções informadora (inspiradora das normas sobre a matéria), integradora (como fonte supletiva para as lacunas ou omissões da lei) e interpretativa (como critério orientador para os intérpretes e aplicadores das normas jurídicas positivadas). É também o mais adequado para ser aplicado nos casos concretos referentes à nanotecnologia e deve atuar em conjunto com os princípios da informação (MENEGAZZI, 2011, p. 120) e da participação, como pressupostos para a implementação do princípio da precaução.

A precaução estabelece um padrão de prova menos exigente, mais amplo e orientado contextualmente para a gravidade de risco (CARVALHO, 2011, p. 49). É em nome do

princípio da precaução que se pode, por exemplo, no caso das nanotecnologias, estabelecer que sejam efetuados estudos prolongados no tempo, para que sejam produzidos dados mais confiáveis acerca dos riscos e efeitos. As pesquisas sobre os impactos das nanopartículas no meio ambiente estão apenas no início. É o caso de se aplicar o princípio da precaução e exigir que sejam desenvolvidas de forma concomitante pesquisas que considerem as inovações tecnológicas advindas da nanotecnologia e as pesquisas toxicológicas devido ao uso e à disposição dessas nanopartículas nos ecossistemas naturais (Martins, 2009, p. 295).

O princípio da precaução é considerado pela doutrina de Direito Ambiental como o “princípio fundante e primário da proteção dos interesses das futuras gerações”, que torna imperativo adotar “medidas preventivas e justifica a aplicação de outros princípios, como o da responsabilização e da utilização das melhores tecnologias disponíveis” (CANOTILHO; LEITE, 2008, p. 6-9).

Há duas formas básicas de abordar o princípio da precaução, segundo Stebbing (STEBBING, 2009, p. 42-43). A primeira requer inação frente a ações que podem representar riscos (parte-se da premissa de primeiro não fazer o mal); e a segunda, ativa (SUDARENKOY, 2013), significa que se deve fazer mais e não menos, aplicando os esforços apropriados para mitigar os riscos, por meio da escolha de alternativas com menores riscos. Essa forma ativa incorpora seis componentes: i) ações de prevenção que devem ser tomadas antes da certeza científica entre causa e efeito; ii) definição de objetivos; iii) procura e avaliação de alternativas; iv) os proponentes das novas tecnologias devem arcar com as responsabilidades financeiras e as provas de segurança dos novos materiais; v) o dever de monitorar, compreender, investigar, informar e agir; e vi) o fomento

de desenvolvimento completo de métodos e critérios de decisão mais democráticos.

A esse respeito, Engelmann, Flores e Weyermüller advertem que (ENGELMANN; FLORES; WEYERMÜLLER, 2010, p. 208):

Na análise das nanotecnologias, no ponto mais elevado da pirâmide estará o princípio da precaução, *in dubium pro ambiente*. A aplicação da norma ao caso concreto só será válida na medida em que valorizar os direitos naturais-humanos-fundamentais básicos, entendendo-se um exame hermenêutico focado na sustentabilidade do meio ambiente equacionado com desenvolvimento econômico. A tarefa não é das mais fáceis, mas o círculo hermenêutico – onde a pré-compreensão, a interpretação e a aplicação se encontram de modo unificado e não partilhado – deverá orientar-se a partir de um sistema ambiental atribuído, pela Constituição da República de 1988.

Assim, apesar das incertezas sobre as consequências de determinadas atividades, o Direito não pode abster-se de tutelar os interesses das futuras gerações em relação às qualidades ambientais necessárias a uma existência digna, sob pena de negar a sua função de construção de um futuro desejado (CARVALHO, 2007b, p. 7).

Quando, sem uma base científica sólida, se exigem do Direito decisões juridicamente vinculativas em condições de grande incerteza, ou seja, decisões de sim ou não sobre atividades, produtos, substâncias ou técnicas, os juristas devem agir com prudência e um especial bom-senso na aplicação das medidas evitatórias (ARAGÃO, 2008, p. 35).

O Direito como ciência precisa abrir espaços para discussões em torno de novas formas de sociabilidade, por meio da criação de instrumentos jurídicos que busquem trazer à baila medidas de gerenciamento preventivo do risco, baseado nos princípios da preven-

ção, da precaução, da responsabilização e da solidariedade (LEITE; BELCHIOR, 2012, p. 13-54). E é nesta linha que também deve ser considerada a gestão de riscos no meio ambiente do trabalho, como parte da ampla noção de meio ambiente.

O princípio da precaução é um forte aliado na busca da efetivação do direito à saúde e ao meio ambiente adequado, impondo-se a utilização desse princípio dada a falta de legislação específica, de modo que se preserve a integridade da saúde dos envolvidos e do meio ambiente, para garantir a efetivação do princípio da dignidade da pessoa humana.

Além disso, ao tratar do microambiente do trabalho, precisa-se dar atenção a compreensão e aplicação ao mais característico dos princípios que informam o Direito do Trabalho: o princípio da proteção, também chamado de princípio protetivo e princípio tutelar, considerado megaprincípio ou princípio *mater* (PLÁ RODRIGUEZ, 2000, p. 61; DELGADO, 2010, p. 73; MARTINS, 2008, p. 61).

O princípio da proteção visa a garantir ao trabalhador hipossuficiente (subordinado e assalariado – mais conhecido como empregado) uma proteção jurídica mínima (SUSSEKIND, 2002, p. 146), tendo em vista que é ele quem presta o trabalho e tal prestação realiza-se em situação de inferioridade (econômica, hierárquica, entre outras) em relação ao empregador.

Vale aqui a lembrança de José Augusto Rodrigues Pinto [2003] de que o trabalho é um “valor básico da vida humana” e a advertência de que vivemos uma profunda reafirmação da centralidade do trabalho no Estado Democrático de Direito. De acordo com Daniela Muradas Reis (2012, p. 19):

na sociedade moderna, o trabalho é a condição de sociabilidade; confere identidade, sentido de pertença e participação na sociedade política, o que lhe imprime a máxima relevância ética, jurídica e social, exigindo adequados meios de promoção (direito ao trabalho) e uma rede de regulação jurídica de proteção (direito do trabalho).

