

# NANOTECNOLOGIA, SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE

DEBATES NA FRONTEIRA  
DO CONHECIMENTO

Jorge Luiz dos Santos Junior  
Paulo Roberto Martins  
[Orgs.]

# NANOTECNOLOGIA, SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE

DEBATES NA FRONTEIRA  
DO CONHECIMENTO

Jorge Luiz dos Santos Junior  
Paulo Roberto Martins  
[Orgs.]

---

## Conselho Editorial

Profa. Dra. Andrea Domingues  
Prof. Dr. Antônio Carlos Giuliani  
Prof. Dr. Antonio Cesar Galhardi  
Profa. Dra. Benedita Cássia Sant'anna  
Prof. Dr. Carlos Bauer  
Profa. Dra. Cristianne Famer Rocha  
Prof. Dr. Cristóvão Domingos de Almeida  
Prof. Dr. Eraldo Leme Batista  
Prof. Dr. Fábio Régio Bento  
Prof. Dr. Gustavo H. Cepolini Ferreira  
Prof. Dr. Humberto Pereira da Silva  
Prof. Dr. José Ricardo Caetano Costa

Prof. Dr. José Rubens Lima Jardimino  
Prof. Dr. Juan Droguett  
Profa. Dra. Ligia Vercelli  
Prof. Dr. Luiz Fernando Gomes  
Prof. Dr. Marco Morel  
Profa. Dra. Milena Fernandes Oliveira  
Prof. Dr. Narciso Laranjeira Telles da Silva  
Prof. Dr. Ricardo André Ferreira Martins  
Prof. Dr. Romualdo Dias  
Profa. Dra. Rosemary Dore  
Prof. Dr. Sérgio Nunes de Jesus  
Profa. Dra. Thelma Lessa  
Prof. Dr. Victor Hugo Veppo Burgardt

---

©2023 Jorge Luiz dos Santos Junior; Paulo Roberto Martins

Direitos desta edição adquiridos pela Paco Editorial. Nenhuma parte desta obra pode ser apropriada e estocada em sistema de banco de dados ou processo similar, em qualquer forma ou meio, seja eletrônico, de fotocópia, gravação, etc., sem a permissão da editora e/ou autor.

---

CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

---

N186

Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente: debates na fronteira do conhecimento / Organizadores Jorge Luiz dos Santos Junior, Paulo Roberto Martins. – Jundiaí-SP: Paco Editorial, 2023.

380 p. , fotos.; 14X21 cm

ISBN: 978-85-462-2467-8

1. Nanotecnologia. 2. Tecnologia. 3. Inteligência artificial. 4. Meio ambiente. I. Santos Junior, Jorge Luiz dos (Organizador). II. Martins, Paulo Roberto (Organizador). III. Título.

CDD: 620.5

---

Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Índice para catálogo sistemático

I. Nanotecnologia

PACO  EDITORIAL

Av. Carlos Salles Block, 658  
Ed. Altos do Anhangabaú, 2º Andar, Sala 21  
Anhangabaú - Jundiaí-SP - 13208-100  
11 4521-6315 | 2449-0740  
contato@editorialpaco.com.br

Foi feito Depósito Legal.

# SUMÁRIO

<b>PREFÁCIO</b>	<b>9</b>
<b>APRESENTAÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO I</b> <b>NANOTECNOLOGIA, DESENVOLVIMENTO</b> <b>E POLITIZAÇÃO NO BRASIL:</b> <b>A RENANOSOMA EM DESTAQUE</b>	<b>15</b> <i>Jorge Luiz dos Santos Junior</i>
<b>CAPÍTULO II</b> <b>NANOTECHNOLOGY ENABLED GENETICALLY</b> <b>ENGINEERED RNA INTERFERENCE PESTICIDES:</b> <b>SOCIO-ECONOMIC CONTEXT,</b> <b>MODES OF ACTION AND RISKS</b>	<b>33</b> <i>Steve Suppan</i>
<b>CAPÍTULO III</b> <b>O QUE A NANOTECNOLOGIA TEM</b> <b>A VER COM A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL</b>	<b>43</b> <i>José Renato Alves Schmidt</i>
<b>CAPÍTULO IV</b> <b>NANOTECNOLOGIAS</b> <b>E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL:</b> <b>CONVERGÊNCIAS REGULATÓRIAS</b>	<b>47</b> <i>Wilson Engelmann</i> <i>Raquel von Hohendorff</i>
<b>CAPÍTULO V</b> <b>REGULAÇÃO E AUTORREGULAÇÃO</b> <b>DAS NANOTECNOLOGIAS:</b> <b>UMA RESENHA SOBRE AS PESQUISAS</b> <b>COORDENADAS PELO</b> <b>PROF. DR WILSON ENGELMANN</b>	<b>63</b> <i>Raquel von Hohendorff</i>

**CAPÍTULO VI**  
**EL USO DE NANOMATERIALES PARA**  
**DETECTAR Y COMBATIR A LA COVID-19** 67  
*Juan C. Durán-Álvarez*

**CAPÍTULO VII**  
**IMUNIZAÇÃO CONTRA COVID-19:**  
**DA HESITAÇÃO VACINAL AO CLAMOR**  
**PELA VACINA – CONTRIBUIÇÕES**  
**DAS NANOTECNOLOGIAS.**  
**HÁ LUZ NO FIM DO TÚNEL?** 85  
*Maria de Fátima Torres Faria Viegas*

**CAPÍTULO VIII**  
**NANOTECNOLOGIAS,**  
**NOVAS TECNOLOGIAS E PANDEMIA:**  
**ESTADO DA ARTE DAS VACINAS EM 2021** 99  
*Gonzalo Vecina Neto*

**CAPÍTULO IX**  
**A PANDEMIA DE COVID-19**  
**PARA ALÉM DAS VACINAS:**  
**AS RESPOSTAS SOCIAIS** 111  
*Maria Helena Magalhães de Mendonça*

**CAPÍTULO X**  
**A CAMINHADA PARA AFIRMAR QUE**  
**“PEQUENO NÃO QUER DIZER SEGURO:**  
**NANOTECNOLOGIAS E MACROINQUIETAÇÕES”** 117  
*Luís Renato Balbão Andrade*

**CAPÍTULO XI**  
**BREVES NOTAS SOBRE A REGULAÇÃO**  
**E REGULAMENTAÇÃO DOS MATERIAIS**  
**AVANÇADOS NA PERSPECTIVA**  
**DO DIREITO AMBIENTAL** 129  
*Patrick Maia Merísio*  
*Silvana Liberto Alves Maia*

**CAPÍTULO XII**  
**REGULAR E GERENCIAR**  
**OS RISCOS NANOTECNOLÓGICOS** **139**

*Wilson Engelmann*

**CAPÍTULO XIII**  
**AS NANOTECNOLOGIAS E O CONSUMIDOR...**  
**BREVE ENSAIO SOBRE RESPONSABILIDADES**  
**DO CONSUMIDOR E DO PRODUTOR** **151**

*Raquel von Hohendorff*

**CAPÍTULO XIV**  
**O PAPEL DO ESTADO NA REGULAÇÃO E NA**  
**GOVERNANÇA DOS RISCOS AMBIENTAIS**  
**DA NANOTECNOLOGIA** **165**

*Aírton Guilherme Berger Filho*

**CAPÍTULO XV**  
**EMERGÊNCIA:**  
**PANORAMA DAS INFLUÊNCIAS DAS**  
**NOVAS TECNOLOGIAS NA SAÚDE DOS**  
**TRABALHADORES E TRABALHADORAS** **197**

*Arline Sydneia Abel Arcuri*

**CAPÍTULO XVI**  
**NOVAS TECNOLOGIAS**  
**E IMPACTOS NO MUNDO DO TRABALHO** **211**

*Patricia Toledo Pelatieri*

**CAPÍTULO XVII**  
**EMERGÊNCIA:**  
**COMO AS NOVAS TECNOLOGIAS ESTÃO**  
**AFETANDO A SAÚDE MENTAL DOS**  
**TRABALHADORES E TRABALHADORAS** **227**

*Jorge Marques Pontes*

**CAPÍTULO XVIII**  
**O TRABALHO NO CAPITALISMO INDUSTRIAL**  
**DE PLATAFORMA E A SAÚDE MENTAL DOS**  
**TRABALHADORES E TRABALHADORAS** **233**

*Thaís Helena de Carvalho Barreira*  
*Laura Soares Martins Nogueira*

**CAPÍTULO XIX**  
**NEOLIBERALISMO NA CIÊNCIA,**  
**MAIS PASSA A SER MENOS** **263**

*Peter Schulz*

**CAPÍTULO XX**  
**DESENVOLVIMENTO DAS NANOTECNOLOGIAS NO**  
**BRASIL NA PRIMEIRA DÉCADA DO SÉCULO XXI:**  
**CIÊNCIAS DE PROCESSOS E PRODUTOS**  
**“VERSUS” CIÊNCIAS DOS IMPACTOS** **269**

*Paulo Roberto Martins*

**CAPÍTULO XXI**  
**EMERGÊNCIA NO CONHECIMENTO SOBRE**  
**COMO AS PESQUISAS SÃO REALIZADAS E**  
**FINANCIADAS NAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS** **281**

*Marcelo Seráfico*

**CAPÍTULO XXII**  
**ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN PÚBLICA**  
**UNIVERSITARIA EN LA SOCIEDAD ESPAÑOLA:**  
**PROPUESTAS ALTERNATIVAS PARA ENFRENTAR**  
**LA MERCANTILIZACIÓN NEOLIBERAL** **289**

*José Manuel Rodríguez-Victoriano*

**CAPÍTULO XXIII**  
**POLÍTICAS PÚBLICAS E**  
**OS TRABALHADORES DURANTE**  
**A PANDEMIA DA COVID-19 NO BRASIL:**  
**O QUE NÃO REPETIR** **297**

*Maria Maeno*

**CAPÍTULO XXIV**  
**INCERTEZAS AMBIENTAIS EM TEMPOS DE**  
**DESTRUIÇÃO DA GOVERNANÇA**  
**AMBIENTAL E APROPRIAÇÃO**  
**DOS RECURSOS NATURAIS NO BRASIL** **311**  
*Julianna Malerba*

**CAPÍTULO XXV**  
**CIBERESPAÇO E METAVERSO:**  
**NOVOS HORIZONTES PARA**  
**A PESQUISA EM CIÊNCIAS HUMANAS** **321**  
*Antônio Bernardes*  
*Felipe Costa Aguiar*

**CAPÍTULO XXVI**  
**RECURSIVIDADE HUMANO-MÁQUINA**  
**NAS PLATAFORMAS DIGITAIS:**  
**UMA PERSPECTIVA ANTROPOLÓGICA** **341**  
*Leticia Cesarino*

**CAPÍTULO XXVII**  
**NOVAS TECNOLOGIAS:**  
**UMA INTRODUÇÃO**  
**À COMPUTAÇÃO QUÂNTICA** **361**  
*Luigi Rigato*

**POSFÁCIO** **369**

**SOBRE OS AUTORES** **371**



# PREFÁCIO

Os resultados das pesquisas, reflexões e discussões apresentados neste livro não estão assentados, em termos históricos, apenas no período indicado dos dois seminários realizados pela da Rede de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente – Renanosoma. Para quem acompanha a Rede percebe nos temas e nas formas como são alinhavadas as argumentações, a consolidação de um grupo de pesquisa coeso e orgânico, com afinidades – por óbvio - para além da temática das nanotecnologias.

Assuntos tradicionais e marcadamente constantes ao longo da história da Renanosoma, como regulação, mundo do trabalho, impactos socioambientais, riscos, direito ambiental, saúde, divulgação científica e políticas públicas, integram-se com temas emergentes ou atuais, como Inteligência Artificial, vacinas, mutação climática, ciberespaço, metaverso, plataformas digitais e computação quântica. A linha reflexiva dos capítulos se debruça sobre um conjunto de disciplinas e abordagens teórico-metodológicas heterogêneas, com vivências empíricas e focos de atuação das pesquisadoras e pesquisadores de variadas perspectivas analíticas. Outro ponto importante é a experiência, para além da academia, das autoras e autores dos textos, com interface em sindicatos, áreas técnicas governamentais e privadas, empresas e instituições do terceiro setor.

O tom geral deste livro é para a ampla divulgação pública, não sendo obra limitada apenas a iniciados ou especialistas nas áreas de nanociência e nanotecnologia. O cruzamento de possibilidades de análise sobre como tecnologias afetam rotinas, a forma como realidades sociais são construídas e percebidas, como normas e leis cristalizam formas de ação técnica ou mobilizam pressões para novos arcabouços regulatórios, são repertórios encontrados ao longo dos artigos e um eixo de aglutinação de conteúdo do livro.

A ubiquidade das tecnologias é tão intensa, que a percepção da forma como molda realidades territoriais, os comportamentos pessoais e interações sociais é embotada ou suavizada na vida diária. A todo o momento a proposta aqui é evidenciar o que já não é mais percebido. Para isso os textos mantêm recursividade, ao trazer a lembrança de como as nanotecnologias são socialmente produzidas como conhecimento confiável, como são resultados de negociações na produção de consensos nas instituições de pesquisa, nas empresas e estruturas de Estado. Também expõe essas tecnologias como fenômenos ligados à desigualdade, aos impactos negativos na saúde e no mundo do trabalho por conta de transições tecnológicas, à reprodução assimétrica de relações internacionais de centro-periferia e reforça que a manutenção de vulnerabilidades socioeconômicas não está apartada de projetos tecnológicos.

A linha lógica do livro aborda, indiretamente, uma crítica ao modo como a produção científica tende ainda a ser divulgada. Essa mantém, tanto para os fatos científicos, como para a estabilização dos artefatos tecnológicos, a ideia de que fatos e artefatos são universais, servem da mesma maneira para qualquer formação social, são neutros e plenamente objetivos. Ao longo da obra percebe-se uma apreciação questionadora de uma tecnologia cumulativa, universal e subordinada a qualquer período histórico, sociedade e cultura, como se fossem ativos neutros e objetivos que pudessem servir a qualquer estrutura ontológica e epistemológica de mundo.

Outra argumentação destacada nos textos é a problematização da maneira como a agenda científica e tecnológica é colocada de forma a criar uma ideia de que é cumulativa e única, pois puramente técnica, não importando seu contexto social. As discussões apresentadas marcam como muitas vezes a agenda brasileira para as nanotecnologias estão mais relacionadas a tópicos internacionais (não descartando sua validade, contudo) do que a circuitos internos de problemas nacionais.

Este livro, além de mostrar a produção científica e as reflexões sobre área do conhecimento tão estratégica, consegue evitar a separação radical entre os espaços cognoscíveis do social, da natureza e das tecnologias. Existe muito a ser feito neste quesito, mas ao longo dos anos a Rede continua tentando descrever um mundo tecnológico sem a clivagem ontológica das coisas-em-si (nanopartículas, filtros, microscópios, solventes, por exemplo) e os homens-entre-si (política, relações sociais, valores, governos, por exemplo). Esta tarefa não é fácil, mas reforça as contribuições mais densas da Renanosoma em termos de reflexão crítica sobre a produção do conhecimento.

Talvez já se anteveja, nas discussões do grupo, o reforço do argumento de que ciências e tecnologias têm sim relação total com política e a importância de não as restringir – pela importância que têm - ao espaço puramente acadêmico. As formas assumidas pelas entidades nanotecnológicas são moldadas em rede em complexos processos discursivos, laboratoriais e institucionais. Sua efetivação como “entidade natural” só é uma etapa final de muito engajamento social e coconstrução coletiva. Em todas as etapas da formação de conhecimento - qualificado como confiável - a política também é elemento incontornável do processo. Os textos ora publicados evidenciam a cadência política nas redes de coprodução de nanotecnologias e permitem um posicionamento para trazer mais atores para trocas, compatibilização e expansão de conhecimentos sobre este tema para a população brasileira, aglutinando uma diversidade de interesses e tendo sempre a consciência da especificidade de conhecimento situado - e não universal - que a área é.

Adriano Premebida, abril de 2023.



# APRESENTAÇÃO

Esse livro reúne um conjunto de reflexões que foram apresentadas e debatidas em dois Seminários (XVIII e XIX Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente) da Rede de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (Renanosoma). As reflexões aqui apresentadas não possuem o caráter de convergência, mas sim, tem a função de apresentar aos diversos públicos interessados o Estado da arte, as preocupações, certezas e incertezas que envolvem as tecnologias convergentes, com profundo destaque para as nanotecnologias.

O XVIII Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (Seminanosoma), realizado entre os dias 22 e 24 de novembro de 2021 teve por objetivo trazer temas e debates relacionados com a nanotecnologia e outras novas tecnologias e seus impactos no mundo do trabalho, na sociedade e meio ambiente. Nesta edição foram abordados três temas principais: Nanotecnologias e agricultura; Nanotecnologias e Inteligência Artificial (IA) e Nanotecnologias, novas tecnologias e pandemia.

Já o XIX Seminanosoma, além dos debates tradicionais, trouxe também como tema central: “Emergências – Convergência Tecnológica e Divergências Sociais”. Esse evento ocorreu entre os dias 16 e 18 de novembro de 2022 no Centro MariAntônia da USP.

Para aqueles que ainda não tiveram contato com os trabalhos dessa rede, o capítulo I tem a função de propiciar um nivelamento informacional sobre as ideias e ideologias reinantes, tanto na organização dos seminários, quanto nos trabalhos realizados no âmbito da Renanosoma.

O leitor verá que os capítulos se complementam, e as preocupações fundamentais (meio ambiente, regulação, bem-estar, mundo do trabalho, politização, regulação, etc.) aparecem transversalmente pelas agendas de pesquisa dos autores dos capítulos. Os temas aqui

tratados passam pelo risco tecnológico, a necessidade de instrumentos modernos de regulação e autorregulação, as possibilidades tecnológicas para a solução de problemas práticos aliados a criação de novos problemas críticos que precisam ser mitigados.

Mais do que apresentar respostas, há um espaço privilegiado para as perguntas adequadas serem feitas. Os questionamentos servem à politização, à informação e ao conhecimento do público.

Para além dos escritos e ensaios aqui apresentados, o leitor também poderá buscar mais informações sobre os diversos trabalhos da Renanosoma no Canal da Rede: <https://bit.ly/3ITljQi>.

Destaca-se que essa obra contou com o apoio de muitas pessoas que doaram seu tempo e seus conhecimentos para espalhar por toda a sociedade ideias e reflexões que estão na fronteira do conhecimento. Somos gratos por isso. Os organizadores agradecem também à Fundacentro que tem apoiado sistematicamente a organização dos Seminósomas, seja por meio da participação de seus profissionais nos debates, seja por meio da disponibilização de seus espaços físicos e insumos.

Importante se faz registrar que essa publicação somente foi possível pelo financiamento coletivo de um grupo de pessoas cujos agradecimentos seguem nominalmente. Assim, agradecemos a: Adriano Premebida; Airton Guilherme Berger; Ana Yara Paulino; Paulo Roberto Martins; Jorge Luiz dos Santos Junior; Jorge Pontes; Jose Renato Alves Schmidt; Luís Renato B. Andrade; Marcelo B. S. A. Carvalho; Maria Helena M. Mendonça; Paulo Fonseca; Paulo Roberto Martins, Peter Schulz; Raquel Von Hohendorff; Tania Magno; Arline Arcuri e Wilson Engelmann.

Por fim, ficam aqui os agradecimentos aos diversos pesquisadores e pesquisadoras que nesses quase 20 anos de existência da Renanosoma têm contribuído para esclarecer o nebuloso mundo das novas tecnologias, na perspectiva de uma Ciência dos Impactos.

# CAPÍTULO 1

## **NANOTECNOLOGIA, DESENVOLVIMENTO E POLITIZAÇÃO NO BRASIL: A RENANOSOMA EM DESTAQUE**

*Jorge Luiz dos Santos Junior*

### **Introdução**

A tecnologia sempre esteve presente no desenrolar da história. Seja no seu aspecto *habilis, ergaster, erectus, neanderthalensis*, ou *homo sapiens*, a necessidade de sobrevivência diante das intempéries naturais e sociais, fez com que os humanos desenvolvessem estratégias e artefatos que lhes garantissem alguma nova habilidade, conferindo-lhes uma posição de diferenciação frente a outros grupos ou animais.

A utilização de uma pedra lascada enquanto ferramenta e arma, ou a habilidade de realizar pinturas, ou domínio do fogo, entre outras formas de manipulação da natureza, fazem com que as novas tecnologias apareçam como aspecto central nas relações sociais de domínio, produção e exploração de algumas sociedades sobre as outras.

Na história presente, a humanidade já conheceu um conjunto bastante grande de tecnologias disruptivas que conseguiram alterar completamente os rumos da vida no planeta, para o bem e para o mal (vide energia atômica). Algumas sociedades evoluíram muito em termos de acesso a bens materiais que estão presentes na forma como produzimos, alimentamos, vestimos, cuidamos e relacionamos. Nesse sentido, pode-se dizer que a tecnologia aproxima o homem da tão buscada “modernidade” apesar de toda abstração que este termo carrega.

A razão instrumental, consubstanciada em ciência, busca a autonomização do homem perante o divino, a natureza, a si mesmo e aos outros. A prática científica torna-se o caminho de acesso à “ver-

dade” e o artefato garante a libertação, o homem torna-se “autônomo”, dono de si e de todo o meio ambiente que o cerca, responsável pelos seus atos e digno das virtudes provenientes de seu trabalho.

No nível global, a modernidade se torna um projeto experimental, colocando os indivíduos dentro em um vasto laboratório, sendo cobaias de “uma aventura perigosa”, parafraseando Giddens (1997, p. 76).

O avanço da modernidade faz com que a individualização/emancipação crie pressões sobre um ambiente institucional arcaico, incapaz de responder adequadamente às novas questões que surgem. Uma pequena incursão pelas divergências provocadas por tecnologias recentes, como, por exemplo, as tecnologias de reconhecimento facial ou o trabalho por aplicativos, denotam a fragilidade do aparato regulatório institucional-legal em lidar com novos problemas. Sendo assim, o que pode se vislumbrar para as tecnologias convergentes é, mais uma vez, o triunfo da autoridade científica, mas também uma exacerbação das desconfianças, dos medos, do “queremos saber” (parafraseando Gilberto Gil).

Os riscos afetam também o ambiente político, que diante de catástrofes não deve tornar-se inerte, podendo até mesmo haver um processo de reconfiguração política. A invisibilidade dos riscos modernos faz com que os afetados tenham que ter uma “assessoria” adequada para entender a gravidade daquilo que os afeta, ou que pode afetar. Além disso, destaca-se também o processo de ampliação das desigualdades, na medida em que apenas alguns grupos, mesmo diante dos riscos globais, conseguem se proteger dado o acesso diferenciado a recursos financeiros.

É nesse ambiente, ao mesmo tempo, tecnofílico e tecnofóbico, que as nanotecnologias se encaixam, dando um impulso ao processo de convergência tecnológica. Nesse debate, esse livro traz contribuições importantes ao colocar luz sobre desenvolvimentos tecnológicos, dos quais sabemos ainda muito pouco sobre as consequências.

Esse capítulo inicial apresenta um pouco das reflexões sobre o ambiente de euforia e incertezas que permeiam as novas tecnologias,

e posiciona bem o papel desempenhado pelos Seminários “Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente” no que tange ao desenvolvimento e disseminação de informação científica e de qualidade, com vistas ao desenvolvimento de uma ciência dos impactos.