Por mais que se procure emprestar um caráter protetivo a esse ramo do Direito, não se deve esquecer que se vive em um sistema econômico capitalista. Essa ressalva é feita para que não se tenha a ingênua ilusão de que o Direito do Trabalho serviria como panaceia para os males decorrentes dos conflitos entre trabalho e capital. Na verdade, seus limites são bem definidos, e seu papel está adstrito a determinada realidade sem, contudo, ter força suficiente para revolucioná-la, o que, dentro dessa lógica, se mostra impossível (COIMBRA; ARAÚJO, 2014, p. 144).

As normas jurídicas caracterizadoras da intervenção indireta do Estado na economia procuram alterar a realidade por meio de estímulos

econômicos ou sanções aos agentes econômicos, a fim de atingir determinado fim. No caso do Direito do Trabalho, os objetivos das normas são, entre outros, melhorar a distribuição de renda e coibir os abusos por parte do empregador. Além disso, as normas trabalhistas também visam a melhorar as condições de trabalho e a saúde dos trabalhadores. Podem, também, ser vistas sob a perspectiva das empresas, que teriam maior previsibilidade das condutas e mais segurança nas relações jurídicas, além do fato de que as normas trabalhistas podem homogeneizar a concorrência. Tudo isso converge para o objetivo maior de evitar os conflitos sociais e colaborar para a paz social (COIMBRA; ARAÚJO, 2014, p. 139-140).

Essas premissas são fundamentais ao se pensar nas diversas questões das novas tecnologias e o princípio protetor.

4. O meio ambiente do trabalho equilibrado e sadio como um direito fundamental do trabalhador

O direito à saúde representa uma consequência constitucional indissociável do direito à vida, não se constituindo uma proteção ao trabalhador em si mesmo, mas uma proteção ao cidadão. Conforme esclarece Hesse, entre os direitos fundamentais há uniões sistemáticas, na medida em que podem associar-se numa relação de especialidade, “quando um direito fundamental concretiza as garantias de outro direito fundamental”, relação que o autor define como de “coordenação material” (HESSE, 1998, p. 245). O direito público subjetivo à saúde representa prerrogativa jurídica indisponível assegurada à generalidade das pessoas pela própria Constituição Federal – CF (art. 196).

Não obstante, dentro das condições específicas da prestação de trabalho, a condição

de trabalhador enseja um tratamento jurídico especial, mais detalhado do que a proteção jurídica dada a qualquer cidadão. Proteger a vida, a saúde e dignidade são ideais perseguidos de modo geral para toda a cidadania, mas adquirem matiz especial no caso do trabalho, em função das condições de risco em que se encontram determinadas atividades laborais. Por essa razão, o tema da saúde do trabalhador foi elevado ao nível constitucional no Brasil (ARAÚJO, 2010, p. 7), tanto no que diz respeito às proteções aos riscos inerentes ao trabalho quanto à seguridade social e às indenizações decorrentes de acidentes de trabalho e doenças profissionais (art. 7º, XXII e XXVIII da CF).

Essa matéria ganha importância quando relacionada aos efeitos das novas tecnologias presentes na sociedade de risco, pois muitos dos supostos efeitos são ainda desconhecidos. Igualmente, quando dispõe que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado” (art. 225), a CF está se referindo ao meio ambiente em sentido amplo, contemplando a proteção do ambiente de trabalho, no qual o homem normalmente passa a maior parte de sua vida produtiva (PADILHA, 2002, p. 32).

Reconhecendo a importância e as peculiaridades do meio ambiente do trabalho, a CF (art. 200, VIII) estabelece que uma das atribuições do sistema único de saúde consiste em “colaborar na proteção do ambiente, nele compreendido o do trabalho” (SILVA, 2000, p. 23).

Trata-se de matéria de alta complexidade, que se relaciona com outros âmbitos do conhecimento, além das normas jurídicas, exigindo um diálogo transdisciplinar com noções de Medicina e Segurança do Trabalho, de Economia do Trabalho e de Sociologia do Trabalho.

O ordenamento jurídico brasileiro evoluiu muito no que diz respeito à proteção à saúde do trabalhador. De um sistema exclusivamente

privatista – no início do séc. XX – chegou-se a um sistema misto com normas de obrigação pública e de obrigação privada, que dão uma razoável proteção a benefícios de natureza previdenciária e indenizações civis pela perda da capacidade laboral. Por outro lado, as normas regulamentadoras do Poder Executivo, exercendo competência derivada da lei, atuam fortemente na prevenção de acidentes e na criação de uma consciência de meio ambiente de trabalho. Assim, a preocupação com a saúde dos trabalhadores deixou de ser assunto exclusivamente privado, discutido apenas entre empresas e trabalhadores, para também ser uma questão de interesse coletivo, por meio da intervenção do Estado, que, pela via legislativa, tutela o trabalho e a saúde dos trabalhadores de forma específica, conforme ressalta Francisco Rossal de Araújo (ARAÚJO, 2010, p. 12).

De acordo com Norma Sueli Padilha, houve uma mudança de perspectiva normativa: da proteção da saúde do trabalhador (com a afirmação do Constitucionalismo Social, a partir da Constituição Mexicana de 1917) para a proteção do meio ambiente do trabalho, principalmente em decorrência da influência exercida pelas Convenções e Recomendações da Organização Internacional do Trabalho (OIT) que tratam da segurança e da saúde do trabalhador (PADILHA, 2014, p. 507). Destaque-se o avanço marcante dado pela Convenção nº 155 da OIT, que se refere especificamente à segurança e à saúde dos trabalhadores no ambiente de trabalho; aprovada em Genebra em 22/6/1981, foi ratificada pelo Brasil em 18/05/1992 e promulgada por meio do Decreto nº 1.254/1994 (SUSSEKIND, 2002).

A saúde é considerada um direito fundamental no Brasil, previsto na CF (art. 6º), fruto de uma longa luta e ampliação de consciência, que desemboca no surgimento do moderno Estado constitucional (SARLET, 2011a, p. 36-37; ZAGREBELSKY, 2007, p. 17-18).