## **Avanços, (in)certezas e (nano)tecnologia no Brasil: uma breve leitura de jornais**

Não há quem, de uma forma ou outra, não tenha se empolgado com alguma tecnologia ao longo de sua vida. Existem aquelas pessoas adictas por qualquer aparato que lhes traga alguma comodidade (os tecnofílicos), mas há também aqueles que possuem aversão a quaisquer novidades que lhes cause alguma incerteza (os tecnofóbicos). Fato é que a tecnologia traz consigo esse misto de curiosidade, incerteza e, muitas vezes, medo. De toda forma, como sempre estamos em busca de solução para os nossos problemas cotidianos, inventados, criados ou adquiridos, as tecnologias, especialmente as nanotecnologias, trazem consigo um certo ar de redenção. Isso pode ser verificado na reportagem de *O Estadão* de 17 de junho de 1988.

<p style="text-align: right;">O ESTADO DE S. PAULO — 17</p> <p><b>Atualidade Científica</b></p> <p><b><i>Cientistas vêm avanço na técnica de miniatura</i></b></p>	<p>Cientistas norte-americanos estão anunciando uma revolução na tecnologia, que lhes permitirá construir aparelhos práticos, duas mil vezes menores do que o diâmetro de um fio de cabelo humano e, finalmente, qualquer estrutura, grande ou pequena, a partir de átomos e moléculas, individualmente.</p>
--	--

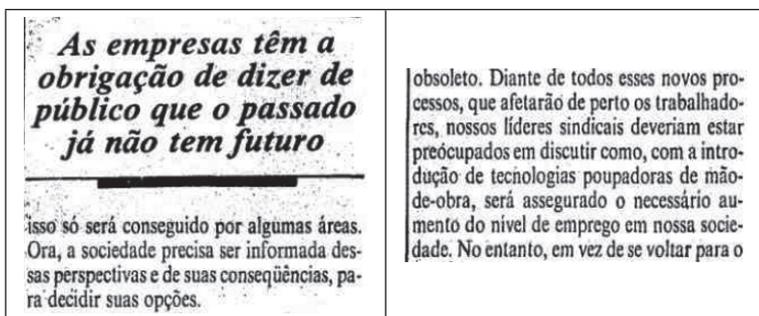
A reportagem de 1988 aponta para os avanços da técnica de miniatura. Está claro e evidente, apesar de não citar o nome, que está se falando em nanotecnologia, apesar de confundi-la com miniaturização. Nos demais jornais daquele ano de 1988, muitos temas de atualidade científica foram discutidos, entre eles: velocidade dos transistores; utilização da técnica de “miniatura” em radares; sistemas de inteligência artificial; combate ao câncer; desenvolvimento

de metais “plásticos”; aplicação em patologia de plantas. Nessa gama de possibilidades, sobra entusiasmo.

Nos idos da década de 1990, soava nos jornais brasileiros duas preocupações já trazidas de décadas anteriores, quais sejam:

1) a exacerbação do subdesenvolvimento provocada pelo *gap* tecnológico entre países centrais e periféricos;

2) o desemprego tecnológico que batia à porta daqueles que não conseguiam acompanhar as revoluções na manufatura. Uma boa ilustração pode ser vista na publicação realizada pelo jornalista Miguel Jorge (no jornal *O Estadão* de 27 de outubro de 1990).<sup>1</sup>



Uma varredura feita nos jornais daquele ano nos revela que os temas tecnológicos mais abordados no período eram: eletrônica molecular; viagens aeroespaciais mais baratas; compostos organometálicos; processamento de informações logísticas; desemprego tecnológico tecnologia autóctone; competitividade da indústria nacional. Ou seja, soluções entusiastas para vários problemas da vida material.

Interessante notar que o tema “Nanotecnologia” foi usado em reportagem, também de *O Estadão*, em sua edição do dia 4 de abril de 1992. Perceba que o tema é associado à imagem de Isaac Asimov, na perspectiva de uma ficção científica. Mais interessante ainda é o

1. Miguel Jorge foi por muito tempo funcionário qualificado da entidade representativa das montadoras de carros no Brasil Anfavea. Foi também Ministro de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior em 2007.

fato de insinuar já em 1992 que estávamos atrasados na discussão sobre a tecnologia emergente.

<b>Isaac Asimov</b>	
<b><i>Tecnologia invade a dimensão do átomo</i></b>	
<i>Há muitos anos, quando ainda era fácil, devíamos ter aprendido mais sobre nanotecnologia. Agora não dá mais para adiar o</i>	<i>municacão por fibra ótica e CDs. O método para se obter nanoestruturas é tão fascinante como as próprias</i>

Em 1992, mais alguns temas que surgem nos jornais são dignos de nota, dentre eles: eficiência energética; velcro microscópico para cirurgias cerebrais; transistor de interferência quântica. Nessa lista fica claro o tamanho das promessas advindas da nova tecnologia.

Em 7 de dezembro de 1996, *O ESTADÃO* novamente aponta para as benesses da nanotecnologia, com a seguinte reportagem.

226 - O ESTADO DE SÃO PAULO **CIÊNCIA E TECNOLOGIA** PARÁSO, 7 DE DEZEMBRO DE 1996

**NANOTECNOLOGIA**

## **Miniábaco usa moléculas no lugar de contas**

*Cientistas suíços da IBM criaram um aparelho ultraminiaturizado, em que átomos de carbono escorregam ao longo de sulcos de cobre, capaz de fazer cálculos com extrema rapidez*

Uma leitura atenta dos jornais daquele ano de 1996 nos coloca a par de temas como: Nanotubos de carbono; nanotecnologia e as possibilidades para a área de processamento de dados, entre outros.

Isso me faz pensar que já estávamos vivenciando uma perspectiva de convergência tecnológica naquele período.

Ainda na década de 1990, notadamente no ano de 1998, a coluna de Joelmir Beting traz também esse misto de entusiasmo e incerteza. Citando diretamente a nanotecnologia, o colunista discute as propostas de um polêmico livro sobre “libertarianismo”. O fato interessante por ele discutido é a perspectiva de fábricas autônomas que se aproximam da Inteligência Artificial (hoje, em 2023, um pouquinho mais avançada que naquela década), trazendo alterações socioeconômicas profundas, que podem ser interpretadas sob uma perspectiva entusiasta (menos trabalho mecânico, mais tempo para o lazer), ou sob uma perspectiva trágica (menos emprego, mais desigualdade).

<p>ECOBRASIL</p> <p>QUARTA-FEIRA, 17 DE JUNHO DE 1998</p> <p><i>"A fábrica do futuro terá apenas dois operadores: um homem e um cachorro. Função do homem: alimentar o cachorro. Função do cachorro:rir. Não haverá mais operários nem máquinas."</i></p> <p>Walter Block, autor de <i>Defending the Unemployable</i> (Fox &amp; Wilkes)</p> <p><i>Nada se perde</i></p> <p>SECOB</p>	<p>■ O autor limita-se a descrever os impactos desse avanço no parque industrial do futuro. As máquinas da linha “automated fabrication” (ou simplesmente “autofab”) serão capazes de reorganizar as estruturas moleculares de qualquer material para realizar, a partir disso, o produto projetado pelo reciclador. Pela nanotecnologia, a máquina possibilitará uma reciclagem ampla, geral e irrestrita.</p> 
---	--

Outros temas abordados pelas edições do mesmo jornal em 1998 foram: Nano medicina: diagnósticos e tratamentos; regeneração de tecidos; redesenho do Corpo humano. Mas alguns temas ficaram esquecidos, entre eles: possibilidade de fechamento das fábricas; controvérsias tecnológicas; desemprego tecnológico.

Essa breve retrospectiva nos faz concordar com uma frase bastante verdadeira destacada na coluna de Joelmir Beting, qual seja: “Toda nova tecnologia, desde a descoberta do fogo, só resolve um problema antigo,

gerando dois novos”. Mais ainda, nos faz perceber que os entusiasmos e as preocupações são recorrentes, muitas vezes repetitivos, o que revela que a ciência e a tecnologia possuem um *timing* específico, às vezes lento e demorado, à vezes com ritmo alucinante, requerendo uma vigilância constante e atenta sobre os rumos que as descobertas tomam, com especial atenção para os aspectos regulatórios. E é aqui que se enquadra o trabalho da Rede de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (Renanosoma), vigilante desde o início dos anos 2000, produzindo conteúdo em suas diversas atividades, entre elas os Seminários anuais que completam 20 anos no ano de 2023.

A seguir trato um pouco do papel da Renanosoma na perspectiva de promoção da politização em torno das novas tecnologias.

## **A renanosoma e o desenvolvimento das nanotecnologias no Brasil**

Apesar da existência de discussões pretéritas destacadas na seção anterior, quando se pensa na institucionalização das pesquisas em Nanotecnologia e Nanociência (N&N) no Brasil, é necessário citar a reunião seminal organizada pelo CNPq/MCT sobre o desenvolvimento futuro dessa área no Brasil no ano de 2001. A partir daquela reunião foram criadas as quatro primeiras redes de pesquisa, bem como os primeiros Institutos do Milênio. É nesse momento que a pauta N&N passa a compor a pauta científica e tecnológica do país, figurando, inclusive, no planejamento estratégico do governo federal ao entrar no PPA: 2004–2007.

Essa institucionalização pode ser caracterizada como parcial e incompleta, enquanto foi dado foco exclusivo na perspectiva do avanço, deixando-se de lado a precaução. Esse episódio foi detalhadamente analisado na obra “Ciência do Futuro e futuro da ciência: redes e políticas de nanociência e nanotecnologia no Brasil” (Santos Junior, 2013). Em resumo, logo nos primeiros anos de Política para a área de N&N no Brasil houve a cooptação da área por parte de uma comunidade de pesquisa em todas as instâncias do ciclo da política: como *policy makers* nas

estruturas deliberativas; como revisores de seus pares nos comitês científicos e na seleção dos projetos selecionados para executar a política; e como executores dos projetos. Verifica-se que houve a recorrência de uma visão imediatista e parcial de progresso, que não conseguiu enxergar para além dos resultados “curtoprazistas” em termos de crescimento do produto nacional, e fortemente pautada num projeto político de consolidação do setor industrial e da capacidade inovativa nacional.

Vale destacar que uma característica observada no processo foi a dissimulada proposição de ciência “apolítica”, e o que nos pareceu evidente no desenvolvimento da N&N no Brasil foi a falta de politização social presente na sociedade brasileira. Esse comportamento se relaciona ao que consideramos ser o maior capital científico da Comunidade Nano no Brasil formado naqueles primeiros anos, expresso no prestígio que essa Comunidade possuía nas instâncias de poder (governo, mídia, associações científicas) e na quase inércia das instituições de chancela (sociedade civil e seus representantes formais). Apesar de se apresentar como um novo campo científico no Brasil, seus pesquisadores possuíam alto capital acumulado pela trajetória de seus membros em outros campos científicos.

A inércia só não foi total porque em outubro de 2004 nascia a Renanosoma. Nas palavras de Paulo Roberto Martins, fundador da Rede, “pela primeira vez no Brasil, coletivamente, as Ciências Humanas adotam a Nanotecnologia como seu objeto de reflexão” (Martins, 2005). O objetivo era tornar a nanotecnologia mais um ponto de atenção para as ciências humanas no Brasil, e incentivar todas as iniciativas neste sentido, assim como foi para o tema “biotecnologias”, em especial nas discussões sobre transgênicos.

Após o I Seminósoma (Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente) a rede passou a contar com 10 pesquisadores de 10 instituições. Em 2006 a Renanosoma obteve a aprovação no CNPq do projeto “Engajamento Público em Nanotecnologia”. Este projeto consistia em oferecer três “bate-papos” (Chats) virtuais semanais entre pesquisadores de nanotecnologia e

o público interessado. Seu objetivo era informar e discutir nanotecnologia com o público não especialista.

Em 2008 a Rede já contava com 30 membros de 21 instituições e existia, desde a sua fundação, uma meta explícita de envolver representantes de todos os estados brasileiros, a fim de articular as discussões em torno das universidades, centros de pesquisa e organizações de trabalho, escolas, associações de bairro e todos os potenciais impactados pelas nanotecnologias.

A Renanosoma passou a acompanhar o desenvolvimento das nanotecnologias, estimulando o debate em torno das incertezas suscitadas, visando envolver os cidadãos brasileiros em suas etapas de desenvolvimento. As ações da Renanosoma podem ser interpretadas como um processo de “Politização da Tecnociência”. O trabalho dessa rede se confronta com os desafios impostos pelas incertezas, desconhecimento e baixo envolvimento social, características de um objeto que se apresenta ainda nos anos 2020, como ficção científica para a maioria das pessoas.

No âmbito do Projeto de Engajamento Público, a Renanosoma promoveu um ciclo de formação em Nanotecnologia para sindicalistas, ambientalistas, professores do ensino médio e trabalhadores em geral, em parceria com a Fundacentro. Essa atividade buscava disseminar os ideais da rede a fim de engajar cada vez mais pessoas no projeto. Após 2008, seguiram-se iniciativas como o Programa “Nanotecnologia do avesso” que ficou no ar por 10 anos, totalizando 500 edições. Posteriormente seguiu-se o programa Nanoalerta que contou com 250 edições. Ambos os programas foram responsáveis por apresentar centenas de entrevistas, sob os mais variados temas e olhares das diversas áreas do conhecimento.

Mas foi por meio de seus Seminários anuais que a Renanosoma produziu a maior quantidade de discussões, fornecendo informação qualificada por meio de debates entre diversos especialistas, com temas transversais que transpassam as nanotecnologias e a convergência tecnológica; de 2004 a 2022 foram 19 seminários.

Um pouco dessa história e dessas contribuições podem ser visualizados nas imagens seguintes:

1º Seminanosoma, em 2004.

**NANOTECNOLOGIA,  
SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE:  
1º SEMINÁRIO INTERNACIONAL**

Mesa 1: Nanotecnologia, ciência e tecnologia e regulação de novas tecnologias ..... 25

Mesa 2: Nanotecnologia, inovação e Economia ..... 85

Mesa 3: Nanotecnologia, inovação e sociedade ..... 149

Mesa 4: Nanotecnologia, inovação e meio ambiente ..... 231

2º Seminanosoma, em 2005.

**SESSÃO 4 – NANOTECNOLOGIA, INOVAÇÃO E AGRICULTURA, 195**

Sílvia Ribeiro, 197

Paulo Cruvinel, 205

Frei Sérgio Gorgen, 214

**SESSÃO 5 – NANOTECNOLOGIA, INOVAÇÃO E ÉTICA, 257**

José Manuel Cozar Escalante, 259

Ricardo de Toledo Neder, 263

Ricardo Timm de Souza . 280

**SESSÃO 6 – NANOTECNOLOGIA, INOVAÇÃO E REGULAÇÃO, 307**

Eliane Cristina P. Moreira, 309

Eronides F. da Silva Júnior, 314

Sílvio Valle, 321

## Outras edições



Os Seminários ao longo de duas décadas foram avançando junto com as nanotecnologias e passaram a pensá-las numa perspectiva de convergência tecnológica. Dada a recorrência das incertezas, temas como regulação, meio ambiente, mundo do trabalho, nano e agricultura foram sempre tratados. Mas novos temas foram incorporados, tais como: epidemias, inteligência artificial, computação quântica e metaverso.

Pensando em todo o trabalho que a Renanosoma vem desempenhando ao longo desse período e fazendo um trocadilho com as palavras do ministro Miguel Jorge ditas em 1990, poderíamos destacar que: “Temos a obrigação de dizer de público que a Ciência do futuro do Brasil já é passado. Nos resta agora entender nossas possibilidades diante das incertezas. Ora, a sociedade precisa ser adequadamente informada e nossas crianças preparadas.”

No início dos anos 2020 no Brasil, dado o retrocesso que houve em todas as áreas científicas e tecnológicas, os desafios impostos à Renanosoma se apresentam muito maiores. Isso porque a ciência não para no resto do mundo, e a nanotecnologia avançou, propiciou o desenvolvimento de novas ferramentas e convergiu para um ambiente onde a Inteligência Artificial, os Big Datas, os novos oceanos da internet apontam para uma enormidade de novas mudanças

e incertezas. O Brasil ficou para trás e o risco é de importação de artefatos que escapem até mesmo aos olhos dos “cientistas duros”.

## **Os novos rumos: 20 anos depois**

As ciências humanas e sociais têm buscado entender como se constrói os espaços em que se levam à cabo as ações coletivas, bem como os fatores que vão determinar a legitimação ou exclusão dessa participação pública.

Acredita-se que um envolvimento social amplo, com participação política, possa influenciar na definição dos rumos da atividade científica em Nanotecnologia e Nanociência (N&N). Para isso, a politização da ciência é um meio de engajar o público nessas discussões, e é isso que a Rede Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (Renanosoma) se propôs a fazer ao longo de quase 20 anos de existência, sob o comando incansável do seu fundador Paulo Roberto Martins.

Analisando a trajetória de ação da Renanosoma, surgem algumas indagações, quais sejam: qual o alcance do processo e dos meios de politização da nanociência no Brasil, promovidos pela Rede? Os instrumentos utilizados têm sido eficazes na promoção do engajamento público? Qual é a perspectiva de sucesso dos participantes? Essas questões me fazem refletir sobre algo mais abstrato, o qual é o conceito e a forma de politização e o envolvimento social em questões públicas. Entendo politização como algo que não se resume a disseminar informação, mesmo ela sendo um insumo importante. Esse é um ponto de partida para o andamento de minha reflexão.

Assim, para prosseguir em minha reflexão decidi que quando estou pensando no caso especial da politização das nanotecnologias (ou das tecnologias emergentes), devo ter em mente que a Renanosoma busca um maior envolvimento dos cidadãos (público) nas discussões críticas acerca da introdução dessa nova tecnologia. A crítica

da Renanosoma refere-se às decisões centralizadas que são tomadas entre Governo e representantes das “Ciências Duras”, sem considerar o olhar de cientistas das áreas de humanas e sociais e do público leigo (que sequer se deu conta da iminência da nova tecnologia). Ou seja, no debate sobre a nova tecnologia questiona-se a falta de acesso público ao debate.

Vejam que existem diversas razões que explicam essas falhas, cito aqui algumas delas: a) a crença de que o debate sobre novas tecnologias é domínio apenas de especialistas; b) a esperança de que os formuladores de política são neutros e capazes de responder aos anseios sociais; c) a perspectiva de que regulação somente deve ser realizada após o surgimento dos problemas.

A participação dos vários atores, tais como; cientistas sociais, associações de classe e sindicatos, acadêmicos, sociedade civil, ONGs e população em geral, torna-se relevante para a nova tecnologia poder avançar de forma responsável, para serem maximizados os promissores benefícios e para os impactos negativos poderem ser, não somente mitigados, mas, sobretudo, evitados.

Nesse encaixo, é necessário um amplo processo de politização, que não se resume a disseminar informação. Politizar significa envolver os cidadãos em discussões de cunho coletivo, organizar e mobilizar a opinião pública acerca de temas de natureza complexa. Assumo que participação do público (leigo e perito) é o principal meio direcionador de políticas capazes de ao menos tornar mais lúcido o desenvolvimento.

Assim, a politização é um processo de moldagem da sociedade de baixo para cima, o despertar de uma consciência individual com participação social, o questionamento da ideia de que é impossível promover mudanças, é fazer parte da mudança. Desse modo é possível estimular a prevenção e precaução e atuar rumo a um desenvolvimento menos sacrificante.

Mais do que a união dos diversos atores para entender os problemas associados às novas tecnologias, fazem-se necessárias:

a) a colaboração entre os detentores do conhecimento especializado e aqueles que buscam o conhecimento;

b) uma consciência individual com ética global que torne os detentores do conhecimento especializado em indivíduos engajados num projeto de manutenção da segurança.

Politizar, muito mais do que comunicar e informar, é envolver, tornar coeso um público fragmentado e atomizado, fruto do projeto “libertarianista”. Nesse paralelo, cabe lembrar que uma característica marcante do átomo é sua auto-organização, transformando-se em estruturas sólidas, e um estímulo pode adiantar essa organização pública.

Mesmo sendo difícil imaginar uma transformação do sujeito como meta de curto prazo, a politização deve resgatar o que parece ser uma lei natural incontestável, a organização em sociedade. Apesar das pressões exercidas por uma lógica de acumulação que invariavelmente destrói o sujeito, a organização social é o fruto dialético dessa destruição.

Só existe ciência porque existe o desconhecimento sobre muitas coisas, a busca pelo conhecimento faz parte da natureza humana e é nobre por ser responsável pela garantia da novidade. Porém, essa busca (individual ou coletiva) não deve sucumbir a humanidade no “pecado original” que não pode ser revertido, assim, a politização é o meio pelo qual se pode evitar que o fruto do pecado seja experimentado.

A anestesia faz do homem um espectador passivo aplaudindo ao final do espetáculo mesmo sem compreender o enredo, nessa situação, não necessariamente condição, se enquadra o sujeito da modernidade. A politização busca transformar o sujeito em espectador participante, que interage e reorienta a peça, reaproximando-se do seu meio, de sua fragilidade ante ao meio. Ela busca uma reorientação do sujeito histórico, recuperação da perspectiva de humanidade e esclarecimento perante a razão instrumental.

Essa reorientação é possível? Existem experiências concretas desse tipo de reorientação? Como tratar a questão da transformação do sujeito? Qual é a papel das discussões públicas para a promoção de uma nova ética? O homem como sujeito de sua própria história

não tornaria a politização uma meta utópica? Como a nova comunicação pode contribuir para difundir o conhecimento e transformar o sujeito passivo em sujeito politizado?

Como indivíduo não tenho possibilidade de responder a uma só questão, mas o coletivo que se organiza em torno dos Seminários ao longo desses 19 anos tem conseguido apresentar reflexões profundas e contribuir para o amadurecimento dos debates e do conhecimento que envolvem agora, não somente nanotecnologias, mas toda a gama de mudanças provocadas pela convergência tecnológica.

## Referências

GIDDENS, Anthony *et al.* **Modernização reflexiva:** política, tradição e estética na ordem social moderna. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 1997. p.11-71.

MARTINS, Paulo Roberto (org.). **Nanotecnologia, Sociedade e Meio ambiente.** 1º Seminário Internacional. São Paulo: Xamã, 2005.

SANTOS JUNIOR, Jorge Luiz. **Ciência do futuro e futuro da ciência:** redes e política. Rio de Janeiro: Eduerj, 2013.

## PARTE I

### Ensaaios e Debates do XVIII Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente

O XVIII SEMINANOSOMA - Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (Seminanosoma), promovido pela Renanosoma, teve por objetivo trazer temas e debates relacionados a nanotecnologia e outras novas tecnologias e seus impactos no mundo do trabalho, na sociedade e meio ambiente. Nesta edição foram abordados três temas principais: No primeiro dia foram debatidas as possibilidades e desafios para as **Nanotecnologias e agricultura**. Já no segundo dia as apresentações e debates tiveram como eixo central **Nanotecnologias e Inteligência Artificial (IA)**. E, por fim, no terceiro dia foram tratadas as questões envolvendo as **Nanotecnologias, novas tecnologias e pandemia**.

Esse evento ocorreu de forma virtual entre os dias 22 e 24 de novembro de 2021 e contou com convidados internacionais, dos Estados Unidos, do México, da Inglaterra e da Argentina e foi transmitido pelo canal do YouTube: <https://bit.ly/42eUwEI>. Nem todos os participantes contam com seus textos disponibilizados nesse livro. Todavia, as palestras e debates podem ser assistidos na íntegra nos endereços que seguem abaixo.