Segundo uma concepção amplamente consagrada, os direitos fundamentais expressam uma ordem de valores objetivada na e pela Constituição (explícita ou implicitamente). Determinado direito é fundamental “não apenas pela relevância do bem jurídico tutelada em si mesma (por mais importante que o seja), mas pela relevância daquele bem jurídico na perspectiva das opções do Constituinte, acompanhada da atribuição da hierarquia normativa correspondente e do regime jurídico-constitucional assegurado pelo Constituinte às normas de direitos fundamentais”, conforme explica Sarlet (SARLET, 2011a, p. 36-37). Por essa razão, um direito pode ser fundamental em um país e não ser em outro. Todavia, isso não significa dizer que seja possível reduzir a noção de direitos fundamentais a um conceito meramente formalista ou mesmo nominal, como sendo apenas os direitos expressamente con-

sagrados como tais, o que leva ao tema da abertura material do catálogo de direitos fundamentais no direito constitucional positivo brasileiro.

Da norma contida no § 2º do art. 5º da CF – seguindo a tradição do nosso direito constitucional republicano, desde a Constituição de fevereiro de 1891 –, pode-se extrair o entendimento de que, “para além do conceito formal de Constituição (e de direitos fundamentais), há um conceito material, no sentido de existirem direitos que, por seu conteúdo, por sua substância, pertencem ao corpo fundamental da Constituição de um Estado, mesmo não constando no catálogo” (SARLET, 2011b, p. 76; CANOTILHO, 1991, p. 539).

De acordo com Sarlet (2014, p. 20-28), todos os direitos dos trabalhadores, expressa ou implicitamente positivados no texto constitucional, são direitos fundamentais.

O direito do trabalhador ao meio ambiente do trabalho equilibrado e sadio está no catálogo de direitos e liberdades positivadas que compõem o conjunto de direitos fundamentais na CF, tanto no que diz respeito ao seu aspecto individualista – o direito à vida e à integridade física da pessoa humana do trabalhador (art. 5º), que constituem direitos fundamentais de primeira e segunda dimensões – quanto ao seu aspecto social, coletivo, transindividual (direito à saúde e ao meio ambiente de trabalho sadio) que são direitos fundamentais de terceira dimensão (COIMBRA, 2011, p. 64-94). Além disso, a título de reparação, o sistema constitucional brasileiro (CF, art. 7º, XXVIII) oferece um sistema duplo, constituído de benefícios previdenciários (aposentadoria, pensões e auxílio-acidente) e indenizações civis (responsabilidade civil do empregador) (SANTOS, 2010, p. 81).

Os direitos e os deveres fundamentais vinculam-se ao que passou a ser denominado de perspectiva ou dimensão objetiva dos direitos fundamentais (ainda que essa vinculação não seja exclusiva), a qual os considera não apenas sob o ponto de vista do indivíduo e sua posição perante o Estado (perspectiva subjetiva), mas também valoriza o ponto de vista da sociedade (perspectiva objetiva), quando se tratar de valores e fins que ultrapassem a esfera do indivíduo tanto em direitos como em deveres (SARLET, 2011, p. 141), como no caso estudado no presente trabalho.

Quanto ao aspecto transindividual difuso do meio ambiente do trabalho, propõe-se o seu estudo sob a perspectiva objetiva dos direitos e deveres fundamentais, a fim de dar maior efetividade a essa classe de direitos de tamanha repercussão para a sociedade (COIMBRA, 2013, p. 117-138).

Os riscos gerados pelas novas tecnologias no meio ambiente do trabalho podem impactar também direitos e deveres com objetos difusos, conquanto a maior parte dos casos ocorridos nas relações de trabalho,

num primeiro momento, pareça envolver direitos coletivos *stricto sensu*, pois geralmente está no contrato de emprego a relação jurídica base entre empregados e empregadores (COIMBRA, 2015, p. 69-70).

Além de ter elevado o direito à saúde do trabalhador à condição de direito fundamental por disposição expressa da Constituição, o Brasil também o considera como direito humano, por ser signatário das principais Convenções da OIT sobre o tema (Convenções: 102, 113, 115, 119, 120, 124, 127, 134, 136, 139, 148, 152, 155, 159, 161, 163 e 182).

Os direitos sociais, e expressamente o direito à saúde e os direitos dos trabalhadores, de acordo com Sarlet (SARLET, 2011, p. 19), são direitos fundamentais constitucionalmente assegurados e direitos humanos pelo seu forte vínculo (pelo menos em boa parte dos casos) com a dignidade da pessoa humana (ALVARENGA, 2009, p. 43, 172; PADILHA, 2014, p. 517-524) e o correlato direito (e garantia) a um mínimo existencial, contendo titularidade individual e coletiva (assim como difusa) em relação de coexistência e complementariedade.

Cabe observar que essa matéria não é pacífica na doutrina. Vicente de Paulo Barreto (BARRETO, 2013, p. 66-68) sustenta que os direitos humanos têm a ver com a defesa da liberdade do indivíduo contra as arbitrariedades do poder do Estado e que a dignidade humana se situa noutro plano epistemológico, tendo por essência a humanidade: “A dignidade humana se situa no cerne da luta contra o risco de desumanização, consequência do desenvolvimento desmesurado da tecnociência e do mercado. O inimigo não é mais unicamente e exclusivamente o poder do estado, mas também o próprio produto do conhecimento humano e do sistema produtivo”. A partir disso, conclui que “a dignidade humana encontra-se fora da esfera dos direitos humanos”.

A regra que dispõe sobre a proteção dos riscos inerentes ao trabalho tem caráter prospectivo (CF, art. 7º, XXII), pois é um comando para o legislador futuro observar em termos de desenvolvimento normativo (BRANDÃO, 2010, p. 24-29). Ainda que puramente programática ou prospectiva, uma norma constitucional sempre é dotada de um mínimo de eficácia. Assim, a palavra “risco” pode ser interpretada como a adoção de uma postura mais objetiva em relação às consequências dos acidentes de trabalho. Senão, o legislador constituinte poderia ter redigido “proteção contra os danos inerentes ao trabalho”, e não “proteção contra os riscos inerentes ao trabalho”. Essa outra interpretação tem sido utilizada para confrontar a teoria objetiva da reparação do dano com a teoria subjetiva, calcada no art. 7º, XXVIII, da CF (ARAÚJO, 2010, p. 14).

Sublinhe-se que a redução dos riscos inerentes ao trabalho prevista na Constituição preconiza não somente a redução quantitativa dos riscos, mas a eliminação dos agentes nocivos, explicitando um princípio de proteção à saúde do trabalhador, representando a concretização do princípio constitucional da dignidade da pessoa humana de modo a evitar a sua degradação (BRANDÃO, 2010, p. 24-29).

Nesse sentido, sendo fundamental o direito do trabalhador à saúde e a meio do ambiente de trabalho equilibrado, é preciso que esse direito seja efetivado de forma mais ampla. A reparação dos danos ao trabalhador e a punição das empresas é apenas um meio de cumprir o comando da norma constitucional, mas não é o melhor. Políticas públicas preventivas contra riscos no ambiente de trabalho são muito mais eficazes. Não basta a criação de normas ou de teorias que visem a reparar os danos causados ao trabalhador, o melhor é que tais danos não ocorram (ARAÚJO, 2010, p. 31).

Note-se que os processos de globalização têm gerado uma nova ordem econômica mundial e a consequente necessidade de reestruturação global e do papel do Direito do Trabalho na sociedade hipercomplexa em que vivemos. É preciso pensar em novos tipos de observação sobre direitos emanados das organizações internacionais e das comunidades internacionais, pois elas produzem, com autonomia e lógica próprias, normas em paralelo às tradicionalmente produzidas pelo Estado. Para isso, é fundamental a participação mais ativa da OIT e de todas as instituições nacionais que atuam nas relações do meio ambiente do trabalho (COIMBRA, 2014, p. 183-204).

A problemática ganha complexidade e gera muitas incertezas no âmbito das novas tecnologias, notadamente para os trabalhadores que já estão em contato com tecnologias potencialmente prejudiciais a sua saúde, sobre cuja gravidade ainda não há clareza. Cabe ao Direito, juntamente com as outras ciências, regular essas questões da maneira mais adequada possível.

Nesse contexto, o meio ambiente do trabalho de um lado constitui-se em parte do meio ambiente em sentido amplo e como tal recebe a incidência de princípios e regras de Direito Ambiental relativamente à proteção do trabalhador contra qualquer forma de degradação do ambiente onde exerce sua atividade laborativa (PADILHA, 2014, p. 517); de outro lado, recebe a incidência dos princípios e regras de Direito do Trabalho nas relações havidas entre empregado e empregador, como sujeitos do contrato de emprego.

Note-se que, além de ser regido pelas normas gerais ambientais, pois parte do meio ambiente “*lato sensu*”, quanto ao meio ambiente do trabalho se devem observar os princípios e regras do Direito do Trabalho.

5. Transdisciplinaridade, ética e diálogo entre as fontes do Direito

Para os desafios surgidos em função do uso e aplicação das novas tecnologias, as respostas terão de originar-se nas diferentes áreas do conhecimento, num modelo de transdisciplinaridade em função da realidade vivenciada pelas novas tecnologias.

É preciso que se avance em busca do conhecimento para que as novas tecnologias sejam vetores de desenvolvimento e não de agravos à saúde, sempre dando destaque à necessidade urgente de se discutir a questão dos limites éticos para o uso dessas tecnologias. A revolução científica precisa ser dimensionada adequadamente, pois os resultados positivos e negativos serão suportados pelo ser humano e pelo meio am-

biente. O problema não são as descobertas em si, mas os seus reflexos na vida das pessoas e na estrutura do planeta (ENGELMANN, 2010a, p. 249-265).

Os riscos inerentes à introdução de novas tecnologias exigem um diálogo constante com a sociedade, devendo existir acordos sobre princípios éticos em relação à dignidade humana, à autonomia, à obrigação de fazer o bem. A tecnologia deve ser utilizada para a promoção do bem-estar social (DIEESE, 2008).

A identificação de questões éticas envolvidas é importante, particularmente para empregadores, empregados, investidores e autoridades de saúde, uma vez que o sentido e a meta da segurança ocupacional e de saúde é a prevenção de doenças para os trabalhadores (SHULTE; SALAMANCA-BUENTELLO, 2007).

Urge que a ética esteja presente na política, na indústria, no comércio, na administração, no esporte, na ciência, na economia, na comunicação, na religião, em outros setores (DELGADO, 2004, p. 164-176). É necessário incluir uma pauta ética, a fim de orientar a prática da precaução que deverá mediar a tensão existente entre as visões positivas e as ações precaucionais (THRONE-HOLST; STO, 2008, p. 99-112). Será necessário um paradigma ético, como um fio condutor que perpassará a construção da prática da inovação, com uma ética que siga padrões de razoabilidade, prática, preocupada com a ação humana e com o meio ambiente (ENGELMANN, 2010b).

A linha ético-moral que deve guiar os cientistas no desenvolvimento das pesquisas é a preocupação não apenas focada no presente – na geração atual –, mas também nas gerações que ainda virão. Deverá respeitar, em primeira e última análise, a dignidade da pessoa humana.

Desse modo, com base na proteção à dignidade humana, vetor da nossa Constituição,

merece atenção especial o diálogo entre as fontes do Direito, como uma possível alternativa para a tomada de decisões acerca de riscos decorrentes das novas tecnologias. Sob esse prisma, podem-se conjugar contribuições das fontes para a adequada resolução do caso concreto, movimentando-se horizontalmente, com passagem obrigatória pelo centro, onde está a CF (ENGELMANN, 2011, p. 339-363).

Assim, em face do desafio de criar formas de operacionalizar a aplicação do princípio da precaução frente aos riscos das novas tecnologias, e sempre a obedecer ao preceito constitucional do respeito à dignidade da pessoa humana, o diálogo entre as fontes pode gerar uma resposta adequada para a transdisciplinaridade vivenciada pelas novas tecnologias.