#### PRIMEIRO DIA - Nanotecnologias e agricultura

- **Palestra D1.1:** *Public attitudes to nanotechnology: Why application type is important?* Apresentador: Professor Lynn Frewer; Debatedor: Professor Maurício Berger

**Link para assistir:** <https://bit.ly/3OSouvl>

- **Palestra D1.2:** *Pesticidas de RNA interferon (interference) estabilizado y portado por nano-compuestos*

Apresentador: Professor Steve Suppan; Debatedora: Tânia Elias Magno da Silva

**Link para assistir:** <https://bit.ly/43bwhsl>

- **Lançamento do Livro:** Nanotecnología y Sociedad en Argentina. Vol I. Para uma agenda inter y transdisciplinaria.

**Link para assistir:** <https://bit.ly/43C4W2n>

## **SEGUNDO DIA - Nanotecnologias e Inteligência Artificial (IA)**

- **Palestra D2.1:** O que a nanotecnologia tem a ver com a inteligência artificial?

Apresentador: Dra. Arline Sydneia Abel Arcuri; Debatedor: José Renato Alves Schmidt

**Link para assistir:** <https://bit.ly/43GqNwA>

- **Palestra D2.2:** Relação nanotecnologia e IA; direito e questões éticas envolvendo as IA's

Apresentador: Professor Wilson Engelmann; Debatedor: Professor Reginaldo Pereira

**Link para assistir:** <https://bit.ly/3WQmtBB>

- **Palestra D2.3:** A inteligência artificial e o mundo do trabalho
- Apresentador: Professor Sérgio Amadeu; Debatedor: Paulo F. C. Fonseca

**Link para assistir:** <https://bit.ly/43GKrS0>

## **TERCEIRO DIA - Nanotecnologias, novas tecnologias e pandemia**

- **Palestra D3.1:** O uso de nanomateriais para detectar e combater a Covid-19.

Apresentador: Professor Juan Carlos Durán Álvarez; Debatedora: Professora Solange Cristina Garcia

**Link para assistir:** <https://bit.ly/3MJ2Abb>

- **Palestra D3.2:** Imunização contra Covid-19: da hesitação vacinal ao clamor pela vacina - contribuições das nanotecnologias. Há luz no fim do túnel?

Apresentador: Maria de Fátima Torres Faria Viegas;

Debatedor: Valéria Ramos Soares Pinto

**Link para assistir:** <https://bit.ly/43wCU8A>

- **Palestra D3.3:** Nanotecnologias, novas tecnologias & pandemia  
Apresentador: Gonzalo Vecina Neto; Debatedor: Maria Helena Magalhães de Mendonça

**Link para assistir:** <https://bit.ly/3IVxjk1>

# CAPÍTULO 11

## **NANOTECHNOLOGY ENABLED GENETICALLY ENGINEERED RNA INTERFERENCE PESTICIDES: SOCIO-ECONOMIC CONTEXT, MODES OF ACTION AND RISKS**

*Steve Suppan*

### **Introduction**

The development of and investment in nanotechnology enabled pesticides is a new phase in the effort to fight against weed and pest resistance. Some of these pesticides are in an advanced state of product development and a few are near commercialization. Therefore, an introduction to how these products work (Modes of Action) and their risks is timely. (The benefits claimed for these pesticides are widely publicized by their developers and so are mentioned only in passing here).

### **Socio-economic context**

This scientific battle against resistance particularly concerns crops that are genetically engineered (GE) to resist proprietary pesticides and to enable continuation of current extensive monocropping practices that incubate resistance. In our 22 November 2021 presentation for Seminanosoma, we showed a photo of a weed scientist standing in a soybean field overgrown with weeds nearly as tall as him. The weed scientist referred to the dramatic increase in the number of herbicide resistant weed types, forecast to begin as early as 2024, as a Pandora's Box, a reference to an ancient mythical source of all the evils plaguing the world. A creative headline writer

characterized the new nano-enabled GE pesticides developed to prevent further U.S. weed resistance plaguing soy, maize and other crops<sup>1</sup> as “Breaking Pandora’s Box.”

Of course, the spread of weed resistance is not limited to the United States. Weed scientists have documented a sharp increase in weed resistance in Brazil correlated with the introduction of a very high percentage of GE maize, cotton and soyabean crops. The same researchers have charted a boom in the number of unique cases of herbicide resistant weeds. Seventeen of 51 weed types are resistant to multiple herbicides. The chart characterizes a “pre-glyphosate era” ending in 2005 with a “post-glyphosate era” of herbicide resistant weeds.<sup>2</sup> Because of the economic losses associated with crop yield losses and the costs of more numerous applications of herbicides to more hectares of herbicide resistant GE crops, governments, universities, start-up companies in GE research, and pesticide manufacturers have invested public funds and private capital to “Break Pandora’s Box.”

Another important incentive for new pesticide products are government granted patents that confer monopoly rights to commercialize the patents. Start-ups usually sell active ingredient (AI) an/or related technology patents to a pesticide manufacturer for subsequent incorporation into a patented herbicide, insecticide or fungicide. An agribusiness reporter’s analysis of the value of AI patents scheduled to expire in 2020 estimated the worth of the patents at \$4 billion<sup>3</sup> of an estimated \$68 billion global agrichemical market value in 2020.<sup>4</sup> So a lot of money is at stake, beyond the value of crops losses, in developing a technology that will “Break Pandora’s Box.”

---

1. Chris Bennett, “Breaking Pandora’s Box: Resistant Weed Future Looms Large for U.S. Farmers,” AgWeb.com, August 31, 2021.

2. Ricardo Alcántara *et al.*, “Herbicide Resistance in Brazil: Status, Impacts and Future Challenges” in *Herbicides: Current Research and Case Studies in Use*, IntechOpen, February 2020. <https://bit.ly/45LN32Q>.

3. Christian Xie, “Four-Billion Dollar Worth Pesticides to Come off Patent in 5 Years,” Ag News, March 12, 2015. <https://bit.ly/42eV0uw>. Acesso em: 18 nov. 2020.

4. “Global Agrochemicals Market to Reach \$103,383.4 Million by 2027, Says Coherent Market Insights (CMI),” Global Newswire, September 3, 2021.

## **Three technology types to break a Pandora's box of increasing resistance**

Pesticide product developers have offered three ways to defeat weed resistance to the GE crop and proprietary pesticide technology package: 1) apply herbicides more toxic than glyphosate to crops engineered to resist those herbicides; 2) coat the AIs currently on patent with patented nanoscale material coatings to better control the pace of the AI release and in theory reduce the rate of weed resistance; 3) develop new AIs, also nano-enabled, to better target for elimination, or to use the scientific euphemism, “silencing” the genomic sequences of the weeds or other pests that are vital for their survival. We’ll discuss the first two technologies proposed to “Break Pandora’s Box” very briefly before focusing on the third, nano-enabled GE RNA interference pesticides.

One response to the increasing failure of glyphosate to control weeds in GE crops designed for glyphosate use, is a revival in the use of more toxic pesticides, such as dicamba, the development of new GE crops, above all soy and maize, designed to withstand dicamba applications. However, dicamba is a highly volatile herbicide whose drift has damaged hundreds of thousands of hectares of horticulture plants and trees not genetically engineered for dicamba. Lawsuits to gain some compensation for dicamba damages continue to grow in scale and number.<sup>5</sup> The U.S. Environmental Protection Agency has been sued for allowing dicamba to be commercialized despite what was known about the herbicide’s drift damage when used according to manufacturer instructions.<sup>6</sup>

---

5. Brigit Rollins, “The Deal with Dicamba: An Overview of Dicamba Related Litigation,” National Agricultural Law Center, April 15, 2020. <https://bit.ly/43h8gA4>. Acesso em: 02 dez. 2020.

6. Emily Unglesbee, “Dicamba Faces Legal Battlefield: EPA Faces Multiple Dicamba Lawsuits in 2021,” *Progressive Farmer*, February 5, 2021. <https://bit.ly/43HFfKb>. Acesso em: 15 abr. 2021.

Weed scientists at the Brazilian Agribusiness Research Corporation (Embrapa) have run test plot studies to estimate how much damage would be caused by dicamba to Brazil's huge soybean crop, including GE soy designed to resist pesticides other than dicamba.<sup>7</sup> These scientists conclude, "A 1% dicamba drift in tropical conditions reduces soybean yield by 12%." This yield reduction, from dicamba sprayed by farm workers on the ground, would increase over time as weeds in soybean fields became resistant to dicamba. (Pesticide toxicity to farmworkers is discussed briefly at the end of this article.)

A second response to the "Pandora's Box" of weed resistance to herbicides has been to coat the AIs of current herbicides with nano-scale materials, usually chemically inert nano-clays or nano-composite materials, to control the release rate of AIs and to enable them to penetrate more efficiently weed plant cells, which macro-scale herbicide droplets cannot do. The result is a higher kill rate while using less AI. Embrapa is also engaged in this research, with scientists claiming that nanotechnology enable pesticide products will reduce the volume of pesticides applied and in so doing, cause less damage to the environment surrounding crops.<sup>8</sup>

Lessons learned in nano-coating current AIs have been applied to the development of nano-enabled GE RNA interference (i) pesticides. Oddly, the function of nanomaterials in this new generation of pesticides has received relatively little risk analysis, compared to that received by the CRISPR Cas9 GE technique used to modify RNAi to target specific weed and insect pests. First we'll briefly discuss risks associated with the application of CRISPR Cas9 applied to plants. We'll summarize the Mode of Action (MoA) of GE RNAi to delete genomic sequences of weeds and insects that are vital for expressing

---

7. G.S. Alves *et al.*, "Phytotoxicity in soybean crop caused by simulated dicamba drift," *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3IRytNz>. Acesso em: 15 nov. 2021.

8. L.F. Fraceto *et al.*, "Ciencia pela agricultura e pelo ambiente," *Nanotecnologia*, no. 102, November 1, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/45H3hKF>.

proteins necessary for their survival. Among the off target mutations of the CRISPR Cas9 techniques are those in plants and animals surrounding the crops not engineered to resist the new AI, GE RNAi. We review risks associated with those mutations and other risks, including to farmworkers, enabled by the nano-coatings necessary to stabilize the GE RNAi and to make it an applicable pesticide.

## **The role of CRISPR CAS9 ge technique in nano-enabled RNAI pesticide**

The idealized image of CRISPR Cas9 is of the Cas9 “scissors,” an enzyme, cutting a genome sequence, with the cut neatly repaired by an RNA messenger (mRNA) “thread,” guided by the data of a genomic library.<sup>9</sup> (mRNA is defined as “a single-stranded RNA molecule that is complementary to one of the DNA strands of a gene.”<sup>10</sup> mRNA is used in the manufacture of vaccines, including some anti-Covid 19 vaccines. RNAi is a double stranded RNA molecule designed to delete a DNA sequence.) The ideal result of the cutting, sequence deletion, and repair is a neatly modified sequence that produces only the genetic mutations and corresponding traits informed by the data library.

In practice, however, the use of CRISPR Cas9 can result in hundreds of unintended mutations when the selection of genomic data to guide the mRNA repair is erroneous.<sup>11</sup> As a result, the Cas9 “scissors” cuts in the wrong places in the DNA sequence, and the mRNA makes its repair at an erroneous site. Some of these unintended mutations can express harmful traits, while other traits are beneficial or benign. The genetic engineering of naturally occurring

---

9. See <https://bit.ly/42iOi6U>, figure 1 for an example of this idealized CRISPR Cas9 facilitated genome sequence modification. Acesso em: 26 fev. 2022.

10. Disponível em: <https://bit.ly/3OOH3jZ>. Acesso em: 15 jan. 2022.

11. “CRISPR gene editing can cause hundreds of unintended mutations,” Phys.Org, May 19, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/3qpjO5V>.

RNAi to delete DNA sequences in targeted weeds and other pests can likewise result in unintended mutations in the targeted weeds.

A Friends of the Earth (U.S.) report explains,

Developers of RNAi pesticides aim to exploit naturally existing RNAi pathways in plants, animals, and fungi by manufacturing synthetic interfering RNAs of a particular sequence in order to silence a specific gene or genes.”<sup>12</sup>

The RNA interference molecules are designed to prevent RNA messenger molecules from repairing the DNA sequence:

The interfering RNA and a target messenger RNA bind as they share a sequence that is matching or similar to each other. The messenger RNA is then cleaved and destroyed. No protein is produced, resulting in ‘interference’ of gene expression, also known as ‘gene silencing’.<sup>13</sup>

If the sequence deleted is large enough to change the structure of the plant, the RNA interference may be heritable from one generation of the target plant to the next. The RNA interference can also affect non-targeted plants if their gene deleted sequences are similar enough to bind with the sequences of non-target plants.<sup>14</sup>

Some of the risks associated with the GE risks of RNAi pesticides are as follows: erroneous and on-target deletions express unwanted traits; long deletions may result in heritable traits; altered plant genetic composition may result in allergenicity, increased toxicity, changes in nutritional composition; unwanted immunostimulatory effects can reduce white blood cell count in humans and not-

---

12. Eva Sirinathsinghji, Kendra Klein and Dana Perls, “Gene Silencing Pesticides: Risks and Concerns,” Friends of the Earth, October 2020, p. 10.

13. Op. cit., Fig. 1, p. 11.

14. I. Höijer et al, “CRISPR Cas9 induces large structural variants at on-target and off-target sites *in vivo* that segregate across generations,” bioRxiv pre-print, October 5, 2021. <https://bit.ly/3oD4nqj>. Acesso em: 7 mar. 2022.

target organisms throughout the food chains; undesirable heritable traits.<sup>15</sup> These risks do not include those associated with the fate and transport of nano-scale materials that coat RNAi, stabilizing it and preventing its destruction by ultra-violet light rays. Risks specific to these nanomaterials are described in the next section.

## **Industry and government consensus building on the de facto industry self-regulation of nano-enabled RNAi pesticides**

In April 2019, industry and government pesticide scientists met at the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) met to present papers on “RNA interference (RNAi) based pesticides.” Remarkably, neither in the published proceedings of the conference<sup>16</sup> nor in the summary of conference discussion<sup>17</sup> did the scientists gathered discuss the function of the nanomaterial coating of the RNAi in the pesticide delivery system. Although these nanomaterials are in themselves inert, they carry a very active AI that poses the aforementioned risks, plus the risks of inhaling nanoscale droplets of RNAi pesticide.

One of the OECD conference authors of a paper on the biosafety of nano-enabled RNAi based pesticides<sup>18</sup> is also the author of what is claimed to be “The First Sprayable dsRNA Based Biopesticide Product.”<sup>19</sup> The authors of the biosafety study focus most of their literature review on mammal feeding studies of RNA consumption, both natural and engineered. They then observe,

---

15. From “Gene Silencing Pesticides: Risks and Concerns,” pp. 15-19 and Ricarda Steinbrecher and Helena Paul, “New Genetic Engineering Techniques: Precaution, Risk and the Need to Develop Prior Societal Technology Assessment,” *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, August 2017, p. 38-47. Disponível em: <https://bit.ly/3MLLObd>. Acesso em: 12 abr. 2020.

16. Disponível em: <https://bit.ly/42eW0Pi>. Acesso em: 30 mar. 2020.

17. Disponível em: <https://bit.ly/3MHsnAq>. Acesso em: 30 mar. 2020.

18. Disponível em: <https://bit.ly/3qiyUtH>. Acesso em: 30 mar. 2020.

19. Disponível em: <https://bit.ly/3WO5cJd>. Acesso em: 30 mar. 2020.

At present, there seems to be an absence of published data concerning the potential biological impact of inhalation of RNA molecules. Given that these can potentially be immunostimulatory molecules (via non-oral routes) per the literature, a non-sequence specific inflammatory response may occur upon significant exposures, hence the recommendation to use the appropriate PPE to limit inhalation exposures for spray applications as with any other sprayed crop protection product.<sup>20</sup>

The key words in this disclaimer “absence of published data.” Inhalation studies of RNAi molecules maybe lack, but predictive models of the bio-accumulation of nanomaterials in the lower regions of the lungs, from which they cannot be expelled, are not lacking.<sup>21</sup> Chronic inflammation of the lungs can lead to a range of diseases, including lung cancer, heart disease and brain damage. Industry scientists Rodrigues and Petrick, authors of the OECD conference biosafety article, find it “highly questionable” that agricultural exposure to RNAi could have immune suppressive impacts.<sup>22</sup> They dismiss *in vitro* and *in vivo* studies of oral exposure, apparently without reviewing the literature on the impacts of inhalation exposure to nanoparticles, whether they are coating and carrying RNAi or not.

Other key words in this disclaimer are “appropriate PPE [Personal Protective Equipment].” Despite the claimed lack of study of the impacts of chronic inhalation RNA molecules, e.g., by worker manufacturing this pesticide or by farmworkers spraying it, GreenLight Biosciences, a start-up, has been acquired by a Special

---

20. Disponível em: <https://bit.ly/3qiyUtH>, at p. 7.

21. E.g., Hana Kokot et al, “Prediction of Chronic inflammation for Inhaled Particles: the Impact of Material Recycling and Quarantining in the Lung Epithelium,” *Advanced Materials*, October 19, 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3IPP5oQ>. Acesso em: 13 fev. 2021.

22. Disponível em: <https://bit.ly/3qiyUtH>, at p. 9. Acesso em: 10 mar. 2020.

Purpose Acquisition Company (SPAC) for \$1.2 billion<sup>23</sup> to manufacture this nano-enabled RNAi pesticide, target to kills Colorado potato beetles. SPAC investors are not regulated by the Securities and Exchange Commission, so due diligence requirements of public offerings do not apply.

There will be investor pressure to commercialize this pesticide, even though there is no PPE designed to protect farmworkers from inhaling nano-scale pesticide products. In 2020, Pesticide Action Network North America publicized<sup>24</sup> a peer reviewed study<sup>25</sup>, according to which there were 385 million farmers and farmworkers, about 44% of the total, suffering from acute pesticide poisoning in 2020, i.e., poisoning sufficient to require hospitalization. The previous such peer-review study in 1990 estimated 25 million cases of acute pesticide poisoning of farmers and farmworkers.

## Conclusion

As farmers, university researchers and pesticide manufacturers struggle to combat pest and weed resistance while continuing to plant monocrops with little rotation or other techniques of integrated pest management, nano-enabled GE RNAi pesticides may offer a new tool in the proverbial toolbox to “Break Pandora’s Box” of weed and insect resistance. However, these new pesticide products, however rich in patents and commercial monopolies, are poor in risk assessment. Absent independent risk assessment and risk assess based regulation, nano-enabled GE RNAi pesticides may unleash environmental and human health problems never contemplated by Pandora.

---

23. Louisa Burwood-Taylor, “Brief: GreenLight Biosciences agrees to go public in \$1.2 billion SPAC merger,” Ag Funder Network Partners, August 10, 2021.

24. Disponível em: <https://bit.ly/3Nboo0D>. Acesso em: 10 mar. 2020.

25. Disponível em: <https://bit.ly/3ISW3cT>. Acesso em: 10 mar. 2020.



## CAPÍTULO III

# O QUE A NANOTECNOLOGIA TEM A VER COM A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

*José Renato Alves Schmidt*

Um conceito sucinto para definir a Inteligência Artificial (IA) é a transferência de características do comportamento inteligente para as máquinas. Esta área da informática visa desenvolver programas computacionais capazes de emular o raciocínio de um ou vários especialistas, num domínio específico (Nassar, 2018).

Ainda de acordo com Nassar (2018) estes programas conseguem interagir com os usuários de forma amigável, resolvendo problemas como o próprio especialista resolveria, bem como também conseguem continuar aprendendo ao longo de sua vida útil através do aprendizado de máquina, um sistema que constrói conhecimento a partir da experiência dos especialistas.

Uma das ferramentas de Inteligência artificial são as redes bayesianas (RB) as quais são um modelo probabilístico para a tomada de decisão com o raciocínio da incerteza. As RB são amplamente utilizadas na avaliação de risco nas mais diversas áreas. Para avaliar os riscos de nanomateriais (NM), algumas RB foram desenvolvidas para realizar estudos sobre risco ambiental (Money; Reckhow; Wiesner, 2012) e o perigo à saúde humana (Marvin *et al.*, 2017), bem como para avaliar o risco ocupacional de três tipos de nanoprocessos (nanotubos de carbonos, prata e dióxido de titânio) (Murphy *et al.*, 2016) e ao risco ocupacional (Schmidt *et al.*, 2020).

É inegável os benefícios da inteligência artificial, já que ela contribui (e contribuirá) para o aumento da automação de diferentes tarefas, tais como: dirigir carros, entregar produtos, classificar itens e prever tendências. Todas essas tarefas serão executadas com maior grau de pre-

cisão. Assim, empresas podem manter serviços de alta qualidade independentemente do seu setor de atuação e com menores custos.

A redução de custos operacionais é um atrativo para empresas já que reduz os erros ao mesmo tempo em que ocorre o aumento da produtividade. As empresas que adotam a inteligência artificial conseguem eliminar custos operacionais facilmente. Como exemplo destaca-se que as empresas de transporte não precisarão de motoristas para guiar as frotas de caminhões, e como eles se irão se locomover ininterruptamente, as entregas terão prazos ainda menores. Menos prazo, menos estoques, mais eficiência, menos custo.

Destacam-se ainda os benefícios de se ter mais comodidade, ou seja, tornar o dia a dia mais prático a partir, por exemplo, do uso de assistentes como o *Google Now*. Quando alguém diz “*ok Google*” celulares são ativados oferecendo várias possibilidades informacionais, além de serviços e outras possibilidades. A inteligência artificial também pode se integrar ao calendário pessoal para indicar o melhor momento para se ir até um compromisso utilizando o meio de transporte favorito, impedindo que o usuário se atrase para um encontro ou uma reunião, por exemplo.

## **Mas, e os riscos que temos com a inteligência artificial?**

A inteligência artificial pode ocasionar preocupação para muitas pessoas em relação às oportunidades de emprego. Afinal, é possível otimizar processos e realizar tarefas sem a necessidade da intervenção humana. Em muitos casos, as empresas investem em robôs para exercer atividades consideradas de alto risco, ou que apresentam maior dificuldade para serem executados pelo ser humano. Mas, muitas vezes, a perspectiva é apenas a substituição de um trabalhador com direitos sociais por uma máquina que trabalha 24 horas, 7 dias por semana.

Há que se destacar também os problemas de ordem ética. Hoje em dia o uso dessa tecnologia permite controlar os dados, além de fornecer uma infinidade de possibilidade de utilizá-los em diver-

setores. A pergunta que fica é: Como será usado (e por quem) esse aglomerado de dados que os algoritmos coletam diariamente? Quem garantirá a privacidade do usuário?

Outra preocupação fundamental remonta às velhas inquietações que sempre permearam as novas tecnologias, a qual é a possibilidade do descontrole. Por exemplo, imagine a possibilidade (que não é remota) de surgimento de um robô assassino controlado pela IA. Nesse caso, quem será responsabilizado pelo infortúnio? Será que as empresas vão usar o mesmo argumento da Uber de que se trata apenas de empresas de tecnologia e que os usuários são os responsáveis pelas mazelas delas decorrentes?

Quanto às desvantagens da IA associada às nanotecnologias, uma das mais comentadas é que ela deve acarretar perda de milhões de empregos no mundo todo. Nem todo mundo será substituído por máquinas, mas é fato que a tendência é diminuir, ano após ano, a necessidade de mão de obra humana em muitas áreas. Por outro lado, novas áreas e atividades, necessitarão de novos tipos de profissionais. Ou seja, outras profissões também surgirão. O problema é que haverá um período de transição entre a realidade atual e o mundo em que menos trabalho humano será necessário.

## Referências

MARVIN, Hans J. P. *et al.* Application of Bayesian networks for hazard ranking of nanomaterials to support human health risk assessment. **Nanotoxicology**, v. 11, n. 1, p. 123–133, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/3IT1gRS>. Acesso em: 20 jul. 2018.

MONEY, Eric S.; RECKHOW, Kenneth H.; WIESNER, Mark R. The use of Bayesian networks for nanoparticle risk forecasting: Model formulation and baseline evaluation. **Science of the Total Environment**, v. 426, p. 436–445, 2012. Disponível em: <https://bit.ly/43GMLII>. Acesso em: 31 ago. 2018.

MURPHY, Finbarr *et al.* A Tractable Method for Measuring Nanomaterial Risk Using Bayesian Networks. **Nanoscale Research Letters**, v. 11, n. 1, p. 503, 2016. Disponível em: <https://bit.ly/3IOFVJq>. Acesso em: 18 set. 2018.

NASSAR, S. M. **Apostila Sistemas Especialistas Probabilísticos**. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. Universidade Federal de Santa Catarina. 2018.

SCHMIDT, José Renato Alves *et al.* “Probabilistic Model for Assessing Occupational Risk during the Handling of Nanomaterials.” **Nanotoxicology** 0 (0): 1–13. DOI: <https://bit.ly/3N9wN4B>. Acesso em: 30 set. 2018.S

# CAPÍTULO IV

## **NANOTECNOLOGIAS E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: CONVERGÊNCIAS REGULATÓRIAS<sup>1</sup>**

*Wilson Engelmann  
Raquel von Hohendorff*

O Século XXI está marcado pela emergência da uma nova Revolução Industrial, a quarta, segundo Klaus Schwab, que se caracteriza pela velocidade, impacto sistêmico, além da amplitude e profundidade (2016). Esses elementos estruturantes atuando em conjunto e de modo transversal, potencializados pelas Tecnologias Digitais e das conexões reticulares, promovem o desenvolvimento de pesquisas e produtos em variadas áreas, como as nanotecnologias e a Inteligência Artificial (IA). Com isso se desenha um novo ambiente onde o ser humano vive, convive e se movimenta, possibilitado pelas transformações digitais e informacionais (Echeverría; Tabarés, 2017).

---

1. Este trabalho é o resultado parcial das pesquisas realizadas pelo autor no âmbito dos seguintes projetos de pesquisa: a) Chamada CNPq n. 09/2020 - Bolsas de Produtividade em Pesquisa – PQ, projeto intitulado: “Percurso para ressignificar a Teoria Geral das Fontes do Direito: o *Sandbox regulatório* como um elemento estruturante da comunicação reticular entre o Direito e as nanotecnologias”; b) “Sistema do Direito, novas tecnologias, globalização e o constitucionalismo contemporâneo: desafios e perspectivas”, Edital Fapergs/Capes 06/2018 – Programa de Internacionalização da Pós-Graduação no RS e c) Projeto Transdisciplinaridade e Direito: construindo alternativas jurídicas para os desafios trazidos pelas novas tecnologias, Edital Fapergs 04/2019, Auxílio Recém Doutor.

Este trabalho também está vinculado à pesquisa realizada pelos autores no Cedis – Centro de I & D sobre Direito e Sociedade, da Faculdade de Direito da Universidade Nova de Lisboa, Portugal, e da investigação desenvolvida pelos autores junto ao Instituto Jurídico Portucalense, da Universidade Portucalense, Porto, Portugal.

Quando se fala em nanotecnologias, nascem as possibilidades humanas de acessar a chamada escala nano, ou seja, a escala que equivale à bilionésima parte de um metro, que pode ser representada pela notação científica de  $10^{-9}$ . Efetivamente essa medida é muito pequena e se situa no nível dos átomos e moléculas. Segundo o Comitê Técnico 229, da ISO, com o termo “nanotecnologias” se pretende abranger a:

1. compreensão e controle de matéria e processos em nanoescala, tipicamente, mas não exclusivamente, abaixo de 100 nanômetros em uma ou mais dimensões onde o aparecimento de fenômenos dependentes de tamanho geralmente permite novas aplicações;
2. utilizando as propriedades de materiais em nanoescala, que diferem das propriedades de átomos, moléculas e matéria a granel individuais, para criar materiais, dispositivos e sistemas aprimorados para explorar essas novas propriedades (ISO, TC 229, 2022)

Portanto, ao se tratar de nanotecnologias e de produtos gerados a partir dessa escala, se tem algo novo na pesquisa e na produção, podendo gerar efeitos ainda pouco conhecidos pelo ser humano, especialmente pelas interfaces com o corpo humano e o meio ambiente. A nano escala apresenta muitas possibilidades para qualificar a vida do ser humano, mas, em contrapartida, também carrega consigo riscos que desafiam o conhecimento que se tem com matérias em escalas maiores.

No tocante às nanotecnologias, se destacam dois aspectos: (1) a tecnologia é cercada de exageros, ou seja, de promessas e expectativas futuras excessivas, justificando programas de financiamento e impulsionando dinâmicas financeiras, científicas e inovadoras, seguidas de quedas de desilusão e afastamento após promessas e expectativas que não foram atendidas. Será preciso observar se esse movimento efetivamente se concretiza; (2) nenhuma outra tecnologia recebeu tanta atenção das ciências sociais e humanas de forma proativa, buscando avaliar suas implicações éticas, políticas e sociais, ao mesmo tempo em que busca agendas normativas destinadas a promover a inclusão e a participação, a

reflexividade e a coprodução, capacidade de resposta e responsabilidade (Seifert; Fautz, 2021). Essa constatação, em parte, se constata nas bases de dados, como o Portal de Periódicos da Capes, por exemplo, pois publicações científicas sobre os impactos éticos, sociais e ambientais, incluindo os riscos das nanopartículas ainda são encontradas em quantidades muito inferiores àquelas que destacam as características positivas e estudos elaborados por pesquisadores das áreas das ciências exatas.

Uma das consequências dos avanços na nano escala foi o incremento das construções de sistemas e robôs com Inteligência Artificial. A Inteligência Artificial (IA) pode ser entendida como a

simulación de procesos de inteligencia humana por medio de máquinas que se extiende a través de capacidades tales como el reconocimiento de voz, la toma de decisiones, la búsqueda semántica y las diversas técnicas de aprendizaje automático (Devang; Chintan; Gunjan *et al.*, 2019)

Por meio do sistema de IA se poderá simular características próprias do ser humano, como raciocinar, conectar dados e projetar resultados e tomar decisões. Por isso, a IA, também se define como a “[...] capacidad de un sistema para interpretar correctamente los datos externos y aprender de ellos para utilizarlos con el fin de alcanzar objetivos específicos” (Cuervo Sánchez, 2021). Tais avanços, que se desenvolvem a partir das possibilidades geradas pelo acesso humano à escala nano, produzirão novo conjunto de efeitos na sociedade, exigindo a atenção da parte regulatória.

Observa-se uma convergência entre as duas tecnologias: as nanotecnologias e a Inteligência Artificial, que gera uma forma de material “nanoengenheirado inteligente”, promovendo uma interface entre o cérebro e a máquina (ICM). Segundo Silva (2018), essa nova geração de tecnologias possibilitará a comunicação com o cérebro de maneira que apoie o aprendizado contextual e a adaptação às mudanças nos requisitos funcionais. Nos últimos anos, houve uma explosão de trabalhos focados no desen-

volvimento e uso de nanotecnologias destinadas a interagir e fazer interface com o cérebro e o sistema nervoso central em geral e no contexto do ICM e da prótese neural em particular.

A agricultura é outro setor onde se pode observar a convergência tecnológica entre as nanotecnologias e IA, por meio da chamada “agricultura inteligente” (Martinho; Guiné, 2021).

No mundo digitalizado de hoje, internet, tecnologias móveis, nanotecnologias e algoritmos de aprendizagem continuam a se desenvolver e ganhar lugares essenciais em nossas vidas. Se abrem as possibilidades de trabalhar um processo reticular comunicativo e interativo, próprio da Sociedade do Século XXI, onde se desenha “[...] um conjunto múltiplo de interações e conexões entre fluxos informativos, dispositivos móveis, banco de dados e aplicativos com várias funções”, formando a paisagem das ecologias comunicativas eletrônicas (Di Felice, 2017, p. 101).

Essa confluência entre as tecnologias abre possibilidades incríveis, mas também traz a necessidade de se enfrentar os impactos éticos e sociais. A abordagem ética da ciência e da tecnologia baseia-se na sua utilização e aplicação em campos extremamente diversos. Menos destaque tem sido dado ao tema das profundas mudanças em nossa concepção da natureza humana produzidas pelos mais recentes desenvolvimentos em inteligência artificial e robótica devido à sua capacidade de simular um número crescente de atividades humanas tradicionalmente atribuídas ao ser humano como manifestações da dimensão espiritual inerente à sua natureza, conforme Velázquez (2021).

Percebe-se que tanto a “ciência” quanto a “tecnologia” carecem de critérios para orientar a aplicação prática e conceitual de seus próprios conteúdos, uma vez que não englobam o domínio do dever-ser. Portanto, se propõe a valorização plena da tecnociência integrada a um quadro mais amplo de valores especificamente humanos. Dessa forma se tem uma abertura para a formulação de ambientes regulatórios, estruturados a partir de um conjunto variado de princípios que poderão preencher essa apontada lacuna e projetar

modelos de “autorregulação regulada” ágeis, flexíveis e adequados para normatizar essas novidades trazidas pelo cruzamento das nanotecnologias e a IA, dada a ausência de marcos legais, desenvolvidos pela atuação do Poder Legislativo.

Assim como o conhecimento das ciências exatas sobre as nanopartículas e a IA está em construção, caminho semelhante deverá ser desenhado pelo Direito, como Ciência focada no desenvolvimento de estruturas regulatórias. Não é isso que se observa, pois existem, ainda, muitas preocupações em se desenvolver um marco regulatório tradicional.

Portanto, se apresentam opções regulatórias inovadoras que deverão ser percebidas pelos profissionais de todas as áreas, especialmente da área jurídica, pois asseguram que o Direito, como área de conhecimento, permaneça viva e útil, conseguindo acompanhar as inéditas características sócio-econômico-jurídicas trazidas pelas referidas tecnologias.

Segundo Araz Taeiagh (2021), as estruturas regulatórias e de governança existentes estão mal estruturadas para gerenciar os problemas sociais introduzidos pela IA devido à informação insuficiente para se entender a tecnologia e os atrasos regulatórios. Também ficam cada vez mais evidenciadas as assimetrias de informação entre empresas de tecnologia e reguladores. Aquelas dominam a tecnologia, sabem como ela funciona, mas não liberam todas essas informações para os reguladores, que ficam sem conhecer as efetivas possibilidades e desafios que a IA poderá trazer.

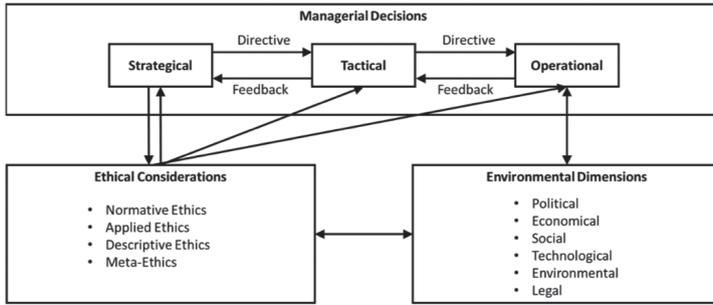
Assim, se pergunta: como construir um marco regulatório nessas condições? Verifica-se um crescimento de abordagens autorregulatórias, estruturadas por meio de padrões diretrizes e códigos de conduta voluntários. Essas diretrizes podem ser alteradas e adaptadas mais rapidamente do que a regulamentação tradicional e, portanto, são vantajosas para acompanhar os desenvolvimentos tecnológicos (Taeiagh, 2021).

Essa abordagem foi adotada em resposta a tecnologias emergentes anteriores e pode promover práticas éticas, justas e não discrimi-

natórias no design de IA, mas existem muitos problemas em relação à sua eficácia, dada a ausência do chamado “comando estatal”, que ainda está no imaginário das pessoas de considerar obrigatórias apenas as regras elaboradas pelo Poder Legislativo.

Na figura a seguir, se podem observar os diversos percursos para a estruturação dos modelos autorregulatórios.

**Figura 1. Fluxograma de decisões gerenciais para estruturar modelos de regulação não estatal**



Fonte: Brendel; Mirbabaie; Lembcke *et al.*, 2021.

As iniciativas de regulação não genuinamente estatais, como são os modelos de autorregulação e de autorregulação regulada (Engelmann, 2018), devem ser organizados por meio de elementos de governança, desenvolvidos a partir de fluxos de decisões gerenciais, como desenhados na Figura 1. Observam-se diretivas estratégicas, táticas e operacionais, que incluem os atores envolvidos no contexto científico-tecnológico gerado pelas nanotecnologias e IA, que orientam as suas decisões com feedbacks recíprocos e cruzados, gerados pela observância de esquemas regulatórios gerados por essas mesmas partes interessadas e alicerçadas em princípios, por exemplo.

A escolha dos princípios orientadores dessas diretivas devem levar em consideração as questões éticas que trazem direcionamentos da ética prática e da ética normativa, além de outras possibilidades estruturantes da ética, que devem dialogar e se enriquecer

com dimensões provenientes do ambiente onde essas inovações científico-tecnológicas são geradas, como a política; econômica; social; ambiental e jurídica. Esse conjunto dará origem ao chamado “ambiente regulatório”, perspectivado pela participação de variados atores interessados e cientistas de diversas áreas, desenvolvendo caminhos transdisciplinares.

Qual o motivo de se fazer essa proposição de possibilidades regulatórias não dependentes do Poder Legislativo? Um dos fundamentos de optar por esse caminho se deve ao fato de que os produtos criados a partir da escala nanométrica, aí se incluindo a IA, já se encontram em larga escala no mercado consumidor. Outro fundamento: a incerteza científica sobre a real extensão dos riscos que essas operações humanas nessa escala poderão trazer para o próprio ser humano e ao meio ambiente.

Trazendo novos argumentos, Umbrello e Baum (2018) alertam que as abordagens tradicionais de gerenciamento de risco se mostram pouco eficientes para lidar com os riscos gerados na nano escala (Huang; Tao; Li *et al.* 2020; Leslie; Velzen; Brandsma *et al.*, 2022), pois uma efetiva gestão de risco prudente exige uma contabilidade completa dos riscos e, de forma mais geral, que a governança prudente exige uma contabilidade completa dos fatores e questões relevantes, o que ainda não se tem em relação às referidas tecnologias.

A essa perspectiva do risco das novas tecnologias, se deverá adicionar a percepção dos riscos por parte dos consumidores dos produtos gerados a partir das mencionadas tecnologias. Nesse sentido, especificamente em relação à Inteligência Artificial, se destaca um estudo publicado em 2021, que mencionou os seguintes riscos apontados pelos consumidores: o hakeamento de contas; a captura de informações pessoais e o uso malicioso dos dados (Aytekin; Virlanuta; Guven *et al.*, 2021).

Quanto a questões relativas à segurança, a pesquisa aponta os seguintes aspectos: os respondentes têm medo da atuação dos robôs, que podem aprender sozinhos a partir da observação de padrões e

causar prejuízos financeiros nas movimentações financeiras; agredir as pessoas, ao saírem do controle do ser humano. Quanto ao item relativo à violação da privacidade pessoa, a pesquisa indica receios de que não foram tomadas medidas suficientes para proteger os dados coletados usando a inteligência artificial; e menciona a possibilidade de fraudes nesse ambiente virtual.

Também se pesquisou sobre questões éticas, onde apareceram as seguintes preocupações: que a tecnologia de inteligência artificial afeta o processo de tomada de decisão de um indivíduo, aprendendo e monitorando as preferências na Internet. “Com a tecnologia de inteligência artificial, um indivíduo é monitorado na Internet e direcionado à compra através de suas preferências. As empresas desenvolvem aplicativos baseados em computador na Internet para clicarmos em anúncios.”

Quanto ao tema do emprego e a possibilidade de desemprego tecnológico, se pode destacar: a tecnologia de inteligência artificial pode desempregar pessoas que trabalham no setor de serviços, atividades do setor manufatureiro e no varejo.

Essas tecnologias, que podem se tornar difíceis de controlar à medida que se desenvolvem, devem ser planejadas e implementadas com cuidado e cautela (Aytekin; Virlanuta; Guven *et al.*, 2021). Ao lado dessas análises relativas à percepção do risco pelos consumidores, se poderá ampliar a pesquisa, buscando conhecer essa percepção de todos os atores envolvidos com as tecnologias, com destaque para as nanotecnologias e a inteligência artificial. A construção de modelos de *autorregulação regulada* deverá trazer essas percepções para o ambiente regulatório.

Além desses aspectos, que destacam parte dos impactos que essas tecnologias poderão gerar, o modelo também integrará os seguintes elementos que pertencem ao cenário do RRI, ou seja, do *Responsible, Research and Innovation* (Pesquisa e Inovação Responsáveis), conforme Poel; Asveld; Flipse *et al.*, 2020:

(a) elaborar estratégias para o envolvimento das partes interessadas;

(b) ampliar as avaliações, incluindo, além da percepção dos riscos pelos consumidores e demais partes envolvidas, mais análises avaliativas internas e externas às organizações que operam com as referidas tecnologias (Sánchez Jiménez; Rodríguez Llopis; Noorlander *et al.*, 2022). Será preciso juntar a análise de avaliação dos riscos (RA), avaliação de todas as etapas do ciclo de vida do nanomaterial (LCA) e a análise socioeconômica (SEA) a ser trazida pelas nanotecnologias, por exemplo. Com isso, se junta a segurança das nanopartículas com a sustentabilidade da inovação gerada a partir da escala nanométrica. Por isso, se pode falar de *Safe and sustainable by Design* (Peijnenburg; Oomen; Soeteman-Hernández *et al.*, 2021), pois não basta a preocupação com a segurança, mas também com a sustentabilidade da inovação e da solução científico-tecnológico a ser apresentada por meio das nanotecnologias (Salieri; Barruetabeñ; Rodríguez-Llopis *et al.*, 2021);

(c) posicionar valores em cada uma das etapas de desenvolvimento científico e tecnológico das tecnologias. Aqui devem ingressar os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável do Milênio (ODS), especialmente o ODS 12, que justamente aponta alternativas para a produção e o consumo ambientalmente sustentáveis (Engelmann, Hohendorff, 2021), além do conteúdo da norma ISO 26000, que estrutura a Responsabilidade Social Corporativa, e a inserção do tema ESG (Governança Socioambiental), trazendo as questões ambientais, sociais - aqui com destaque para o Direitos Humanos nas organizações - e os aspectos relacionados com a governança;

(d) estruturar a experiência para capacidade de resposta, aqui ingressam os chamados *Living Labs*, como laboratórios vivos, ou seja, ambientes do mundo real, onde novas tecnologias são testadas e dados são coletados sobre o uso da tecnologia, incluindo a aplicação dos modelos de *autorregulação regulada*. Tal experimentação pode melhorar o aprendizado sobre uma tecnologia; avaliar as reações das partes interessadas à tecnologia; e as questões éticas, legais e sociais

que essa tecnologia levanta. Também se podem estruturar o *Sandbox Regulatório*, como um laboratório real equivalente ao *Living Lab*;

(e) monitorar o progresso da implantação desses elementos estruturantes do RRI;

(f) todos esses elementos, que se encontram vinculados à prática do RRI, servem para caracterizar um *ambiente confiável* para o desenvolvimento das tecnologias, que caminhe em direção a uma governança ágil e adaptativa, em condições de promover mudanças culturais nas organizações (Soeteman-Hernández; Sutcliffe; Sluijters *et al.*, 2021).

Esses elementos estruturantes da RRI serão fundamentais para que se tenha um ambiente regulatório que não seja regido por regras com precisão e altamente particularistas na especificação das ações reguladas. A proposição trazida pelos autores deste capítulo se liga à construção de ambientes que sejam baseados na governança sistêmica flexível e ágil, a fim de acompanhar as rápidas transformações operadas pelas investigações das referidas tecnologias (nanotecnologias e inteligência artificial).

Ainda, quanto ao RRI, cabe mencionar algo sobre sua origem. O RRI representa em sua própria natureza uma definição funcional que permite investigações e deliberações mais abrangentes. Assim, pode-se dizer que o RRI é um termo extenso que inclui uma variedade de noções. Tais noções compartilham de um ponto em comum, sendo que todas procuram implementar práticas responsáveis na investigação e inovação. Trata-se de um processo transparente e interativo que tem como objetivo tornar-se sensível à necessidade mútua, ou seja, desenvolve-se, portanto, uma visão da aceitabilidade ética, da sustentabilidade e conveniência social do processo de inovação e os seus produtos comercializáveis (Hullmann, 2008).

E como se poderá fazer essas mudanças culturais nas organizações? Adotando-se modelos que mesclam características de autorregulação com um controle regulatório estatal externo, onde surge o adjetivo “regulado da autorregulação”, a ser operado, por exemplo, pelo tema dos Direitos Humanos. Eles acabam sendo um elemento

qualitativo e fiscalizatório concomitantemente das estruturas autorregulatórias estruturadas pelas organizações que trabalham com as nanopartículas e com a inteligência artificial.

Segundo Soeteman-Hernández; Sutcliffe; Sluijters *et al.*, 2021, em um nível conceitual, isso será operacionalizado por meio da regulação pró-ativa, fornecendo mais autoridade discricionária para os reguladores (normas abertas e a possibilidade de usar um “julgamento profissional”) e o uso da confiança (baseado em uma base sólida e processo responsável de inovação, transparência, compartilhamento de informações e conhecimento) e o uso da avaliação de risco na priorização da atividade reguladora.

Esses elementos juntos podem modificar a estrutura baseada em regras em uma governança (mais) “baseada em metas” para uma estrutura de governança eficaz. A estrutura baseada em objetivos funciona construindo confiança, sendo transparente e compartilhando informações. A indústria assume a responsabilidade de interpretar o objetivo da estrutura de governança e os regulamentos que estão alinhados com ela.

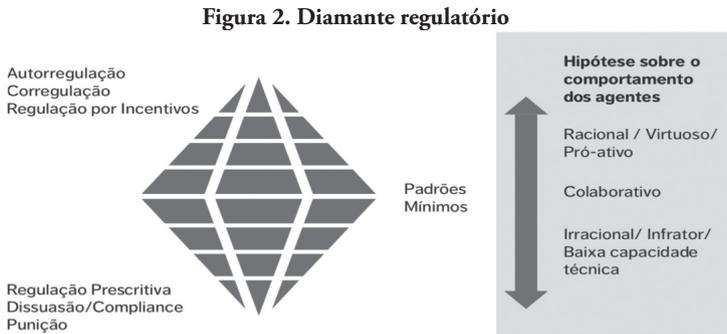
Em contraste, em uma estrutura baseada em regras, elaboradas pela atuação do Poder Legislativo, a suposição é que a indústria é exonerada de responsabilidade se agir de acordo com as regras. Portanto, em comparação com uma governança baseada em regras, uma governança baseada em metas é vista como mais flexível, incentivando a experimentação e abordagens alternativas de conformidade, exigindo que a comunidade que está sendo regulada seja voltada para o futuro e pense nas consequências de ações, é de textura mais aberta e pode ser mais adaptável às mudanças (Soeteman-Hernández; Sutcliffe; Sluijters *et al.*, 2021). Assim, parece ser mais adequada à sociedade contemporânea.