Considerações finais

A realidade atual das novas tecnologias revela muito mais perguntas que respostas, muito mais incertezas que certezas, pois ainda se sabe muito pouco acerca dos possíveis riscos e impactos de longo prazo para a saúde humana e ambiental.

Entre as inúmeras novas tecnologias atualmente utilizadas, o presente trabalho ressaltou as nanotecnologias. Por meio delas, abriu-se a possibilidade de acessar a nanoescala, que corresponde à bilionésima parte do metro. Os riscos nascem justamente a partir do tamanho dessa medida, equivalente à notação científica 10^{-9} , na medida em que as características físico-químicas mudam quando comparadas com a escala macro.

Buscou-se, com este trabalho, destacar a necessidade de o Direito participar dessa efetiva revolução científico-tecnológica, especialmente o Direito do Trabalho, pois o trabalhador tem sido o primeiro a se expor às nano-

partículas. Há diversos estudos sobre nanotoxicologia, a maioria deles ainda autocontraditórios. Um estudo (KRUG, 2014, p. 12.304-12.319), com a análise de mais de 10 mil publicações desde 2000, examinou os aspectos de efeitos na saúde humana ou pontos finais biológicos em animais ou culturas de células de diversos nanomateriais e constatou que o número de estudos publicados sobre o tema da segurança das nanotecnologias (*Nanosafety*) fala por si. Nos últimos 15 anos, tem-se visto um aumento quase exponencial do número de artigos sobre nanotoxicologia (*nanotoxicology*). Antes de 2000, havia cerca de 200 documentos sobre o tema “Nanomateriais: efeitos ambientais e de saúde” e esse número saltou para mais de 10 mil a partir de 2001. A maioria desses estudos, no entanto, não oferece qualquer tipo de indicação clara sobre a segurança dos nanomateriais. Pelo contrário, a maioria deles apresenta contradição ou chega a conclusões completamente errôneas.

Constantemente novos processos e produtos têm sido elaborados com base nas nanotecnologias e algumas empresas têm inclusive referido essa nova tecnologia em seus anúncios publicitários.

Os trabalhadores, entre os quais estão os pesquisadores das novas tecnologias, são os que primeiramente têm contato com elas. Não têm sido avaliados os riscos gerados para os trabalhadores que manipulam os produtos elaborados com nanotecnologia. Além de riscos concretos, típicos da sociedade industrial, há os riscos invisíveis ou abstratos, inerentes à sociedade de risco.

Impõe-se a realização de estudos e pesquisas direcionadas aos riscos causados aos trabalhadores em contato direto com as nanotecnologias, de modo que se possam regulamentar tais atividades em termos de Direito do Trabalho.

A integridade física e mental dos trabalhadores expostos às novas tecnologias somente poderá ser alcançada e implementada com a efetividade do direito a um meio ambiente de trabalho equilibrado e sadio, que concretize em primeira e última instâncias o princípio da dignidade da pessoa humana do trabalhador.

Frente a essa realidade, cabe ao empregador que utilizar essas tecnologias em sua produção considerar o trabalhador que está direta e habitualmente exposto aos riscos potenciais, tomando as medidas necessárias, dentre as conhecidas, para agir sempre sob a égide da precaução.

Além da participação comprometida de empregados e empregadores no desiderato de manter um meio ambiente do trabalho sadio e equilibrado, o Estado precisa intervir de modo adequado e efetivo em termos de conscientização, regulamentação e fiscalização.

O princípio da precaução é o mais importante em matéria ambiental (aqui compreendido o meio ambiente do trabalho) exercendo as fun-

ções informadora (inspiradora das normas sobre a matéria), integradora (como fonte supletiva para as lacunas ou omissões da lei) e interpretativa (como critério orientador para os intérpretes e aplicadores das normas jurídicas positivadas). Esse princípio é forte aliado na busca da efetivação do direito à saúde e ao meio ambiente adequado, impondo-se a sua utilização em face da falta de legislação específica, de modo que se preserve a integridade da saúde dos envolvidos e do meio ambiente a fim de garantir a efetivação do princípio da dignidade da pessoa humana, vetor do nosso sistema jurídico. Ele deve atuar em conjunto com o princípio da informação e o princípio da participação, como pressupostos para sua implementação, visando a garantir a saúde do trabalhador no sentido amplo em conjunto com o desenvolvimento tecnológico, com a aplicação do mais característico dos princípios que informam o Direito do Trabalho: o princípio da proteção do empregado, raiz sociológica desse ramo do Direito.

Assim, por um lado, o meio ambiente do trabalho é parte do meio ambiente em sentido amplo e como tal recebe a incidência de princípios e regras de Direito Ambiental quanto à proteção do ser humano trabalhador contra qualquer forma de degradação do ambiente onde exerce sua atividade laborativa; por outro lado, recebe a incidência dos princípios e regras de Direito do Trabalho concernentes às relações entre o empregado e o empregador como sujeitos do contrato de emprego.

O ordenamento jurídico brasileiro evoluiu muito no que diz respeito à proteção à saúde do trabalhador. De um sistema exclusivamente privatista chegou-se a um sistema misto com normas de obrigação pública e normas de obrigação privada, que dão uma razoável proteção a benefícios de natureza previdenciária e indenizações civis pela perda da capacidade

laboral. Da proteção da saúde do trabalhador, evoluiu-se para a proteção do meio ambiente do trabalho. Todavia, as normas existentes não são adequadas para as novas tecnologias.

O direito do trabalhador ao meio ambiente do trabalho equilibrado e sadio no Brasil é um direito fundamental e humano, pois, além de estar previsto expressamente na CF, no capítulo dos direitos e garantias fundamentais, é reconhecido pelas normas internacionais, destacando-se o avanço marcante dado pela Convenção nº 155 da OIT, especificamente em relação à segurança e à saúde dos trabalhadores no ambiente de trabalho.