A construção de modelos de “autorregulação regulada”, com a incorporação dessas características também está consagrada em documento recente publicado pela OECD (2021), que defende o uso

da autorregulação e outros modelos flexíveis para regular o desenvolvimento tecnológico.

O Fórum Econômico Mundial também segue caminho semelhante, propondo a adoção de modelos de auto e de correção (WEF, 2020). Nesse contexto, existe uma tendência para a adoção de regulação antecipatória e de experimentação dessa modalidade regulatória, sublinhando que a evolução das tecnologias que se encontram em plena evolução na atualidade, dentre as quais se destacam as nanotecnologias e a inteligência artificial, não podem esperar pelas morosas etapas da tradição legalista estatal.

Essa perspectiva também pode ser visualizada na figura 2, a seguir:



Fonte: Diretrizes gerais e guia orientativo para elaboração de análise de impacto regulatório – AIR, 2018.

Essa figura evidencia uma probabilidade de se conseguir comportamentos racionais, virtuosos e pró-ativos das partes envolvidas, a partir do momento em que se adotam modelos de autorregulação, de correção, que se equipara à “autorregulação regulada”, sem deixar de se destacar a importância dos incentivos trazidos pela regulação para que a conduta ou o objetivo desejado sejam aceitos mais e melhor pelos destinatários da regulação. Já a parte inferior do diamante evidencia as dificuldades que a regulação tradicional pode apresentar.

Neste capítulo é apresentado um dilema que se tem atualmente no tocante à regulação das novas tecnologias: aguardar para se ter um conhecimento científico mais amplo, com todos os riscos que essa decisão carrega consigo, notadamente os riscos que as próprias tecnologias poderão gerar para o ser humano e o meio ambiente em geral ou, o que parece ser a via mais prudente, valorizar as iniciativas de construção de modelos normativos não estatais, a serem testados em laboratórios reais como o *Living Lab regulatório* ou o *Sandbox regulatório*, até que existam condições mais adequadas para a organização de modelos regulatórios legislativamente estruturados e com a intervenção do Poder Legislativo.

Se deixa, portanto, ao leitor essa reflexão, abrindo caminhos para a continuidade (necessária) das pesquisas envolvendo tecnologias e convergências regulatórias.

## Referências

AYTEKIN, Pinar *et al.* Consumers' perception of risk towards artificial intelligence technologies used in trade: a scale development study. **Amfiteatru Economic**, v. 23, n. 56, p. 65-86, 2021.

BRENDEL, Alfred Benedikt *et al.* Ethical Management of Artificial Intelligence. **Sustainability**, v. 13, n. 1974, 2021. DOI: <https://bit.ly/3EolqjP>.

CUERVO SÁNCHEZ, Carlos Antonio. Efectos de la inteligencia artificial en las estrategias de marketing: revisión de literatura. **Revista Internacional de Investigación en Comunicación aDRResearch ESIC**, n. 24, v. 24, Primer semestre, enero-junio 2021, p. 26-41. Disponível em: <https://bit.ly/43z1Agk>. Acesso em: 30 ago. 2021.

DEVANG, Vinchhi *et al.* Applications of artificial intelligence in marketing. **Annals of the University Dunarea de Jos of Galati: Medicine**, v. 25, n. 1, p. 28-36, 2019.

DI FELICE, Massimo. **Net-Ativismo**: da ação social para o ato conectivo. São Paulo: Paulus Editora, 2017.

DIRETRIZES GERAIS E GUIA ORIENTATIVO PARA ELABORAÇÃO DE ANÁLISE DE IMPACTO REGULATÓRIO – AIR. **Subchefia de Análise e Acompanhamento de Políticas Governamentais et al.** - Brasília: Presidência da República, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3WOTH15>. Acesso em: 14 abr. 2022.

ECHEVERRÍA, Javier; TABARÉS, Raúl. Artificial Intelligence, Cybercities and Technosocieties. **Minds & Machines**, v. 27, p. 473-493, 2017. DOI 10.1007/s11023-016-9412-3.

ENGELMANN, Wilson. Nanotecnologia e direitos humanos. **Cadernos de Dereito Actual**, Santiago de Compostela, Espanha, n. 9. Núm. Ordinario, 2018, p. 441-487. Disponível em <https://bit.ly/43fpbD8>. Acesso em: 07 abr. 2022.

ENGELMANN, Wilson; HOHENDORFF, Raquel von. Buscando un marco legal ágil y adaptativo para conjugar el ODS 12 con los avances nanotecnológicos. Propuesta de un Sandbox jurídico. *In*: CASADO GONZÁLEZ, María; DÍAZ MARCOS, Jordi; GUIMERÀ BALLESTA, Gerard *et al.* (coord). **Libro Blanco de las nanotecnologías**: una visión ético-social ante los avances de la nanociencia y la nanotecnología. Navarra: Editorial Aranzadi, 2021, p. 171-195.

HUANG, Wenqian; *et al.* Antibacterial nanomaterials for environmental and consumer product applications. **NanoImpact**, v. 20, 2020.

HULLMANN, Angela. European activities in the field of ethical, legal and social aspects (ELSA) and governance of nanotechnology. **Nano and Converging Sciences and Technologies**, Luxembourg, Oct. 2008. Disponível em: <https://bit.ly/3MMFHnc>. Acesso em: 14 abr. 2022.

ISO, TC 229. Disponível em: <https://bit.ly/3MLR52v>. Acesso em: 04 abr. 2022.

LESLIE, Heather A. *et al.* **Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood**. *Environment International*, abril de 2022. Disponível em: <https://bit.ly/461kFTJ> (Article in press). Acesso em: 18 jun. 2022.

MARTINHO, Vitor João Pereira Domingues; GUINÉ, Raquel de Pinho Ferreira. Integrated-Smart Agriculture: Contexts and Assumptions for a Broader Concept. **Agronomy**, v. 11, n. 1568, 2021. DOI: <https://bit.ly/3CbnL0s>. Acesso em: 28 jan. 2022.

OECD. **Recommendation of the Council for Agile Regulatory Governance to harness innovation**, 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3IOTAjB>. Acesso em: 14 abr. 2022.

PEIJNENBURG, Willie *et al.* Identification of emerging safety and sustainability issues of advanced materials: Proposal for a systematic approach. **NanoImpact**, v. 23, 2021.

SALIERI, Beatrice *et al.* Integrative approach in a safe by design context combining risk, life cycle and socio-economic assessment for safer and sustainable nanomaterials. **NanoImpact**, v. 23, 2021.

SÁNCHEZ JIMÉNEZ, Araceli *et al.* Safe(r) by design in the nanotechnology sector. **NanoImpact**, v. 26, 2022.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016.

SEIFERT, Franz; FAUTZ, Camilo. Hype after hype: from Bio to Nano to AI. **Nanoethics**, v. 15, 2021.

SILVA, Gabriel A. A new frontier: the convergence of nanotechnology, brain machine interfaces, and artificial intelligence. **Frontiers in Neuroscience**, v. 12, n. 843, 2018. doi: 10.3389/fnins.2018.00843.

SOETEMAN-HERNÁNDEZ, Lya G. *et al.* Modernizing innovation governance to meet policy ambitions through trusted environments. **NanoImpact**, v. 21, 2021.

TAEIHAGH, Araz. Governance of artificial intelligence. **Policy and Society**, v. 40, n. 2, p. 137-157, 2021, DOI: 10.1080/14494035.2021.1928377.

UMBRELLO, Steven; BAUM, Seth D. Evaluating future nanotechnology: The net societal impacts of atomically precise manufacturing. **Futures**, v. 100, p. 63-73, 2018.

VELÁZQUEZ, G. Lourdes. New challenges for Ethics: the social impact of posthumanism, robots, and artificial intelligence. **Journal of Healthcare Engineering**, Hindawi, v. 2021, Article ID 5593467, 2021. Disponível em: <https://bit.ly/43qWlQw>. Acesso em: 04 fev. 2022.

WORLD ECONOMIC FORUM – WEF. **Agile regulation for the Fourth Industrial Revolution**: a toolkit for regulators. December 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3oDbQWn>. Acesso em: 14 abr. 2022.

CAPÍTULO V

**REGULAÇÃO E AUTORREGULAÇÃO  
DAS NANOTECNOLOGIAS:  
UMA RESENHA SOBRE AS PESQUISAS  
COORDENADAS PELO  
PROF. DR WILSON ENGELMANN**

*Raquel von Hobendorff*

A coletânea coordenada pelo prof. Dr Wilson Engelmann sobre o seminário de 2020 trata-se de um material de destacado reconhecimento científico e imperdível para os pesquisadores das mais variadas áreas do conhecimento que estudam as nanotecnologias. O livro integrou o projeto de pesquisa intitulado “A autorregulação da destinação final dos resíduos nanotecnológicos”, que foi aprovado no âmbito do Edital 02/2017 – Pesquisador Gaúcho, da Fundação de Amparado à Pesquisa no Estado do Rio Grande do Sul – Fapergs. A coletânea é composta de seis partes, que interagem entre si e demonstram a necessária e imprescindível transdisciplinaridade para a abordagem das nanotecnologias.

As nanotecnologias vêm acompanhadas de incertezas científicas quanto a seus efeitos e (possíveis?) danos futuros ao meio ambiente e vida humana. O mundo na escala nano sempre existiu integrando a natureza, mas somente a partir da metade para o final do Século XX, o ser humano conseguiu acessar esta ordem de grandeza, visualizando a bilionésima parte de um metro. Observa-se no cotidiano da vida humana o consumo cada vez maior de inúmeros novos produtos com nanotecnologia, nas mais diversas áreas. Os produtos e setores onde se podem encontrar nanopartículas são: alimentação; aparelhos domésticos; medicina; petróleo; impressoras; energias renováveis;

esporte e fitness; têxteis; agricultura; automotivo; construção; cosméticos; eletrônicos, bem como a utilização para fins ambientais. Inclusive esse amplo rol é aberto devido ao processo contínuo de desenvolvimento das nanotecnologias. Tais produtos trazem a promessa de benefícios e utilidades nunca antes pensados, despertando nos consumidores e sociedade em geral a curiosidade. Desta maneira, o consumo destas criações em escala nano vêm sendo cada vez maior, com um universo de novidades despejadas no mercado diariamente. Assim, deixam de ser apenas promessas futurísticas e incorporam-se na rotina diária da sociedade deste início do século XXI, exigindo, portanto, a atenção por parte do Direito. O desenvolvimento socioeconômico que ocorrerá com o advento e implementação das nanotecnologias nos mais diversos processos produtivos não pode deixar de considerar os aspectos éticos legais e sociais, bem como a sustentabilidade, promovendo sempre os ideais de uma responsabilidade planetária e de um não retrocesso ambiental.

Como as nanopartículas são muito pequenas, medindo menos de um centésimo de bilionésimo de metro, são regidas por leis físicas muito diferentes daquelas com as quais a ciência está acostumada. Existem probabilidades de que as nanopartículas apresentem grau de toxicidade maior do que as partículas em tamanhos normais, podendo assim ocasionar riscos à saúde e segurança de pesquisadores, trabalhadores e consumidores.

Quanto mais larga for a utilização da nano escala na indústria, maior será a quantidade de produtos colocados à disposição do consumidor. Qual o motivo da preocupação? Por meio de equipamentos especializados, em condições de interagir com o nível atômico, se geram produtos com características físico-químicas diferentes daquelas encontradas no seu similar na escala macro. Aliado a esse aspecto, inexistente regulação específica para as nanotecnologias ao longo do ciclo de vida de um nanomaterial.

Desta forma, resta demonstrada a imensa importância da pesquisa do tema e apresentação dos resultados nesta obra.

A primeira parte da obra versa sobre Nanotecnologias e regulação, com a participação do coordenador da obra, em um texto que nos faz refletir se estamos no caminho certo ou não... Na segunda parte constam dois trabalhos, de autoria de Raquel von Hohendorff e Ana Yara Paulino que instigam sobre a transdisciplinaridade necessária à abordagem do tema.

Na terceira parte da obra, apresentam-se três textos que discutem a situação da nanotecnologia, pandemia e trabalho, abordando também as questões relativas ao uso intensivo de nanopata, com textos de Arline Arcuri, Thomas Jensen e Valéria Pinto.

A quarta parte versa sobre nanotecnologia, ciência e tecnologia e democracia, temas muito caros e sob constante risco na atual realidade complexa que vivenciamos. Nesta parte constam textos de Maurício Berger, José Victoriano e Paulo Roberto Martins, pesquisadores com vasto conhecimento dos temas abordados.

A quinta parte da obra aborda as nanotecnologias e os desafios em saúde e segurança do trabalho, com magistrais contribuições de Adriano Premebida, Luís Andrade e José Schimdt. Todos os artigos refletem sobre a segurança dos trabalhadores, os primeiros atores em contato com os riscos das nanotecnologias em um dos únicos países do mundo que aplica a monetarização do risco, ou seja, que paga um adicional de insalubridade de 10, 20 ou 40 %, calculado sobre o salário mínimo, em troca da saúde e qualidade de vida dos trabalhadores.

A sexta e última parte da obra trata sobre tecnologias e a sociedade, com ênfase em questões agrícolas e de saúde. Nesta parte constam textos de autoria de Tânia Magno, Steve Suppan e Jorge Pontes.

O desenvolvimento da nanotecnologia gera impactos éticos, legais e sociais importantes, relacionados também ao princípio da precaução e informação, bem como reflexos nas relações de trabalho e no meio ambiente. Não há como se imaginar avanços científicos e tecnológicos, além de econômicos, alicerçados sobre retrocesso social em termos de saúde e de proteção.

O avanço das nanotecnologias, num conjunto crescente de aplicações, já integra o cotidiano da sociedade brasileira e mundial. Assim, as pesquisas e os produtos, que advirão desta intervenção humana nas forças naturais, exigirão a atuação dos diferentes sistemas<sup>1</sup>, com a avaliação dos impactos sociais, éticos e regulatórios emergentes, suportados por um modelo de inovação que deverá ser responsável e sustentável, pois há incerteza quanto aos riscos nanotecnológicos.

---

1. “Na sociedade atual, vemos uma aproximação entre a ordem política, econômica e jurídica, esta aproximação não significa que os sistemas não tenham sua autonomia, ao contrário, podemos ver a constante necessidade de uma maior abertura cognitiva vinculada a um fechamento operativo, pois só assim a sociedade pode ser analisada como uma malha de comunicação”. Rocha, Leonel S.; Martini, Sandra R. *Teoria e prática dos sistemas sociais e direito*. 1. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2016. p. 25.

# CAPÍTULO VI

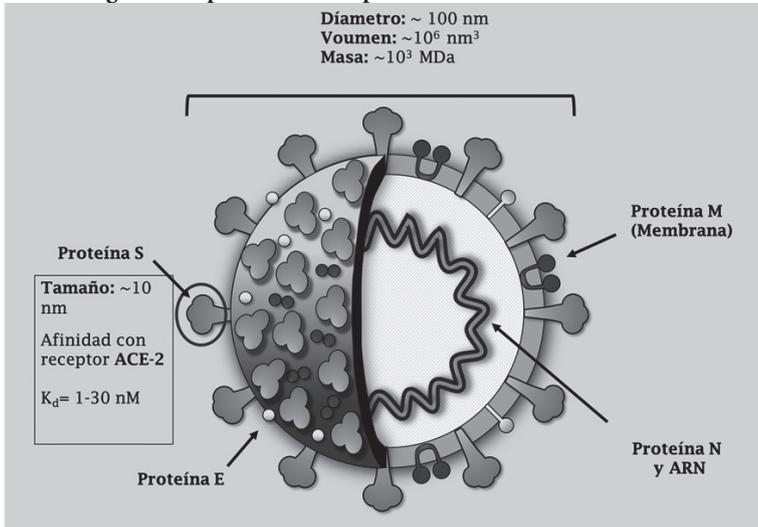
## EL USO DE NANOMATERIALES PARA DETECTAR Y COMBATIR A LA COVID-19

*Juan C. Durán-Álvarez*

### **Introducción**

En diciembre de 2019 se reportaron los primeros casos de la enfermedad por coronavirus 2019 (Covid-19), la cual mostró un ominoso potencial de diseminación en un mundo completamente globalizado (Palacios Cruz *et al.*, 2021). El agente etiológico de la Covid-19 es el virus del Síndrome Respiratorio Agudo Severo Coronavirus-2 (Sars-CoV-2), un miembro de la familia de los  $\beta$ -coronavirus, con capacidad para infectar a los humanos y causar infecciones entéricas o respiratorias. Algunos ejemplos de estos virus son el HCoV-OC43, el Sars-CoV y el Mers-CoV. El Sars-CoV-2 es un virus que se replica a través de la decodificación de su ARN; con unas dimensiones aproximadas de 100 nm de diámetro (Figura 1), se constituye principalmente de glicoproteínas, siendo las más importantes las proteínas *spike* (S), *envelope* (E), *membrane* (M) y *nucleocapsid* (N), también cuenta una membrana lipídica, y otras proteínas estructurales, como las llamadas open reading frame (ORF) (Hu *et al.*, 2021).

**Figura 1. Representación esquemática del virus SARS-CoV-2**



Fonte: Castillo (2021).

La actual evidencia indica que este agente biológico nanométrico ingresa a las células del organismo humano a través de los sitios de acción de la enzima angiotensina 2 (ECA-2). En los primeros meses del desarrollo de la pandemia, se consideraba que solo las células del epitelio respiratorio (neumocitos tipo II) eran infectadas por el virus. No obstante, los datos clínicos obtenidos posteriormente revelaron que el virus puede infectar a las células del epitelio intestinal y las del sistema nervioso, entre otras (Yuki, Fujiogi, and Koutsogiannaki 2020). Ello explica algunos de los síntomas peculiares de la Covid-19, como la diarrea y la llamada «hipoxemia silenciosa» (Gopal *et al.*, 2021).

De cara a la elevada tasa de contagios a nivel mundial, y a la posibilidad de reinfección que dificulta alcanzar la inmunidad de rebaño (Sanaie *et al.*, 2021) sin comprometer la capacidad de los servicios médicos, se optó por concentrar los esfuerzos en el desarrollo de mecanismos que resulten en una menor tasa de contagios. Por ejemplo, métodos eficientes de detección de individuos enfermos en etapas

tempranas, equipo de protección personal más eficiente, agentes desinfectantes capaces de inactivar al virus a largo plazo y el desarrollo de diversas plataformas de vacunas contra la Covid-19. De este modo, a lo largo de 2020 y 2021 se ha visto un notable incremento en los fondos destinados para ciencia y tecnología, teniendo como resultado un crecimiento exponencial en el número de artículos científicos y patentes enfocados a entender la composición del Sars-CoV-2, el mecanismo de infección y el tratamiento de los síntomas, el desarrollo de equipo de protección personal y la formulación de vacunas, entre otros temas. Infortunadamente, esto solo ha ocurrido como medida contingente en países desarrollados, mientras que en América Latina permanecemos expectantes de los hitos que en ciencia y tecnología son alcanzados por la comunidad científica de otros países.

La nanociencia y la nanotecnología tienen mucho que aportar en lo referente a la comprensión y el control de la Covid-19, así como en el desarrollo de plataformas de vacunas. Las principales áreas de incidencia son: a) el desarrollo de productos de desinfección y equipo de protección personal eficiente; b) la mejora en la eficiencia de los métodos de detección convencionales y desarrollo de biosensores; y, c) la propuesta de una nueva plataforma de vacuna. Estos puntos se desarrollan a lo largo de las secciones de este texto.

## **Agentes nanométricos para inactivar al Sars-CoV-2**

Las propiedades antimicrobianas de los materiales nanométricos, como las nanopartículas de oro, plata, cobre, zinc o hierro son bien conocidas, y por ello nanopartículas metálicas o de óxidos metálicos son usadas para mantener condiciones asépticas en espacios quirúrgicos, por dar un ejemplo (Dizaj *et al.*, 2014). El mecanismo de inactivación de microorganismos puede ocurrir a través de la liberación prolongada de iones, los cuales reaccionan con los componentes de las membranas celulares, induciendo estrés oxidativo. Ello lleva a la exposición de los componentes del citoplasma y la muerte del organismo (Shrestha; Kishen, 2016). Esto ocurre principalmen-

te al emplear nanopartículas metálicas de plata o cobre, las cuales se oxidan de manera espontánea, produciendo iones  $\text{Ag}^+$  y  $\text{Cu}^{2+}$ . Por otro lado, las nanopartículas de metales nobles, como el oro ( $\text{Au}^0$ ) pueden traspasar la membrana celular y causar daños en organelos como la mitocondria, desnaturalizar proteínas e interactuar con el material genético, teniendo efectos bactericidas o bacteriostáticos. Otros materiales, como el  $\text{TiO}_2$  y el  $\text{ZnO}$  funcionan como fotocatalizadores, que al ser expuestos a una fuente lumínica de suficiente energía producen especies reactivas de oxígeno, como los radicales  $\cdot\text{OH}$ ,  $\cdot\text{O}_2^-$  o  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Estos agentes oxidantes son capaces de sobrepasar los procesos antioxidantes de los microorganismos, lo cual resulta en la apoptosis celular (Duran-Alvarez; Avella; Zanella, 2015).

Cuando los materiales nanométricos son depositados sobre sustratos metálicos, cerámicos o plásticos, la acción antimicrobiana es más prolongada en comparación a la obtenida al limpiar las superficies con alcohol (Chamakura *et al.*, 2011). Ello se debe a que los nanomateriales permanecen en la superficie y pueden regenerarse, mientras que los desinfectantes químicos se evaporan rápidamente (Imani *et al.*, 2020). Por esta razón, nuevos equipos de protección personal, como mascarillas han sido desarrollados usando nanopartículas de metales, como plata, y de nanotubos de carbono (Alshabnah *et al.*, 2021; Grozdanov; Paunovic, 2021; Zhong *et al.*, 2020). El uso de estas mascarillas representa, no solamente una barrera física para las partículas virales transportadas en gotículas sino una barrera química que inactiva al virus. Varios grupos de académicos en la Universidad Nacional Autónoma de México han desarrollado mascarillas con nanopartículas metálicas embebidas en el material polimérico, las cuales han sido probadas con éxito para la protección de personal de salud (Yocupicio-Gaxiola *et al.*, 2021).

La investigación sobre las interacciones entre las nanopartículas inorgánicas (metales y óxidos metálicos) y los diversos componentes del Sars-CoV-2 es un campo poco explorado, enfocándose en el uso de nanopartículas de  $\text{Ag}^+$  para inactivar al virus (Teirumnieks *et al.*, 2021). En algunos estudios previos se predice de manera teórica las

posibles interacciones entre materiales nanométricos y el Sars-CoV-2 (Carvalho; Conte-Junior, 2021). Por ejemplo, las nanopartículas metálicas de oro funcionalizadas con péptidos pueden formar complejos con el dominio de unión al receptor, presente en la proteína S, impidiendo el ingreso del virus a las células a través de los receptores de la ECA2 (Mehranfar; Izadyar, 2020). De manera similar, se ha reportado, a nivel teórico, la interacción de nanopartículas de óxidos de hierro (*i.e.*,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) con el dominio de unión al receptor de la proteína S1 del Sars-CoV-2, lo cual llevaría a su inactivación (Abozeid *et al.*, 2020). En lo que respecta al desarrollo de medicamentos basados en nanopartículas, actualmente se investigan las modificaciones de la artemisinina y algunos de sus derivados con nanopartículas de plata para ser usados como antivirales contra el Sars-CoV-2 (Akbari; Morad; Maaza, 2020). Así mismo, se plantea el desarrollo de complejos de remdesivir con nanopartículas de ácido poliláctico o poliglicólico para bloquear a los receptores ECA2, como un tratamiento para evitar la infección por Covid-19 (J. Wu; Wang; Li, 2020).

Al inicio de la pandemia, en 2020, algunos sitios públicos en la ciudad de Nápoles, Italia, fueron desinfectados aplicando nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  en suspensión. El objetivo de esto es que las nanopartículas fijadas en las superficies de concreto funcionen como agentes inactivadores del virus Sars-CoV-2, ya sea desestabilizando a las partículas virales o a través de la generación de especies reactivas de oxígeno capaces de degradar a las proteínas que componen a la cápside y la membrana de las partículas virales (Durán Álvarez; Martínez Avelar; Mejía Almaguer, 2020).

## **Uso de nanopartículas para la detección del Sars-CoV-2 en muestras biológicas**

Una de las principales estrategias de control de propagación de la Covid-19 se basa en la constante realización de pruebas a la población, con el fin de rastrear e interrumpir las cadenas de contagio (Contreras *et al.*, 2021). No obstante, un reto mayúsculo en

esta tarea es el incremento en la sensibilidad de las pruebas para la presencia del Sars-CoV-2 en individuos asintomáticos o con baja carga viral con capacidad de diseminar la enfermedad (Shental *et al.*, 2020). Actualmente, la prueba molecular de Reacción en Cadena de la Polimerasa con Transcriptasa Inversa (RT-PCR, por sus siglas en inglés), en tiempo real, es conocida como «prueba estándar de oro» dado que es capaz de detectar la presencia del virus en las mucosas durante las primeras etapas de la infección. Una alternativa a la RT-PCR es la prueba molecular de amplificación isotérmica con Transcriptasa Inversa (RT-Lamp, por sus siglas en inglés), la cual es más económica y puede realizarse en comunidades remotas sin acceso a energía eléctrica, aunque su efectividad y selectividad tras el noveno día de la infección es menor a lo mostrado por la RT-PCR (Inaba *et al.*, 2021). Ambas pruebas moleculares se basan en la separación del material genético contenido en muestras de mucosa nasofaríngea y su posterior replicación mediante la adición de la enzima polimerasa. Solo algunos fragmentos del material genético (ARN) son replicados, tales como fragmentos de las proteínas S, E, N, RdRp y proteínas ORF. Junto con la polimerasa se agregan moléculas sonda que generan fluorescencia tras la replicación de los segmentos de ARN objetivo. El incremento en la fluorescencia implica un mayor número de réplicas, lo cual se relaciona con una mayor carga viral en la muestra (Esbin *et al.*, 2020).

A través del uso de nanopartículas metálicas de oro en los ensayos RT-PCR o RT-Lamp es posible incrementar la intensidad de la fluorescencia de las moléculas sonda, reduciendo enormemente el tiempo de análisis e incrementando el límite de detección del método (Zeng *et al.*, 2011). Esto resulta en mayor sensibilidad para la detección del virus en individuos asintomáticos y una considerable disminución en el efecto interferente de los componentes de la matriz que llevan a la obtención de falsos negativos (Fani *et al.*, 2021). El incremento en la intensidad de la fluorescencia que ocurren en cada evento de replicación del ARN se debe al

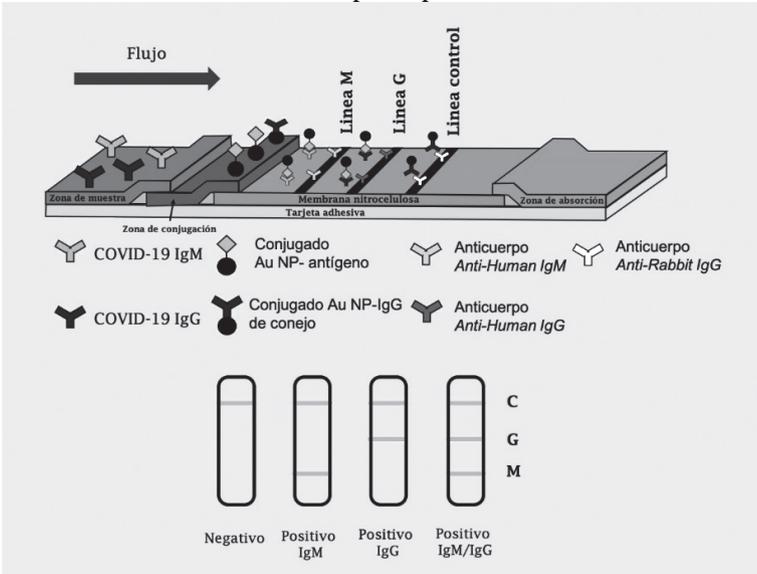
efecto de resonancia del plasmón de superficie (SPR, por sus siglas en inglés). Este efecto no solo se expresa como el incremento de la fluorescencia, también puede disipar la energía superficial en forma de calor, incrementando la temperatura de la muestra conforme se realiza la medición (Zeng *et al.*, 2011). Este calor puede ser aprovechado para que ocurra la polimerización sin la necesidad de un termociclador, incrementando la eficiencia de la prueba RT-PCR (Cheong *et al.*, 2020; G. Qiu *et al.*, 2021). Diversos estudios han reportado el desarrollo y la implementación de esta plataforma asistida por nanopartículas metálicas de oro para incrementar la sensibilidad de las pruebas moleculares, mostrando resultados prometedores (Y. Wu *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2005). Los estudios más recientes proponen el uso de nanopartículas magnéticas con propiedades plasmónicas (*e.g.*, Au-magnetita), las cuales pueden ser recuperadas tras su uso (Y. Qiu *et al.*, 2021).

## **Desarrollo de biosensores como pruebas rápidas para identificar individuos infectados con Covid-19**

Las llamadas «pruebas rápidas» representan una alternativa asequible y menos invasiva comparadas con las pruebas moleculares. En estas pruebas se analizan de manera cualitativa o semicuantitativa a algunos componentes del virus Sars-CoV-2 (principalmente la proteína S) o los anticuerpos que se generan en el organismo tras la infección (inmunoglobulinas G y M). Por esta razón, las primeras son conocidas como «pruebas de antígenos», mientras que las segundas se denominan como «pruebas de anticuerpos». Las pruebas de detección de antígenos y anticuerpos del Sars-CoV-2 son menos sensibles que los ensayos moleculares (Jääskeläinen *et al.*, 2021; McAulay *et al.*, 2020), y son funcionales únicamente cuando el paciente está cursando algunas etapas de la enfermedad; en algunos casos, el diagnóstico clínico puede ser suficiente al encontrarse los síntomas plenamente desarrollados.

El uso de nanopartículas metálicas de oro como biosensores ha captado el interés de la comunidad científica, pues una cantidad minúscula de nanopartículas de oro bien dispersas en una superficie inerte puede detectar selectivamente a biomoléculas objetivo (proteínas, oligosacáridos, material genético) en matrices biológicas. Para el desarrollo de estos biosensores se explotan las propiedades químicas y ópticas especiales de las nanopartículas de oro, como su alta reactividad con ciertos grupos funcionales y la resonancia superficial del plasmón. Al funcionalizar a las nanopartículas metálicas de oro con una biomolécula se observa un cambio en la banda de emisión plasmónica, lo cual resulta en un cambio de coloración que es perceptible a simple vista (J. Wang *et al.*, 2021). Este principio es usado para la determinación cualitativa y altamente selectiva de moléculas objetivo en matrices biológicas empleando dispositivos de flujo lateral, comúnmente conocidas como pruebas rápidas portátiles (Cerutti *et al.* 2020). En estos dispositivos se coloca una gota de sangre o saliva en el prota muestras y el líquido comienza a fluir a través de la superficie por efecto de la capilaridad. En las pruebas que miden anticuerpos, la muestra interactúa con antígenos de proteína S conjugados con nanopartículas de oro, promoviendo una reacción antígeno-anticuerpo en la superficie de las nanopartículas de oro. Posteriormente, la muestra fluye a través de franjas en donde se hallan depositados anticuerpos proteicos anti-humano, correspondientes a las inmunoglobulinas M y G. Estos anticuerpos reaccionan con el conjugado antígeno-anticuerpo, fijando a la nanopartícula de oro, cuya emisión plasmónica corresponde al color rojo (Figura 2). Los dispositivos cuentan con nanopartículas metálicas de oro funcionalizadas con complejos antígeno-anticuerpo de otras especies de mamíferos (*e.g.*, conejo o rata), los cuales funcionan como control positivo para validar los resultados de la prueba (Yadav *et al.*, 2021).

**Figura 2. Representación esquemática de un sistema de flujo lateral para la determinación de anticuerpos de proteína S de Sars-CoV-2**



Fonte: Li *et al.* (2020).

Los dispositivos desarrollados hasta el momento de la redacción de este documento han mostrado alta eficiencia, con tasas de efectividad cercanas al 100% y sensibilidad por arriba del 95% en muestras clínicas (C. Wang *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2021; Han *et al.*, 2022). En términos generales, esta clase de dispositivos pueden aportar resultados confiables para la detección de individuos infectados con Sars-CoV-2 (McAulay *et al.*, 2020), aunque no se deben descartar otra clase de ensayos y pruebas clínicas complementarias. Estudios recientes proponen el uso de nanopartículas metálicas de oro funcionalizadas con dos epitopes antigénicos de las proteínas S y N del Sars-CoV-2 para la identificación de inmunoglobulina G en plasma de pacientes infectados con Covid-19. Este tipo de dispositivos mostró un 100% de especificidad y 83% de sensibilidad (Lew *et al.*, 2021). La selectividad de los biosensores basados en nanopartículas metálicas ha incrementado de tal modo que actualmente son capaces de diferenciar a las nuevas variantes del Sars-CoV-2 (Kontogianni *et al.*, 2021; Zhang; Xi; Juhas, 2021). La tenden-

cia más reciente en este campo apunta hacia el desarrollo de biosensores basados en nanopartículas metálicas para el seguimiento de la respuesta inmune en los pacientes que inician el curso de la infección, de cara a evitar una respuesta inmune exacerbada, conocida como «tormenta de citocinas». Estos sensores se enfocarían en la detección de biomarcadores propios de la infección por Sars-CoV-2, por ejemplo agentes proinflamatorios (Russell *et al.*, 2020).

## **Plataforma de vacuna basada en nanopartículas lipídicas**

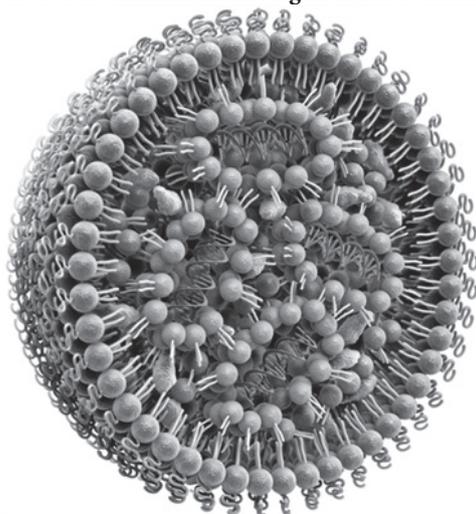
Uno de los principales argumentos usados por los opositores de las vacunas contra el Sars-CoV-2 y sus variantes es que éstas han sido creadas muy recientemente, sin un proceso previo de evaluación. Esto lo aplican principalmente a la plataforma de vacuna basada en ARN mensajero (ARN<sub>m</sub>) encapsulado en nanopartículas lipídicas, como la usada por Moderna y Pfizer. Sin embargo, esta premisa es falsa, pues desde la década de 1990, el grupo encabezado por la Dra. Katalin Karikó trabaja en la síntesis de nanopartículas lipídicas para su aplicación en medicina, ya sea como tratamiento contra diferentes tipos de cáncer o para el desarrollo de vacunas basadas en ARN<sub>m</sub> (Cox, 2020; Alameh *et al.*, 2021).

En la vacuna basada en ARN<sub>m</sub>, diferentes secuencias de ARN que codifican para segmentos específicos de la proteína S del virus Sars-CoV-2 son encapsulados en nanopartículas lipídicas, similares a micelas. Estas nanopartículas son inoculadas por vía subcutánea y migran hacia los nódulos linfáticos más cercanos. Ahí, las nanopartículas se mueven a través de intrincados caminos hasta alcanzar a células linfocíticas inmaduras, en cuyas membranas encontrarán receptores externos para ingresar al citoplasma. Una vez dentro de la célula, la nanopartícula lipídica se desestabiliza y libera al ARN<sub>m</sub>, el cual es traducido por los ribosomas y posteriormente forma a los epítomos en los organelos celulares, para finalmente formar al complejo de histocompatibilidad que es presentado en la cara exterior de la membrana celular. Este proceso convierte a la célula transducida

en una célula presentadora de antígeno, la cual interacciona con un linfocito T para generar anticuerpos específicos de los antígenos correspondientes al dominio de unión con el receptor presente en la proteína S (Sahin *et al.*, 2020). Los anticuerpos generados son policlonales, lo que implica que pueden neutralizar a diferentes puntos de la proteína S del Sars-CoV-2 (Mulligan *et al.*, 2020), haciendo eficiente a la vacuna para las variantes del virus hasta ahora conocidas.

Como se muestra de manera esquemática en la Figura 3, las nanopartículas lipídicas usadas en las vacunas de ARN<sub>m</sub> están constituidas por una membrana lipídica de doble capa formada por ácidos grasos de carga negativa o neutra, además de fosfolípidos, colesterol y polietilenglicol de diferente peso molecular (Hou *et al.*, 2021). Estas tres moléculas tienen funciones estructurales que facilitan el paso de la nanopartícula lipídica a través de los nódulos linfáticos, también pueden actuar como antena para alcanzar a las células linfocíticas y entrar en ellas, y ayudan a la desestabilización del endosoma para liberar al ARN<sub>m</sub> dentro del citoplasma de la célula (Igyártó; Jacobsen; Ndeupen, 2021).

**Figura 3. Representación esquemática de una nanopartícula de lípidos que contiene material genético**



Fonte: Disponível em: <https://bit.ly/46tR4sg>. Acesso em: 17 maio 2022.

La formulación de las nanopartículas lipídicas que contienen  $ARN_m$  está patentada por el grupo de la Dra. Karikó a través de los laboratorios BioNTech. Sin embargo, se continúa trabajando en la formulación de nuevas nanopartículas lipídicas para la entrega de  $ARN_m$ . Por ejemplo, Zhao *et al.* desarrollaron nanopartículas lipídicas con una formulación de  $N_1$ ,  $N_3$ ,  $N_5$ -tris(2-aminoetil) benceno-1,3,5-tricarboxiamida (TT3), 2-dioleoil-sn-glicerol-3-fosfoetanolamina (Dope), colesterol y 1,2-dimiristoil-sn-glycerol, metoxipolietilenglicol (DMG-PEG2000), en una proporción molar TT3/Dope/colesterol/DMG-PEG2000 = 20/30/40/0.75. Estas nanopartículas lipídicas han mostrado ser eficientes para contener secuencias de  $ARN_m$  que codifican para la generación de antígenos de proteínas S y ORF1ab; las nanopartículas lipídicas pueden ser almacenadas en congelación hasta por tres meses (Zhao *et al.*, 2020).

Esta es la primera vez en la historia que se emplea una plataforma de vacuna basada en nanopartículas, lo cual es un hecho sin precedentes y abre nuevos caminos para las nanociencias y la nanotecnología. Por ejemplo, actualmente se trabaja en una vacuna de  $ARN_m$  contra el virus Zika (Pardi *et al.*, 2017). Sin embargo, se debe actuar con cautela para observar los potenciales efectos tóxicos ocasionados por las nanopartículas lipídicas, actuando siempre desde el principio precautorio.

## Referências

ABO-ZEID, Yasmin *et al.* Iron Oxide Nanoparticles to Treat and Control COVID-19 Infection.” **European Journal of Pharmaceutical Sciences** 153: 105465. Disponível em: <https://bit.ly/3qtdQB3>. Acesso em: 14 abr. 2021.

AKBARI, Mahmood; RAZIEH, Morad; MALIK Maaza. 2020. “First Principle Study of Silver Nanoparticle Interactions with Antimalarial Drugs Extracted from Artemisia Annu Plant.” **Journal of Nanoparticle Research** 22: 331. Disponível em: <https://bit.ly/3Cd3Eiw>. Acesso em: 17 jun. 2021.

ALAMEH, Mohamad-Gabriel *et al.* 2021. “Lipid Nanoparticles Enhance the Efficacy of mRNA and Protein Subunit Vaccines by Inducing Robust

T Follicular Helper Cell and Humoral Responses.” **Immunity**. Disponível em: <https://bit.ly/42pkpSc>. Acesso em: 18 out. 2021.

ALSHABANAH, Latifah Abdullah *et al.* 2021. “Hybrid Nanofibrous Membranes as a Promising Functional Layer for Personal Protection Equipment: Manufacturing and Antiviral/Antibacterial Assessments.” **Polymers** 13: 1776. Disponível em: <https://bit.ly/3IWYUs>. Acesso em: 18 nov. 2021.

CARVALHO, Anna Paula A.; CARLOS, A. Conte-Junior. 2021. “Recent Advances on Nanomaterials to COVID-19 Management: A Systematic Review on Antiviral/Virucidal Agents and Mechanisms of SARS-CoV-2 Inhibition/Inactivation.” **Global Challenges** 5: 2000115. Disponível em: <https://bit.ly/3OYUNZp>. Acesso em: 14 fev. 2022.

CASTILLO, Sarahi Britney Baltazar. **Licença CC BY-NC 4.0**. 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3LIKZQP>. Acesso em: 17 maio 2022.

CERUTTI, Francesco *et al.* 2020. “Urgent Need of Rapid Tests for SARS CoV-2 Antigen Detection: Evaluation of the SD-Biosensor Antigen Test for SARS-CoV-2.” **Journal of Clinical Virology** 132 (September): 104654. Disponível em: <https://bit.ly/3qiCKDa>. Acesso em: 12 mar. 2022.

CHAMAKURA, Karthik *et al.* 2011. “Comparison of Bactericidal Activities of Silver Nanoparticles with Common Chemical Disinfectants.” **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces** 84: 88–96. Disponível em: <https://bit.ly/3qvmXAW>. Acesso em: 18 out. 2018.

CHEONG, Jiyong *et al.* 2020. “Fast Detection of SARS-CoV-2 RNA via the Integration of Plasmonic Thermocycling and Fluorescence Detection in a Portable Device.” **Nature Biomedical Engineering** 4: 1159–67. Disponível em: <https://bit.ly/3CfKxVb>. Acesso em: 17 set. 2021.

CONTRERAS, Sebastian *et al.* 2021. “The Challenges of Containing SARS-CoV-2 via Test-Trace-and-Isolate.” **Nature Communications** 12 (1): 1–13. DOI: <https://bit.ly/45JFfyL>.

COX, David. “**How MRNA Went from a Scientific Backwater to a Pandemic Crusher.**” WIRED, 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3oV2uVM>. Acesso em: 16 fev. 2022.

DIZAJ, Solmaz Maleki *et al.* 2014. “Antimicrobial Activity of the Metals and Metal Oxide Nanoparticles.” **Materials Science and Engineering C** 44: 278–84. Disponível em: <https://bit.ly/3Ccu9EN>. Acesso em: 27 fev. 2022.

DURÁN ÁLVAREZ, Juan Carlos; MARTÍNEZ AVELAR, Carolina; MEJÍA ALMAGUER, Daniel. 2020. “El Papel de La Nanociencia y La Nanotecnología En El Marco de La Pandemia de COVID-19.” *Mundo Nano*. **Revista Interdisciplinaria En Nanociencias y Nanotecnología** 14: 1e-29e. Disponível em: <https://bit.ly/3MSzg1J>. Acesso em: 12 jan. 2022.

DURAN-ALVAREZ, Juan-Carlos; EDWIN Avella; ZANELLA, Rodolfo. 2015. “Descontaminación de Agua Utilizando Nanomateriales y Procesos Fotocatalíticos.” **Mundo Nano** 8 (14): 17–39. Disponível em: <https://bit.ly/3Cj0lWZ>. Acesso em: 14 mar. 2022.

ESBIN, Meagan N. *et al.* 2020. “Overcoming the Bottleneck to Widespread Testing: A Rapid Review of Nucleic Acid Testing Approaches for COVID-19 Detection.” **RNA** 26: 771–83. Disponível em: <https://bit.ly/43Fgy4A>. Acesso em: 17 nov. 2021.

FANI, Mona *et al.* 2021. “Future Developments in Biosensors for Field-Ready SARS-CoV-2 Virus Diagnostics.” **Biotechnology and Applied Biochemistry** 68 (+): 695–99. Disponível em: <https://bit.ly/45GmwL>. Acesso em: 18 jan. 2022.

GOPAL, Akshita B. *et al.* 2021. “Silent Hypoxia in COVID-19: A Gut Microbiota Connection.” **Current Opinion in Physiology** 23: 100456. Disponível em: <https://bit.ly/43qKdyM>. Acesso em: 10 set. 2022.

GROZDANOV, Anita, and Perica Paunovic. 2021. “Functionalized Nanoparticles in Facemasks for Protection of Covid 19.” **Material Science & Engineering International Journal Mini** 5: 142–46. Disponível em: <https://bit.ly/3WOjxWa>. Acesso em: 14 set. 2022.

HAN, Han *et al.* 2022. “Rapid Field Determination of SARS-CoV-2 by a Colorimetric and Fluorescent Dual-Functional Lateral Flow Immunoassay Biosensor.” **Sensors and Actuators B: Chemical** 351 (September 2021): 130897. Disponível em: <https://bit.ly/43uwGXa>. Acesso em: 12 abr. 2022.

HOU, Xucheng *et al.* 2021. “Lipid Nanoparticles for mRNA Delivery.” **Nature Reviews Materials**, 0123456789. Disponível em: <https://bit.ly/3WRSk4N>. Acesso em: 13 mar. 2022.

HU, Ben *et al.* 2021. “Characteristics of SARS-CoV-2 and COVID-19.” **Nature Reviews Microbiology** 19: 141–54. Disponível em: <https://bit.ly/3OVYnDz>. Acesso em: 14 ago. 2022.

IGYÁRTÓ, Botond Z.; JACOBSEN, Sonya; NDEUPEN, Sonia. 2021. “Future Considerations for the mRNA-Lipid Nanoparticle Vaccine Platform.” **Current Opinion in Virology** 48: 65–72. Disponível em: <https://bit.ly/3OPN2Fc>. Acesso em: 12 abr. 2022.

IMANI, Sara M. *et al.* Didar. 2020. “Antimicrobial Nanomaterials and Coatings: Current Mechanisms and Future Perspectives to Control the Spread of Viruses Including SARS-CoV-2.” **ACS Nano** 14: 12341–69. Disponível em: <https://bit.ly/3qnh6h7>. Acesso em: 14 ago. 2022.

INABA, Masato *et al.* 2021. “Diagnostic Accuracy of LAMP versus PCR over the Course of SARS-CoV-2 Infection.” **International Journal of Infectious Diseases** 107: 195–200. Disponível em: <https://bit.ly/3WSqOo7>. Acesso em: 17 fev. 2022.

JÄÄSKELÄINEN, A. E. *et al.* 2021. “Evaluation of Three Rapid Lateral Flow Antigen Detection Tests for the Diagnosis of SARS-CoV-2 Infection.” **Journal of Clinical Virology** 137: 104785. Disponível em: <https://bit.ly/3OWamkB>. Acesso em: 30 abr. 2022.