Os direitos e os deveres fundamentais vinculam-se ao que passou a ser denominado de perspectiva ou dimensão objetiva dos direitos fundamentais (ainda que essa vinculação não seja exclusiva), que os considera não apenas sob o ponto de vista da pessoa e sua posição perante o Estado (perspectiva subjetiva), mas também valoriza o ponto de vista da sociedade, da comunidade na sua totalidade (perspectiva objetiva), quando se tratar de valores e fins que ultrapassem a esfera do indivíduo tanto em direitos como em deveres, como no caso estudado no presente trabalho. Relativamente ao aspecto transindividual difuso do meio ambiente do trabalho, propõe-se o seu estudo a partir da perspectiva objetiva dos direitos e deveres fundamentais, a fim de dar maior efetividade a essa classe de direitos de tamanha repercussão para a sociedade.

Lança-se uma proposta sistemática visando a harmonizar os avanços científicos e tecnológicos com a preservação do meio ambiente (geral e do trabalho), a saúde e a proteção da pessoa do trabalhador. Essa proposta está alicerçada na transdisciplinariedade, na ética e no diálogo entre as fontes.

É necessário incluir uma pauta ética, a fim de orientar a prática da precaução que deverá

mediar a tensão existente entre as visões positivas e as ações precaucionais. Para os desafios surgidos em função do uso e aplicação das novas tecnologias, as respostas terão de originar-se nas diferentes áreas do conhecimento (transdisciplinaridade), conjugando-se contribuições das mais variadas fontes do Direito para a adequada resolução do caso concreto (diálogo entre as fontes), sempre tendo por guia pelos princípios constitucionais e por vetor do sistema jurídico a dignidade da pessoa humana do trabalhador.

Ao Direito cabe a aproximação e o cruzamento dos direitos fundamentais e humanos com as novas tecnologias. A missão é complexa, desafiadora e urgente.

Sobre os autores

Raquel von Hohendorff é mestre em Direito Privado pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, RS, Brasil; doutoranda na Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, RS, Brasil; advogada em São Leopoldo, RS, Brasil.

E-mail: vetraq@gmail.com

Rodrigo Coimbra é doutor em Direito pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS), Porto Alegre, RS, Brasil; professor de Direito do Trabalho na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil; advogado em Porto Alegre, RS, Brasil.

E-mail: rodrigo.coimbra@terra.com.br

Wilson Engelmann é doutor em Direito Público pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, RS, Brasil; é professor e coordenador do programa de pós-graduação em Direito da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, RS, Brasil.

E-mail: WEngelmann@unisinis.br

Título, resumo e palavras-chave em inglês¹

NANOTECHNOLOGIES, RISKS AND INTERFACE WITH THE RIGHT TO OCCUPATIONAL HEALTH

ABSTRACT: The article links nanotechnologies to the workers' health rights and it provides thoughts about the risks of these technologies. The research is justified because we do not know the possible risks that nanotechnology can generate in the health of workers. The precautionary principle is the most suitable to be applied in each particular case, acting in conjunction with the principle of information and the principle of participation. The working environment is part of the environment in the broad sense, and as such, receives

¹Sem revisão do editor.

the incidence of principles and rules of environmental law regarding the protection of human work and also concern the principles and labor law rules with respect to past relations between employer and employee. The systematic proposal is launched and aimed to harmonizing the nanotechnological advances to the worker's health, based on transdisciplinarity, ethics and dialogue between sources of law.

KEYWORDS: NANOTECHNOLOGIES. RISK. HEALTH. WORKER. PRECAUTION. HUMAN RIGHTS.

Referências

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). *Estudo prospectivo nanotecnologia*. Brasília: ABDI, 2010. p. 219. (Série Cadernos da Indústria ABDI, v. XX).

ALVARENGA, Rúbia Zanotelli de. *O direito do trabalho como dimensão dos direitos humanos*. São Paulo: Ltr, 2009.

ARAGÃO, Alexandra. Princípio da precaução: manual de instruções. *Revista do Centro de Estudos Direito do Ordenamento, do Urbanismo e do Ambiente*, Coimbra, n. 22, ano XI, 2, 2008.

ARAÚJO, Francisco Rossal de. A saúde do trabalhador como direito fundamental (no Brasil). *Justiça do Trabalho*, n. 317, p. 7-32, maio 2010.

AYALA, Patryck de Araújo. Transdisciplinaridade e os novos desafios para a proteção jurídica do meio ambiente nas sociedades de risco: entre direito, ciência e participação. *Revista de Direito Ambiental*, ano 16, n. 61, p. 17-35, jan./mar. 2011.

BARRETTO, Vicente de Paulo. *O fetiche dos direitos humanos e outros temas*. 2. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013.

BECK, Ulrich. *Risk society: towards a new modernity*. London: Sage, 1992.

BRANDÃO, Claudio Mascarenhas. Proteção jurídica à saúde do trabalhador: uma necessária (re)leitura constitucional. *Revista LTr*, São Paulo, v. 74, n. 1, p. 24-29, jan. 2010.

BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 1988.

BRITTO, Roberta Socoowski et al. Effects of carbon nanomaterials fullerene C60 and fullerol C60 (OH)18–22 on gills of fish *Cyprinus carpio* (*Cyprinidae*) exposed to ultraviolet radiation. *Aquatic Toxicology*, v. 114–115, 2012.

BUZBY, Jean C. Nanotechnology for food applications: more questions than answers. *The Journal of Consumer Affairs*, v. 44, n. 3, 2010.

CANOTILHO, José Joaquim Gomes. *Direito constitucional*. Coimbra: Almedina, 5. ed. 1991.

_____; LEITE, José Rubens Morato. *Direito constitucional ambiental brasileiro*. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2008.

CARVALHO, Delton Winter de. As novas tecnologias e os riscos ambientais. In: LEITE, José Rubens Morato; FAGUNDEZ, Paulo Roney Ávila (Org.). *Biossegurança e novas tecnologias na sociedade de risco: aspectos jurídicos, técnicos e sociais*. Florianópolis: Conceito, 2007a.

_____. Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental. *Revista de Direito Ambiental*, ano XII, n. 45, jan./mar. 2007b.