KONTOGIANNI, Konstantina *et al.* 2021. “Lateral Flow Antigen Tests Can Sensitively Detect Live Cultured Virus of the SARS-CoV-2 B.1.1.7 Lineage.” **Journal of Infection** 83 (1): e1–4. Disponível em: <https://bit.ly/45PNKIK>. Acesso em: 04 mar. 2022.

LEW, Tedrick Thomas Salim *et al.* 2021. “Epitope-Functionalized Gold Nanoparticles for Rapid and Selective Detection of SARS-CoV-2 IgG Antibodies.” **ACS Nano** 15: 12286–97. Disponível em: <https://bit.ly/3WNIiTz>. Acesso em: 12 jun. 2022.

LI, Min, *et al.* 2005. “Enhancing the Efficiency of a PCR Using Gold Nanoparticles.” **Nucleic Acids Research** 33: e184. Disponível em: <https://bit.ly/3CdWMBA>. Acesso em: 12 nov. 2020.

LI, Zhengtu *et al.* **Development and clinical application of a rapid IgM-IgG combined antibody test for SARSCoV-2 infection diagnosis.** PubMed, 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3Zwcjrl>. Acesso em: 17 maio 2022.

LIU, Haifeng, *et al.* 2021. “Development of a SERS-Based Lateral Flow Immunoassay for Rapid and Ultra-Sensitive Detection of Anti-SARS-CoV-2 IgM/IgG in Clinical Samples.” **Sensors and Actuators, B: Chemical** 329 (July 2020): 129196. Disponível em: <https://bit.ly/3oNIgNO>. Acesso em: 20 maio 2022.

MCAULAY, Kathrine *et al.* 2020. “Retrospective Clinical Evaluation of 4 Lateral Flow Assays for the Detection of SARS-CoV-2 IgG.” **Diagnostic Microbiology and Infectious Disease** 98: 115161. Disponível em: <https://bit.ly/3WRCF5J>. Acesso em: 30 maio 2021.

MEHRANFAR, Aliyeh; IZADYAR, Mohammad. 2020. “Theoretical Design of Functionalized Gold Nanoparticles as Antiviral Agents against Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2).” **Journal of Physical Chemistry Letters** 11: 10284–89. Disponível em: <https://bit.ly/3Nb2WZA>. Acesso em: 12 set. 2022.

MULLIGAN, Mark J. *et al.* 2020. “Phase I/II Study of COVID-19 RNA Vaccine BNT162b1 in Adults.” **Nature** 586: 589–93. Disponível em: <https://bit.ly/3OSgESn>. Acesso em: 15 mar. 2022.

PALACIOS CRUZ, M. *et al.* 2021. “COVID-19, a Worldwide Public Health Emergency.” **Revista Clinica Espanola** 221: 55–61. Disponível em: <https://bit.ly/3MOxTBf>. Acesso em: 03 maio 2022.

PARDI, Norbert, *et al.* 2017. “Zika Virus Protection by a Single Low-Dose Nucleoside-Modified mRNA Vaccination.” **Nature** 543: 248–51. Disponível em: <https://bit.ly/3WOfsFKy>. Acesso em: 17 mar. 2020.

QIU, Guangyu, *et al.* 2021. “Thermoplasmonic-Assisted Cyclic Cleavage Amplification for Self-Validating Plasmonic Detection of SARS-CoV-2.” **ACS Nano** 15: 7536–46. Disponível em: <https://bit.ly/45K2NUa>. Acesso em: 12 fev. 2022.

QIU, Yuwei *et al.* 2021. “Fast and Sensitive Immuno-PCR Assisted by Plasmonic Magnetic Nanoparticles.” **Applied Materials Today** 23: 101054. Disponível em: <https://bit.ly/3NeU31d>. Acesso em: 03 abr. 2022.

RUSSELL, Steven M. *et al.* 2020. “Biosensors for Managing the COVID-19 Cytokine Storm: Challenges Ahead.” **ACS Sensors** 5 (6): 1506–13. Disponível em: <https://bit.ly/43CCugA>. Acesso em: 17 mar. 2022.

SAHIN, Ugur *et al.* 2020. “COVID-19 Vaccine BNT162b1 Elicits Human Antibody and TH1 T Cell Responses.” **Nature** 586: 594–99. Disponível em: <https://bit.ly/45M3dJC>. Acesso em: 14 jul. 2022.

SANAIE, Sarvin *et al.* 2021. “Immune Response Variables and Viral Mutations Impact on COVID-19 Reinfection and Relapse.” **International Immunopharmacology** 100: 108108. Disponível em: <https://bit.ly/3PdHggX>. Acesso em: 17 jul. 2022.

SHENTAL, Noam *et al.* 2020. “Efficient High-Throughput SARS-CoV-2 Testing to Detect Asymptomatic Carriers.” **Science Advances** 6: 1–8. Disponível em: <https://bit.ly/3Nd25HJ>. Acesso em: 07 mar. 2022.

SHRESTHA, Annie, and Anil Kishen. 2016. “Antibacterial Nanoparticles in Endodontics: A Review.” **Journal of Endodontics** 42: 1417–26. Disponível em: <https://bit.ly/42nHPHB>. Acesso em: 12 out. 2019.

TEIRUMNIEKS, Edmunds, *et al.* 2021. “Antibacterial and Anti-Viral Effects of Silver Nanoparticles in Medicine against COVID-19 - A Review.” **Laser Physics** 31. Disponível em: <https://bit.ly/3ITwbxm>. Acesso em: 17 set. 2022.

WANG, Chongwen *et al.* 2020. “Sensitive and Simultaneous Detection of SARS-CoV-2-Specific IgM/IgG Using Lateral Flow Immunoassay Based on Dual-Mode Quantum Dot n Anobeads.” **Analytical Chemistry** 92 (23): 15542–49. Disponível em: <https://bit.ly/3CdjDwZ>. Acesso em: 18 nov. 2021.

WANG, Jianxin *et al.* 2021. “Gold Nanoparticles in Virus Detection: Recent Advances and Potential Considerations for SARS-CoV-2 Testing Development.” **Wiley Interdisciplinary Reviews: Nanomedicine and Nanobiotechnology**, no. August: 1–30. Disponível em: <https://bit.ly/3NdpUz2>. Acesso em: 14 mar. 2022.

WU, Juanping; WANG, Hongmei; LI, Bingyu. 2020. "Structure-Aided ACEI-Capped Remdesivir-Loaded Novel PLGA Nanoparticles: Toward a Computational Simulation Design for Anti-SARS-CoV-2 Therapy." **Physical Chemistry Chemical Physics** 22: 28434–39. Disponível em: <https://bit.ly/3oPZCd2>. Acesso em: 03 ago. 2021.

WU, Yixuan *et al.* 2021. "SERS-PCR Assays of SARS-CoV-2 Target Genes Using Au Nanoparticles-Internalized Au Nanodimple Substrates." **Biosensors and Bioelectronics** 197: 113736. Disponível em: <https://bit.ly/43J0UFn>. Acesso em: 07 ago. 2022.

YADAV, Shalu *et al.* 2021. "SERS Based Lateral Flow Immunoassay for Point-of-Care Detection of SARS-CoV-2 in Clinical Samples." **ACS Applied Bio Materials** 4: 2974–95. Disponível em: <https://bit.ly/43oIYQz>. Acesso em: 13 set. 2022.

YOCUPICIO-GAXIOLA, Rosario I. *et al.* Murrieta-Rico. 2021. "Prospects for Further Development of Face Masks to Minimize Pandemics Functionalization of Textile Materials with Biocide Inorganic Nanoparticles: A Review." **IEEE Latin America Transactions** 19 (6): 1010–23. Disponível em: <https://bit.ly/3ChFBik>. Acesso em: 10 jun. 2022.

YUKI, Koichi *et al.* 2020. "COVID-19 Pathophysiology: A Review." **Clinical Immunology** 215: 108427. DOI: <https://bit.ly/43Fu8oD>.

ZENG, Shuwen *et al.* 2011. "A Review on Functionalized Dold Nanoparticles for Biosensing Applications." **Plasmonics** 6: 491–506. Disponível em: <https://bit.ly/3Cf3S8M>. Acesso em: 04 abr. 2021.

ZHANG, Yang; XI, Hui; JUHAS, Mario. 2021. "Biosensing Detection of the SARS-CoV-2 D614G Mutation." **Trends in Genetics** 37: 299–302. Disponível em: <https://bit.ly/3qhCzIf>. Acesso em: 12 jun. 2022.

ZHAO, Pengxuan *et al.* 2020. "Long-Term Storage of Lipid-like Nanoparticles for mRNA Delivery." **Bioactive Materials** 5: 358–63. Disponível em: <https://bit.ly/43GdSns>. Acesso em: 10 set. 2021.

ZHONG, Hong *et al.* 2020. "Plasmonic and Superhydrophobic Self-Decontaminating N95 Respirators." **ACS Nano** 14: 8846–54. Disponível em: <https://bit.ly/3WOSR7A>. Acesso em: 07 ago. 2021.

# CAPÍTULO VII

## **IMUNIZAÇÃO CONTRA COVID-19: DA HESITAÇÃO VACINAL AO CLAMOR PELA VACINA – CONTRIBUIÇÕES DAS NANOTECNOLOGIAS. HÁ LUZ NO FIM DO TÚNEL?**

*Maria de Fátima Torres Faria Viegas*

### **Introdução**

Passados mais de cem anos da chamada “Revolta das Vacinas”, atravessamos uma crise de cobertura vacinal no Brasil e no Mundo. No Brasil, a queda da cobertura é recente e visível, com dados do próprio governo (Waissmann, 2018). O Ministério da Saúde alerta que mais de 300 municípios tem cobertura menor que 50% para poliomielite até o primeiro ano de vida e esta queda também é observada em outras vacinas.

Ao que parece, há motivações múltiplas para a queda de cobertura. A hesitação em se vacinar pode tornar-se grave, dado o risco de reaparecimento de uma gama enorme de doenças, mesmo as já erradicadas há décadas. Há riscos relativos ao grande potencial de impacto do ressurgimento dessas doenças, além do desafio na forma de confrontá-las. Por essas razões, infelizmente, há que se avançar no campo relativamente novo de pesquisa sobre hesitação vacinal e suas graves implicações epidemiológicas.

A confiança do público na imunização é um grave problema de saúde global cada vez mais preocupante (Larson *et al.*, 2016). Perdas de confiança em vacinas e programas de imunização podem

levar à relutância e recusa da vacina, arriscando surtos de doenças e desafiando metas de imunização em locais de alta e baixa renda, colocando em risco toda uma população. Os segmentos interessados, quais sejam, a Organização Mundial de Saúde (OMS) e seu Grupo de Aconselhamento Estratégico de Especialistas em Imunização (Sage) – (OMS, 2014) e os programas nacionais de imunização (Departamento de Saúde e Serviços Humanos dos EUA, 2015) na imunização nacional e internacional solicitaram um melhor monitoramento da confiança das vacinas para identificar inquietações emergentes antes que evoluam para crises de confiança nas vacinas, com graves consequências à saúde pública.

Em março de 2012, o Grupo de Trabalho Sage sobre Hesitação Vacinal se reuniu para definir o termo “hesitação vacinal” e desenvolver e padronizar estruturas de pesquisa dentro das quais a escala e os determinantes da hesitação vacinal e confiança da vacina podem ser medidos (Larson *et al.*, 2015a, 2015b). Desde então, vários estudos investigaram o comportamento em relação às vacinas em diversos contextos, incluindo a investigação de atitudes em relação aos programas de vacinação (Dubé *et al.*, 2016), vacinação entre médicos generalistas (GPs) (Verger *et al.*, 2015), os efeitos deletérios das campanhas de imunização não voluntárias (especialmente entre aqueles que já expressam o sentimento negativo acerca da vacina) (Betsch Böhm, 2016), e análises de redes sociais que identificam a aglomeração de Famílias que recusam vacinas (Onnela *et al.*, 2016). Neste artigo em questão o autor se refere a realização de um estudo em larga escala, orientado por dados sobre o comportamento em todo o mundo em relação às imunizações. Esta pesquisa declarada como o maior levantamento sobre a confiança na imunização até o momento - examina as percepções da importância, segurança, eficácia e compatibilidade religiosa da vacina entre 65.819 indivíduos, em 67 países. Modelos hierárquicos são empregados para sondar as relações entre os fatores socioeconômicos individuais e nacionais e

as atitudes vacinais obtidas por meio da pesquisa de quatro perguntas, na já conhecida escala Likert.

O senso geral em relação à vacinação é positivo em todos os 67 países, não obstante, há grande variedade entre os países e em todas as regiões do mundo. O sentimento relacionado à segurança da vacina é particularmente negativo na região da Europa, que tem sete dos dez países menos confiantes, com 41% dos entrevistados na França e 36% dos entrevistados na Bósnia e Herzegovina relatando que não concordam que as vacinas são seguras, em confronto com média global de 13%, de acordo com Larson *et al.* (2016). A faixa etária mais avançada (acima de 65 anos) e os católicos romanos (entre todas as religiões pesquisadas), em geral, estão associados a opiniões positivas sobre a percepção da vacina, enquanto a região do Pacífico Ocidental divulgou o mais alto nível de incompatibilidade religiosa com vacinas. Países com altos níveis de escolaridade e bom acesso a serviços de saúde estão associados a taxas mais baixas de sentimento positivo, apontando para uma relação inversa emergente entre os sentimentos da vacina e o *status* socioeconômico. Nesse estudo, os brasileiros mostraram acreditar fortemente: na importância da vacinação (> 90%), na segurança e efetividade vacinal (> 85%) e na compatibilidade entre suas crenças religiosas e a vacinação (> 85%).

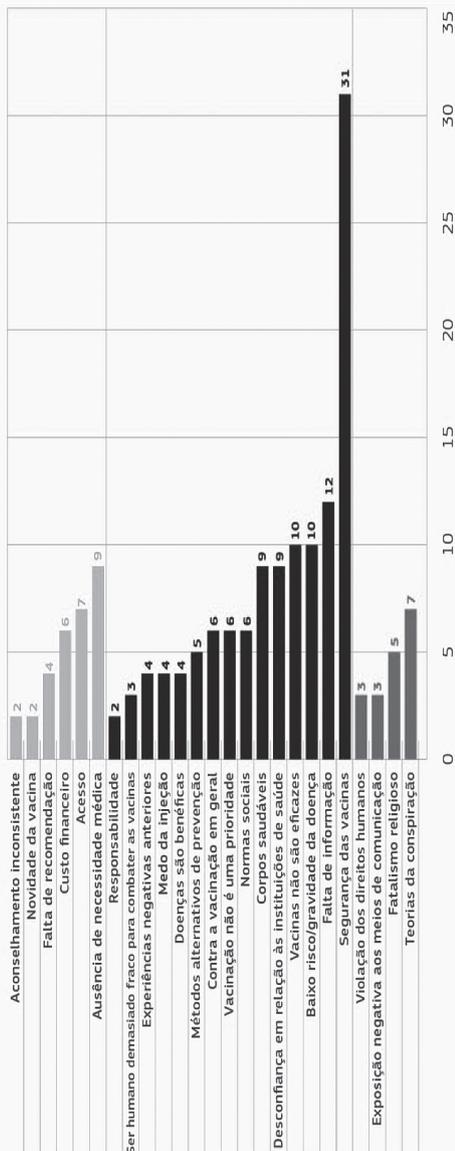
## FATORES DETERMINANTES DA HESITAÇÃO NA EUROPA, 2015



● Questões diretamente relacionadas com as vacinas e a vacinação

● Influências individuais e de grupo

● Influências contextuais



Fonte: ECDC

O estudo conclui, portanto, que o monitoramento regular do comportamento da população pesquisada em relação às vacinas - juntamente com o monitoramento das taxas locais de imunização - nos níveis nacional e subnacional pode identificar populações com declínio de confiança e aceitação. Tais populações devem ser priorizadas para investigar melhor as causas do sentimento negativo e para informar intervenções apropriadas que sejam capazes de prevenir resultados adversos na saúde pública.

A vacinação é, sem dúvida, uma das intervenções mais bem-sucedidas e rentáveis conhecidas para melhorar os resultados de saúde e a prevenção de doenças. As vacinas salvaram inúmeras vidas e melhoraram a saúde e o bem-estar em todo o mundo. No entanto, as vacinas só podem melhorar a saúde e evitar mortes se forem efetivamente utilizadas, e, portanto, para evitar a morbidade e a mortalidade associadas a doenças evitáveis por vacinação em nível populacional e otimizar o controle de doenças evitáveis por vacinação nas comunidades, os programas de imunização devem ser habilitados a atingir e sustentar altas taxas de captação de vacinas, o que, infelizmente, na nossa realidade, não parece estar ocorrendo no momento atual (nota do autor). Cabe ressaltar que a hesitação vacinal é tomada com tal importância que há um guia europeu voltado a ela.

Diante desta premissa, a luz da pandemia que nos assolou em 2019, causada por um vírus da família dos *Coronaviridae*, o Sars-Cov-2, em que pese o fato de vivenciarmos situação semelhante, apresentamos aqui, em um curto texto, o contraditório, em função de tal mazela, experimentando agora o clamor pela vacina contra a Covid-19.

## **Contribuições das Nanotecnologias**

As vacinas contra a covid-19 foram desenvolvidas em uma velocidade sem precedentes. Os estudos comprovam a eficácia e a segurança de diferentes tipos de vacina, desenvolvidas a partir de tecnologias que já existiam e de novas tecnologias, que representam inovações impor-

tantes para o futuro tratamento de várias doenças. Tais vacinas têm por objetivo induzir a resposta imunológica do organismo, fazendo com que este produza defesas contra o vírus da Covid-19, o Sars-CoV-2.

Atualmente, o desenvolvimento das vacinas se concentra em cinco diferentes tecnologias:

- Vacinas de vírus inativados (“mortos”) ou atenuados (“enfraquecidos”): métodos tradicionais, que utilizam o próprio vírus para estimular o corpo a produzir a resposta imunológica.
- Vacinas de vetor viral: utilizam outro vírus, que é geneticamente modificado para produzir proteínas virais no corpo e provocar uma resposta imunológica, sem causar a doença.
- Vacinas baseadas em proteínas: utilizam uma proteína do vírus ou uma parte dela, ou ainda proteínas que imitam algo da estrutura do vírus como seu revestimento externo, para assim provocar uma resposta imunológica no corpo.
- Vacinas de RNA e DNA: são vacinas que possuem RNA ou DNA geneticamente modificado do vírus para gerar uma proteína. Esta, ao entrar em contato com o organismo, é capaz de produzir resposta imunológica de forma segura.
- Vacinas de vetores de adenovírus: fazem uso do vírus comum da gripe modificado para transportar uma proteína do Sars-CoV-2, que foi retirada do código genético e colocada dentro do adenovírus.

No Brasil, no ano de 2021, já estavam registradas definitivamente as vacinas Astrazeneca/Oxford (vetor viral) e Pfizer BioNTech (RNA). As vacinas Janssen (vetores de adenovírus) e CoronaVac (vírus inativado) estavam aprovadas para uso emergencial. Já a Sputnik V (vetor viral) e a Covaxin (vírus instigado) foram autorizadas para importação excepcional, ou seja, somente 928 mil doses da Sputnik V e 4 milhões de doses da Covaxin foram adquiridas para serem distribuídas entre os estados da federação. Novas regulamentações estavam em trânsito na Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). A vacina da Moderna, cuja tecnologia também envolve o RNA, ainda não foi utilizada no Brasil.

## Compreendendo as vacinas mRNA Covid-19

As vacinas Pfizer-BioNTech e Moderna Covid-19 são vacinas de RNA mensageiro - também chamadas de vacinas de mRNA. As vacinas de mRNA foram algumas das primeiras vacinas Covid-19 autorizadas e aprovadas para uso nos Estados Unidos e contam com a contribuição das nanotecnologias.

Para desencadear uma resposta imunológica, muitas vacinas colocam um germe enfraquecido ou inativado em nosso corpo. Estas vacinas usam mRNA criado em um laboratório para ensinar as células como fazer uma proteína - ou mesmo apenas um pedaço de uma proteína - que desencadeia uma resposta imunológica dentro do organismo. Essa resposta imunológica, que produz anticorpos, nos protege de uma infecção com o vírus real. A proteína *spike* é encontrada na superfície do vírus que causa Covid-19. Depois que o pedaço de proteína é feito, nossas células quebram o mRNA e o removem.

Posteriormente, as células exibem o pedaço de proteína *spike* em sua superfície. O sistema imunológico reconhece que a proteína não pertence a esse lugar e isso faz com que ele produza anticorpos e ative outras células imunológicas para combater o que ele pensa ser uma infecção.

Em seguida, a célula interpreta essa cópia e cria uma proteína. O RNA desaparece em seguida. É justamente essa a vantagem da molécula para realizar terapias. Ela se degrada rapidamente e não pode modificar o genoma ou se integrar ao corpo. Algumas horas ou dias após a injeção da vacina, não há mais nenhum traço do que foi injetado. Essa foi uma das dificuldades, há 20 anos, quando se começou a estudar a utilização do RNA mensageiro nas imunizações.

Em contrapartida, uma das principais linhas de pesquisa dos últimos anos foi em relação à concepção da “embalagem”, a cápsula que envolveria essa cópia de molécula de RNA mensageiro, que é muito instável fora das células. Além disso, essa cápsula deveria se autodestruir no momento certo, para que o RNA pudesse agir den-

tro da célula. Por isso, uma grande parte da evolução do RNA mensageiro, nos últimos anos, esteve relacionada a esse invólucro que o protege, chamado de lipossomo ou nanopartícula. O desafio, mais uma vez, foi achar lipossomos e nanopartículas capazes de encapsular o RNA, para protegê-lo e possibilitar sua penetração na célula.

A embalagem também deveria ser biodegradável para liberar o RNA. O desafio foi duplo: necessidade de partículas suficientemente estáveis e resistentes para proteger o RNA em seu caminho até a célula, quando ele fosse injetado. Mas a “embalagem” também precisava ser suficientemente degradável para explodir no momento em que entrasse na célula.

O benefício das vacinas de mRNA de Covid-19, como todas as vacinas, é que aqueles vacinados ganham essa proteção sem ter que correr o risco das graves consequências de adoecer por Covid-19.

A literatura afirma que as vacinas de mRNA são seguras e eficazes e que foram mantidas com os mesmos padrões rigorosos de segurança e eficácia como todos os outros tipos de vacinas nos Estados Unidos. As únicas vacinas Covid-19 que a *Food and Drug Administration* (FDA) disponibiliza para uso nos Estados Unidos (por aprovação ou autorização de uso de emergência) são aquelas que atendem a esses padrões e embora as vacinas Covid-19 tenham sido desenvolvidas rapidamente, de acordo com o CDC, todas as etapas foram executadas para garantir sua segurança e eficácia.

## **Possíveis efeitos colaterais das vacinas mRNA Covid-19**

A título de informação, uma nanopartícula lipídica (NPL) típica contém quatro partes: um lipídio ionizável que permite a NPL se automontar, o agente estabilizador (colesterol), um fosfolipídio que confere estabilidade à estrutura lipídica encapsulante de duas camadas e um polietilenoglicol (PEG) contendo o lipídio estabilizador que promove estabilidade.