_____. A construção probatória para a declaração jurisdicional da ilicitude dos riscos ambientais. *Revista da AJURIS*, ano XXXVIII, n. 123, set. 2011.

COIMBRA, Rodrigo. Os direitos transindividuais como direitos fundamentais de terceira dimensão e alguns desdobramentos. *Direitos Fundamentais e Justiça*, Porto Alegre, v. 5, n. 16, p. 64-94, jul./set. 2011.

_____. Direitos e deveres com objeto difuso a partir da perspectiva objetiva dos direitos fundamentais. *Revista de Direito Ambiental*, São Paulo, p. 117-138, jul./set. 2013.

_____. Reflexões sobre a baixa efetividade dos direitos e deveres trabalhistas estabelecidos pelas comunidades e organizações internacionais. *Revista de Direito Constitucional e Internacional*, São Paulo, n. 86, p. 183-204, jan./mar. 2014.

_____. *Efetivação dos direitos com objeto difuso*. São Paulo: Ltr, 2015.

_____; ARAÚJO, Francisco Rossal de. *Direito do trabalho I*. São Paulo: Ltr, 2014.

DELGADO, José Augusto. A ética e a boa-fé no novo código civil. *Revista de direito do Consumidor*, São Paulo, ano 13, v. 49, p. 164-176, jan./mar. 2004.

DELGADO, Maurício Godinho. *Princípio de direito individual e coletivo do trabalho*. 3. ed. São Paulo: LTr, 2010.

Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (DIEESE). *Nota técnica* n. 76, out. 2008. Disponível em: <http://www.cnti.org.br/PDF/dieese_NT76nanotecnologia.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2015.

ENGELMANN, Wilson. A nanotecnologia como uma revolução científica: os direitos humanos e uma (nova) filosofia na ciência. In: STRECK, Lenio Luiz; MORAIS, José Luís Bolsan de (Org.). *Constituição, sistemas sociais e hermenêutica. Anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da Unisinos*: mestrado e doutorado. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2010a.

_____. As nanotecnologias e a Inovação Tecnológica: a “hélice quádrupla” e os Direitos Humanos. In: NANOTECNOLOGIAS: um desafio para o Século XXI, São Leopoldo, *Anais...*, São Leopoldo, 2010b. v. 1. CD.

_____. Os avanços nanotecnológicos e a (necessária) revisão da teoria do fato jurídico de Pontes de Miranda: compatibilizando “riscos” com o “direito à informação” por meio do alargamento da noção de “suporte fático”. In: CALLEGARI, André Luís; STRECK, Lenio Luiz; ROCHA, Leonel Severo (Org.). *Constituição, sistemas sociais e hermenêutica. Anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da Unisinos*: mestrado e doutorado. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2011.

_____; BERGER FILHO, Airton Guilherme. As nanotecnologias e o direito ambiental: a mediação entre custos e benefícios na construção de marcos regulatórios. *Revista de Direito Ambiental*, São Paulo, ano 15, n. 59, p. 50-91, jul./set. 2010.

_____; FLORES, André Stringhi; ELY, Bruna. Nanotecnologias e cláusula geral do cuidado: construindo mecanismos jurídicos para construção dos marcos regulatórios no Brasil. *Anais da VII Jornada Luso-Brasileira de Direito do Ambiente*, Florianópolis, 2010.

_____; FLORES, André Stringhi; WEYERMÜLLER, André Rafael. *Nanotecnologias, marcos regulatórios e direito ambiental*. Curitiba: Honoris Causa, 2010.

Environmental Protection Agency (EPA). *Nanotechnology white paper*. Prepared for the US EPA by members of the Nanotechnology Workgroup, a group of EPA's Science Policy Council. Washington, 2007. Disponível em: <<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=60000EHU.TXT>>. Acesso em: 19 jan. 2016.

EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK (EU-OSHA). *Risk perception and risk communication with regard to nanomaterials in the workplace*. 2012. Disponível em: <http://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/risk-perception-and-risk-communication-with-regard-to-nanomaterials-in-the-workplace>. Acesso em: 17 dez. 2015.

FOLADORI, Guillermo; INVERNIZZI, Noela. *Os trabalhadores da alimentação e da agricultura questionam as nanotecnologias*. S.d. Disponível em: <http://www6.rel-uita.org/nanotecnologia/trabajadores_cuestionan_nano-full-por.htm>. Acesso em: 17 dez. 2015.

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.

HESSE, Konrad. *Elementos de direito constitucional da República Federal da Alemanha*. Porto Alegre: Sérgio Antônio Fabris Editor, 1998.

International Labour Organization (ILT). *Riesgos emergentes y nuevos modelos de prevención en un mundo de trabajo en ransformación*. 2010. Disponível em: <http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_124341.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2015.

JARDIM, Fernando Rogério. *O macrocosmo social da nanociência: estudo sobre as pesquisas em nanotecnologia da Embrapa e da Unicamp*. 2009. Dissertação (Mestrado em Sociologia)-Universidade de São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8132/tde-09122009-162117/es.php>>. Acesso em: 17 dez. 2015.

KRUG, Harald F. Nanosafety Research: Are we on the right track? *Angewandte Chemie International Edition*, Weinheim, v. 53, p. 1.2304-1.2319, 2014.

LEITE, José Rubens Morato; BELCHIOR, Germana Parente Neiva. Dano ambiental na sociedade de risco: uma visão introdutória. In: LEITE, José Rubens Morato (Coord.). *Dano ambiental na sociedade de risco*. São Paulo: Saraiva, 2012.

_____. AYALA, Patrick de Araújo. *Direito ambiental na sociedade de risco*. 2. ed. Rio de janeiro: Forense Universitária, 2004.

LENZ E SILVA, Guilherme Frederico Bernardo. *Nanotecnologia: avaliação e análise dos possíveis impactos à saúde ocupacional e segurança do trabalhador no manuseio, síntese e incorporação de nanomateriais em compósitos refratários de matriz cerâmica*. 2008. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho)-Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

Martins, Paulo. Nanotecnologia e meio ambiente para uma sociedade sustentável. *Estudios Sociales*, v. 17, n. 34, jul./dez. 2009.

MARTINS, Sérgio Pinto. *Direito do trabalho*. 24. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MENEGAZZI, Piero Rosa. *A efetivação do direito à informação no meio ambiente do trabalho: contribuições do pensamento sistêmico da teoria da complexidade e do estudo dos riscos*. São Paulo: LTr, 2011.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). *Safe nanotechnology in the workplace an introduction for employers, managers, and safety and health professionals*. February 2008. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2008-112/pdfs/2008-112.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2015.

_____. *Interim guidance for medical screening and hazard surveillance for workers potentially exposed to engineered nanoparticles approaches to safe nanotechnology*. February 2009. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2009-116/>>. Acesso em: 18 dez. 2015.

OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION (OSHA). *Novos riscos emergentes para a segurança e a saúde no trabalho*. Disponível em: <http://osha.europa.eu/pt/publications/outlook/pt_te8108475enc.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2015.

OGLIARI DAL FORNO, Gonzalo. Intraperitoneal Exposure to Nano/Microparticles of Fullerene (C60) Increases Acetylcholinesterase Activity and Lipid Peroxidation in Adult Zebrafish (*Danio rerio*) Brain. *BioMed Research International*, v. 2013, maio 2013.

Organização Internacional de Normalização (ISO). *ISO/TC229*. 2005. Disponível em: <http://www.iso.org/iso/standards_development/technical_committees/list_of_iso_technical_committees/iso_technical_committee.htm?commid=381983>. Acesso em: 17 dez. 2015.

PADILHA, Norma Sueli. *Do meio ambiente do trabalho equilibrado*. São Paulo: LTr, 2002.

_____. Meio ambiente do trabalho equilibrado: um direito fundamental do trabalhador. In: DIÁLOGOS entre o Direito Trabalho e o Direito Constitucional: estudos em homenagem a Rosa Maria Weber. São Paulo: Saraiva, 2014.

PARDO, José Esteve. *Técnica, riesgo y direrecho*: tratamiento del riesgo tecnológico em el derecho ambiental. Barcelona: Ariel, 1999.

PINTO, José Augusto Rodrigues. O trabalho como valor. *Revista do Curso de Direito da UNIFACS*, [2003]. Disponível em: <www.unifacs.br/revistajuridica/arquivo/edicao_abril2003/.../abril1.doc>. Acesso em: 12 dez. 2015.

PLÁ RODRIGUEZ, Américo. *Princípios do direito do trabalho*. Tradução de Wagner Giglio. 3.ed. São Paulo: LTr, 2000.

PORTER, Read D. et al. Regulatory Responses to Nanotechnology Uncertains. In: DANA, David A. *The Nanotechnology Challenge*: creating legal institutions for uncertain risks. New York: Cambridge University Press, 2012.

REIS, Daniela Muradas. Discriminação nas relações de trabalho e empregado: reflexões éticas sobre o trabalho, pertença e exclusão social e os instrumentos jurídicos de retificação. In: BARZOTTO, Luciane Cardoso (Coord.). *Igualdade e discriminação no ambiente de trabalho*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2012.

SANTOS, Adelson Silva dos. *Fundamentos do direito ambiental do trabalho*. São Paulo: LTr, 2010.

SARLET, Ingo Wolfgang. Direitos fundamentais e processo: o direito à proteção e promoção da saúde entre tutela individual e transindividual. *Revista de Processo*, São Paulo, v. 199, p. 13-39, set. 2011a.

_____. *A eficácia dos direitos fundamentais*: uma teoria geral dos direitos fundamentais na perspectiva constitucional. 10. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2011b.

SARLET, Ingo Wolfgang. Os direitos dos trabalhadores como direitos fundamentais na Constituição Federal. In: SARLET, Ingo Wolfgang; MELO FILHO, Luiz Philippe Vieira de; FRAZÃO, Ana de Oliveira (Coord.). *Diálogos entre o Direito Trabalho e o Direito Constitucional*: estudos em homenagem a Rosa Maria Weber. São Paulo: Saraiva, 2014.

SHULTE, Paul A.; SALAMANCA-BUENTELLO, Fabio. Ethical and scientific issues of nanotechnology in the workplace. *Ciência Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 5, sep./oct. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232007000500030>. Acesso em: 21 dez. 2015.

SILVA, Jose Afonso da. *Direito ambiental constitucional*. 3. ed. São Paulo: Malheiros, 2000.

STEBBING, Margaret. Avoiding the trust deficit: public engagement, values, the precautionary principle and the future of nanotechnology. *Journal of Bioethical Inquiry*, ano 6, n. 1, 2009.

SUDARENKOY, Valeryi. *Nanotechnology*: balancing benefits and risks to public health and the environment. Strausbourg: Council of Europe, Committee on social Affairs, Health and Sustainable Development, 2013. Disponível em: <http://www.assembly.coe.int/CommitteeDocs/2013/Asocdocinf03_2013.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2015.

SUSSEKIND, Arnaldo et al. *Instituições de direito do trabalho*. 20. ed. São Paulo: LTr, 2002. v. 1.

TALAMINI, Eduardo. Concretização jurisdicional de direitos fundamentais a prestações positivas do Estado. In: *Instrumentos de coerção e outros temas de direito processual civil*: estudos em homenagem aos 25 anos de docência do Professor Dr. Araken de Assis. Rio de Janeiro: Forense, 2007.

THRONE-HOLST, Harald; STO, Eivind. Who should be precautionary?: governance of nanotechnology in the risk society. *Technology Analysis & Strategic Management*, Manchester, v. 20, n. 1, p. 99-112, jan. 2008.

VIEGAS, Fátima. Dificuldades na vigilância médica à saúde dos trabalhadores expostos a nanopartículas. In: Seminário Internacional de Nanotecnologia e os Trabalhadores, 2. 2008. Disponível em: <<http://www.iiep.org.br/nano/2008/fatima.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2015.

ZAGREBELSKY, Gustavo. *El derecho dúctil*. Madrid: Trotta, 2007.