Os perfis de segurança relatados de vacinas de mRNA Covid-19 foram tranquilizadores, de acordo com Gao *et al.* (2021). Em geral, mais participantes do grupo da vacina relataram efeitos adversos do que o grupo do placebo que recebeu solução salina; no entanto, a incidência de efeitos adversos graves foi semelhante. A reação adversa local mais notificada foi dor ligeira a moderada no local da injeção, que geralmente desapareceu dentro de um a dois dias. As reações adversas sistêmicas mais comumente relatadas foram fadiga e dor de cabeça. Casos de reações alérgicas graves (anafilaxia) foram relatados durante o lançamento de ambas as vacinas de mRNA. Embora muito raras, as consequências das reações de anafilaxia podem ser fatais e causar medo e hesitação consideráveis na população em geral. É importante notar que o mRNA do ingrediente ativo não causa nenhuma reação alérgica; em vez disso, são provavelmente os ingredientes inativos na formulação que estimulam uma resposta imune indesejada. Tais vacinas contêm polietilenoglicol (PEG) que foi considerado indutor de anticorpos anti-PEG. No entanto, a ligação entre o PEG e as reações anafiláticas às vacinas de mRNA de Covid-19 ainda não foi estabelecida com evidências científicas. Atualmente, os Centros de Controle e Prevenção de Doenças (CDC) dos Estados Unidos aconselham todos os indivíduos com reação alérgica severa conhecida a qualquer um dos componentes das vacinas de mRNA a **evitar as vacinas**; e todos os outros indivíduos devem ser monitorados por 15 ou 30 minutos após a administração, dependendo da reação alérgica anterior do indivíduo a qualquer vacina ou terapia injetável.

Casos de miocardite e pericardite em adolescentes e adultos jovens foram relatados com mais frequência após receber a segunda dose do que após a primeira dose de uma das duas vacinas de mRNA Covid-19, Pfizer-BioNTech ou Moderna. De acordo com o CDC estas notificações **são raras e os benefícios conhecidos e potenciais da vacinação contra Covid-19** superam

os riscos conhecidos e potenciais, incluindo o possível **risco de miocardite ou pericardite**.

O campo do mRNA está repleto de descobertas e potencial em todos os aspectos, desde a tecnologia de distribuição de medicamentos até a fabricação e está continuamente desenvolvendo o imenso conhecimento adquirido no campo de desenvolvimento de drogas de RNA, que decolou há mais de uma década.

Embora os programas atuais de mRNA se concentrem principalmente em vacinas, não demorará muito para que a tecnologia tenha melhorado capacidades de entrega e habilitado o mRNA como terapias viáveis para fibrose cística, distrofia muscular, câncer e outras áreas de doença que dependem de um gene deficiente ou ausente.

## Referências

BETSCH, Cornelia; BÖHM, Robert. “Detrimental Effects of Introducing Partial Compulsory Vaccination: Experimental Evidence”. **The European Journal of Public Health** 26, n° 3 (junho de 2016): 378–81. Disponível em: <https://bit.ly/3WOFTqG>. Acesso em: 17 mar. 2020.

CDC COVID-19 - Understanding mRNA COVID-19 Vaccines. Disponível em: <https://bit.ly/3IUBdJS>. Acesso em: 26 out. 2021.

DUMARD, Carlos Henrique. “**A Vacina no Banco dos Réus**”. Ed. Allprint. ESNB 978-85-411-1303-8. 1ª edição, 2017.

LARSON, Heidi J. *et al.* “Measuring Vaccine Hesitancy: The Development of a Survey Tool”. **Vaccine** 33, n° 34 (agosto de 2015): 4165–75. Disponível em: <https://bit.ly/43lCja3>. Acesso em: 14 abro. 2021.

LARSON, Heidi J., *et al.* MacDonald, e Rose Wilson. “Measuring Vaccine Hesitancy: The Development of a Survey Tool”. **Vaccine** 33, n° 34 (agosto de 2015): 4165–75. Disponível em: <https://bit.ly/43lCja3>. Acesso em: 10 mar. 2021.

ONNELA, Jukka-Pekka, *et al.* Christakis. “Polio Vaccine Hesitancy in the Networks and Neighborhoods of Malegaon, India”. **Social Science & Medicine** 153 (março de 2016): 99–106. Disponível em: <https://bit.ly/42qwZ3V>. Acesso em: 03 mar. 2021.

VERGER, Pierre, *et al.* “Vaccine Hesitancy Among General Practitioners and Its Determinants During Controversies: A National Cross-Sectional Survey in France”. **EBioMedicine** 2, n° 8 (agosto de 2015): 891–97. Disponível em: <https://bit.ly/3qqkfNp>. Acesso em: 14 abr. 2021.

WAISSMANN, William. “**Cobertura vacinal em declínio: hora de agir!**”. Editorial Revista Visa em Debate, 2018.

ZUCOLOTTO, Valtencir. Vacinas de RNA contra a covid-19 abrem uma nova janela no campo da imunologia. **Jornal da Usp**. Disponível em: <https://bit.ly/43aw0pg>. Acesso em: 13 maio 2021.

## **APÊNDICE DO CAPÍTULO VII: Comentários à palestra pela debatedora Valéria Ramos Soares Pinto**

Primeiramente, gostaria de agradecer a explanação da Fátima, muito didática e rica, sobretudo sobre as diferenças entre as vacinas, as diferentes tecnologias, abordagem muito oportuna, visto que, acredito que a população em geral não tem conhecimento sobre isso. E gostaria de comentar um tema que surge no início da sua apresentação, quando você aborda já no título os dois momentos: da hesitação vacinal ao clamor pela vacina, e nós estamos vivendo isso de uma forma muito forte. Eu entendo que, talvez, e gostaria de ouvir de você, temos as diferenças entre as populações, digamos a realidade brasileira e a realidade dos EUA e Europa, que possuem características distintas, como você abordou que a percepção de risco leva à procura pela vacina. E como você bem colocou, no Brasil existe hoje um programa de imunização que foi bastante exitoso na erradicação das doenças e hoje algumas pessoas, devido a essa falta de memória e do convívio com elas, essas passaram a ter menor importância, deixaram de ser motivo de preocupação para essa população. Esse tipo de hesitação vacinal, pelo que entendo, tem uma característica bem diferente de outros grupos, por exemplo, não tem nada a ver com negacionismo, que é uma questão crucial na pandemia. Pode ser falta de preocupação, falta de informação, mas isso não tem nada a ver com negacionismo. Tanto que percebemos no Brasil esse clamor, que você apontou, pelas vacinas. Quando começaram a se desenvolver lá fora, a população aqui já estava reivindicando “quero vacina”. Ao ofertar as vacinas a população foi correndo tomar. E, como você frisou, hoje nós estamos numa posição mais avançada do que em países que começaram vacinar antes do Brasil. Claro que tem várias questões que surgiram no debate sobre a segurança vacinal, sobre alguns riscos que foram apresentados e levantados, ao mesmo tempo sobre a eficácia das vacinas, o que levou inclusive a um debate sobre quais vacinas as pessoas desejavam tomar, uma postura de “quero

essa, não quero aquela, essa é melhor”. A gente sabe que existem diferenças. Mas a pergunta ou reflexão que gostaria de fazer é: em relação ao Brasil, uma campanha de conscientização e esclarecimento e disponibilização parece que dá conta dessa “queda vacinal” (em referência aos outros imunizantes ofertados pelo PNI), mas em relação a outros países como os da Europa, que tem outros elementos mais fortes, como a gente faz para mudar essa realidade? Outro aspecto importante da sua apresentação que gostaria de perguntar é uma questão delicada, sobre esses casos mais raros como das miocardites e pericardites, mais registrados após a segunda dose das vacinas com tecnologia MRA, esse é um tema a que as pessoas são sensíveis, embora a vacinação seja uma questão de saúde pública, e o que estamos vivendo é indiscutível que temos de cuidar do coletivo, ao mesmo tempo para quem perde uma pessoa querida, ela é única, é compreensível que as pessoas tenham preocupação. Nesse sentido que cuidados podemos ter para que tenhamos uma abordagem coletiva, que é indiscutivelmente necessária, mas que a gente também possa pensar nas suscetibilidades individuais, para que possamos proteger todo mundo, visto que nem sempre temos como saber, me corrija se eu estiver errada, se uma pessoa tem predisposição a essas reações? Como a gente aborda, dá suporte e cuida dessas pessoas? Inclusive para que essa questão da insegurança vacinal possa ser superada. Essa é uma questão importante, inclusive uma das maiores preocupações apontadas no estudo realizado com os 65 mil indivíduos pesquisados na Europa, apresentados na sua palestra. Ou seja, como podemos superar a questão da preocupação do risco vacinal?



CAPÍTULO VIII

# **NANOTECNOLOGIAS, NOVAS TECNOLOGIAS E PANDEMIA: ESTADO DA ARTE DAS VACINAS EM 2021<sup>1</sup>**

*Gonzalo Vecina Neto*

Boa tarde a todos.

Gostaria de agradecer ao convite que me foi feito pela Renasoma. É óbvio que eu não sou entendido em nanotecnologia, mas sim, sou um entendido em saúde pública e por isso eu consigo capturar as consequências das tecnologias na saúde da população. Tivemos duas excelentes palestras anteriores e pretendo falar um pouco da situação vacinal no Brasil.

Eu queria começar também dando minhas opiniões sobre essa questão do negacionismo em relação às vacinas. A pergunta é: como é possível entender um continente como a Europa, principalmente o espaço da Comunidade Europeia, com pouca importância das doenças preveníveis por vacinação se eles não estão vacinados?

Então, eu acho que existe sim um movimento negacionista, mas a população europeia está vacinada, está protegida, em grande medida. Uma coisa é você ir vacinando a população enquanto as crianças nascem, outra coisa é querer que toda uma população se vacine em um ano, quando existe um monte de notícia de tudo quanto é lado bastante conflituosa. Então, o Brasil tem uma vantagem porque nós tivemos um processo de vacinação sempre muito barulhento no bom sentido

---

1. Esse capítulo é claramente datado, mas se propõe a um registro histórico das mazelas relacionadas ao desenvolvimento de vacinas nos primeiros anos da pandemia da Covid-19, para que os erros não voltem a ser cometidos.

do termo. Desde 1973 nós começamos com o Programa Nacional de Imunizações (PNI) no meio de uma epidemia (a da meningite), e em 1975 o programa tornou-se permanente, e de lá para cá nós temos utilizado a estratégia de vacinação infantil como um componente fundamental de redução da mortalidade infantil. Mortalidade esta que é muito resistente a pouca ação social. O que é que derruba a mortalidade infantil? A alimentação, as condições de vida, a educação.

Interessante notar que no Brasil nós conseguimos derrubar muito a mortalidade infantil baseados muito em melhoria do saneamento básico. A década de 1970 foi fundamental para expandir a rede de tratamento de água. No Brasil, ainda não se trata esgoto adequadamente, somente água. Hoje, 85% da população brasileira tem acesso à água tratada, e esses 85% são justamente a população urbana. Na cidade de São Paulo, por exemplo, à exceção das áreas rurais, não existem localidades sem água tratada. Já esgoto é outro departamento, esgoto é um desastre, juntamente com a deposição inadequada de rejeitos sólidos. E o destino inadequado das águas pluviais é um terceiro desastre. O que é importante registrar é que as condições de vida associado ao mínimo de vacinação fazem o milagre da mortalidade infantil da Europa, que tem uma mortalidade de quatro a cinco crianças mortas por mil nascidas vivas no primeiro ano, diferente do Brasil cuja taxa está em torno de 12.

Quando a gente coloca determinados fatos fora do contexto a gente fica muito estressado com o resultado visto. Então, é importante contextualizar o fato, e quando a gente contextualiza a gente enxerga a importância que o PNI teve no Brasil para conseguir fazer com que a nossa população tivesse um comportamento muito mais receptivo para vacina, num momento tão violento quanto esse que nós estamos vivendo e querer acabar com uma pandemia importantíssima em um ano. O nosso objeto foi esse, tanto é que o desenvolvimento de vacina demorou 11 meses. Foi um sucesso? Sim, foi um milagre? Não, foi fruto do trabalho de cientistas e das sociedades que se preocuparam em ter acesso a imunizantes, pois essa era a úni-

ca arma que se podia ter na mão, no curto espaço de tempo e com o conhecimento acumulado.

Como foi dito nas palestras anteriores, há mais de 30 anos nós desenvolvemos a tecnologia do RNA mensageiro, a tecnologia do vetor viral já foi usada para desenvolver pelo menos duas vacinas importantes que nós utilizamos aqui hoje, que é a do Ébola e a do HPV. A tecnologia do vírus inativado (atenuado) já tem século de existência. Então, nós fizemos em 11 meses de trabalho muita coisa. Quanto tempo demorou para fazer a vacina do H1N1 em 2008 e 2009? Demorou de seis a sete meses, porque nós utilizamos uma plataforma já conhecida que é a do vírus atenuado.

Assim, primeiro eu queria deixar claro que não existe milagre, existe sim aplicação, existe política pública, existe decisão de estado para conseguir enfrentar uma pandemia deste porte. É uma doença que mata muito pouco, mata três por cento de quem tem a doença. Mas três por cento de milhões dá 600 mil mortes no Brasil. Por essas razões, nós precisamos tomar muito cuidado com esse relativismo que nós temos em relação à doença. Essa é a primeira mensagem. A segunda mensagem que eu gostaria de passar é em relação ao tema das vacinas. A Doutora Fátima já falou que um dos problemas nossos foi comprar vacina fora de hora, e esse foi de fato o nosso maior problema. Nós tínhamos oferta de vacina em agosto de 2020 e só viemos a comprar essa que nos foi oferecida em agosto, em março de 2021. E essa vacina (que foi a da Pfizer) só veio a ser entregue depois de maio de 2021.

Nós começamos a vacinar com a Pfizer em maio/2021, com a Sinovac em Janeiro/2021, e com Astrogeneca entre março e abril/2021, porque a Fiocruz atrasou o envase. Nós poderíamos ter começado a vacinar massivamente em janeiro de 2021, e nós temos condição de vacinar cerca de dois milhões de doses de vacina por dia. Com o potencial de vacinar 70 milhões de pessoas por mês, tendo 38 mil salas de vacinação como nós temos, nós poderíamos ter vacinado todos os 160 milhões de adultos até meados de maio de 2021. Mas nós só estamos terminando de vacinar agora no fim

do ano. Quem morreu de meados de maio até estes dias que nós estamos vivendo hoje, e aí nós temos alguma coisa em torno de 400 mil mortes, morreu porque nós não vacinamos a tempo.

A vacina protege da morte e de casos graves, nós vimos nas experiências que foram feitas em Serrana-SP onde 100% da população acima de 18 anos foi vacinada com a Coronavac, e em Botucatu-SP onde 100% da população acima de 18 anos foi vacinada com a Astrazeneca. Lembre-se que a Coronavac tem uma capacidade de proteger de 50%, cada 100 pessoas que tomam a vacina 50 se protegem; diferentemente da Astrazeneca que a cada 100 pessoas que estão vacinadas, 70 se protegem; diferentemente da Pfizer que a cada 100 pessoas 95 se protegem; diferentemente da Janssen que a cada 100 pessoas que toma a dose única 70 se protegem. Mas então por que comprar a Coronavac que protege 50 em 100? Compramos porque não tinha outra para vender. E quem decidiu comprar não foi nem o governo brasileiro, foi uma instituição pública é verdade, mas que naquele momento, inclusive, estava fora do sistema (foi o Butantan), isso porque o Bolsonaro e o Dória não se entendem. Então, o Butantan decidiu comprar a Coronavac. E se o Brasil não comprasse a Coronavac do Butantan, o Butantan iria vender na América Latina, iria vender na África.

Assim, mais uma pergunta que paira: há lógica em vender vacina para a América Latina, para a África enquanto o Brasil não tem vacina? Não tem lógica. Da mesma forma a Fiocruz que foi buscar na Universidade de Oxford um acordo para a produção da Vacina da Astrazeneca aqui, com uma tecnologia que a Fiocruz não domina e que agora está dominando, e está começando a produzir o IFA (Ingrediente Farmacêutico Ativado) no Brasil. O Butantan já estava dominando a tecnologia da Coronavac porque ele produz a vacina do HPV com transferência de tecnologia. O fato é que a compra de vacina foi atabalhoada, não participou o Ministério da Saúde dessa compra, o Pazzuelo que era o ministro da saúde no momento em que se estava decidindo comprar as vacinas a partir de julho não

comprou as vacinas, tomou decisões desorganizadas a pedido do seu chefe (o Presidente Bolsonaro), entre outras mazelas. Enfim, por todas essas razões, a vacina chegou tardiamente no Brasil e as consequências foram as milhares de vidas perdidas.

E por que nós estamos tomando quatro vacinas? Porque nós só conseguimos comprar essas quatro vacinas e, ainda assim, não conseguimos cobrir toda a população brasileira. Ainda estamos tendo problema com a segunda dose, algo em torno de 15 milhões de brasileiros foram tomar a primeira dose e ainda não tomaram a segunda, por falta de comunicação. Nosso sistema de comunicação vacinal é um problema a ser enfrentado, pois está ruim. Para que as pessoas tomem vacina é preciso fazer campanha para isso. Com campanha nós conseguimos vacinar em um único dia 10 milhões de pessoas, com muita comunicação. Desde 2017 o Brasil não gasta um tostão em campanha de vacinação e por isso nós estamos com uma queda da cobertura vacinal para todos os tipos de doença. Na penúltima campanha da gripe nós vacinamos 75% da população, na última nós vacinamos apenas 45%, por quê? Porque nós não fizemos comunicação. A gripe mata pouco, mata idosos, crianças, profissionais, mas ainda mata, e nós tínhamos a vacina, e vacinamos muito pouco por incúria do ministério da saúde que é o responsável por fazer o chamamento.

No caso da Covid tivemos que enfrentar a possibilidade de pessoas que tinham dinheiro poderem comprar vacina, e tomar vacina antes das pessoas que não tinham dinheiro, que bom que isso não prosperou, pois seria um desastre. Passamos também pelo imbróglio do Consórcio Nordeste, os nove estados do Nordeste que negociavam a compra de vacina da Rússia, ou seja, uma boa ideia para combater a inação do governo federal, mas que se tivesse dado certo teria sido um desastre para a saúde pública, seria uma destruição do modelo federativo brasileiro. O Ministério da Saúde compra as vacinas, os Estados distribuem e os municípios aplicam. O SUS é o resultado do modelo federativo do governo, não existe SUS, ou vacinação, ou combate à Covid, sem as três esferas do governo.

Nós precisamos entender o que aconteceu para conseguirmos manter o SUS funcionando. Outra lição que nós temos que aprender no meio dessa pandemia é que se nós tivéssemos feito apostas em Ciência e Tecnologia provavelmente nós teríamos vacinas. Ou seja, ciência e tecnologia são a base para a saúde pública.

Para registro, resolvi fazer um resumo da situação das vacinas a partir do Brasil. Como se sabe, existem cerca de 200 candidatas em diversas fases dos testes pré-clínicos e clínicos. Mas a grande maioria delas não passa pelo Brasil. No entanto, existem algumas que tem negociação com o Brasil e poderão ser utilizadas aqui. E não é porque os produtores são bonzinhos, mas por este país ser um belo mercado. Parte da população é pobre e sem acesso, mas descontados estes sobra ainda uma Alemanha de consumidores, e para os outros existe o SUS, o maior sistema de saúde público universal com financiamento do estado. Tem o Programa Nacional de Imunizações (PNI) com sua capacidade de hoje distribuir cerca de 300 milhões de doses de vacinas todos os anos. Boa parte delas fabricadas por duas instituições centenárias e públicas – a Fiocruz e o Butantan.

Assim, o olhar deve ser focado nas prováveis de serem utilizadas no Brasil e o critério de análise deve ser se foram testadas no Brasil ou se tem algum tipo de contrato de fornecimento. Deste modo, apresenta-se a seguir um resumo sobre cada uma das que estão de alguma forma relacionadas com o Brasil.

## **Coronavac**

Produzida por Sinopharm - uma empresa privada de biotecnologia chinesa, utiliza a plataforma/tecnologia do vírus inativado. Esta é uma maneira de produzir vacinas bastante conhecida e existem muitas vacinas que hoje utilizam essa tecnologia (sarampo, pólio – Salk). Do ponto de vista da segurança, é a candidata a ser a mais segura de todas. Passou muito bem nas fases clínicas 1 e 2 com segurança e eficácia. E está se saindo bem na 3, embora seus dados somente sejam

conhecidos a partir da abertura dos protocolos. Está realizando parte de sua fase 3 no Brasil com cerca de 13 mil voluntários sob coordenação do Instituto Butantan. Sua conservação é realizada a temperatura de 2 a 8°C. Tem um acordo de fornecimento de 46 milhões de doses a serem entregues pela China e a seguir terá uma fase de envase no Butantan com mais 60 milhões de doses. Na sequência poderá ser fabricada no país por transferência de tecnologia. Seu preço está estimado em cerca de U\$10 por dose e serão necessárias duas doses para imunizar. Problema – o governo federal que havia se comprometido em comprá-la voltou devido atrás a uma escaramuça política entre o governador Doria e o presidente Bolsonaro. Anvisa está realizando a inspeção na fábrica chinesa e deverá opinar sobre o registro brevemente. Existe grande expectativa em relação a essa vacina, sendo que o governador de São Paulo inclusive anunciou que poderá usar o imunizante sem a aprovação da Anvisa, o que seria um rompimento com o arranjo legal existente no país.

## **Shadox1 NCOVAC-19**

Produzida pela multinacional AstraZeneca a partir de pesquisa desenvolvida pela Universidade de Oxford na Inglaterra. Utiliza a plataforma/tecnologia de vetor viral — uma parte do Covid-19 é envolto em um vírus DNA de macaco, também chamada de cavalo de troia. É uma tecnologia nova sendo usada para produzir a vacina contra o Ebola da empresa Janssen.

Está sendo testada no Brasil em cerca de 10 mil voluntários por um acordo que envolve a Fiocruz com a qual também foi realizado um acordo de transferência de tecnologia. Passou bem nas fases 1 e 2, mas na fase 3 houve um incidente em que foi afastada a hipótese de possível evento adverso. Deveria terminar em dezembro de 2020 a sua fase 3 e como é uma vacina a ser administrada em duas doses ocorreu que, por razões ainda não suficientemente esclarecidas, em uma parte dos testes ter sido aplicada apenas meia dose em uma

parte dos voluntários, na primeira dose da vacina. E o resultado foi uma resposta imunológica melhor. Uma boa notícia trazida por uma péssima notícia.

A pergunta que fica é: Como pode no rigor de uma pesquisa de um imunizante se cometer esse erro primário de administrar meia dose? Como fica a segurança de toda a pesquisa? Enfim são aguardadas explicações e mais transparência da AstraZeneca. Essa vacina deve ser conservada entre 2 e 8° C e apesar da dúvida trazida pelo erro de procedimento, tem apresentado excelentes resultados nas duas fases já abertas e cujos dados foram publicados. O acordo com a Fiocruz envolve a entrega de um lote inicial de cerca de 40 milhões de doses, o envase de um lote de outras 40 milhões de doses no Brasil e aí produção local com lote de cerca de 100 milhões de doses. Seu preço deverá ser de cerca de U\$3 por dose.

## **BTN162b2**

Produzida por um consórcio que envolve a multinacional Pfizer, uma empresa alemã (a *Biontech*, que foi quem desenvolveu a vacina) e uma empresa chinesa (a *Fosun Pharma*). É uma tecnologia disruptiva cuja base foi descoberta há trinta anos e ainda não havia sido testada. A *Biontech* tentava usá-la no tratamento de câncer quando resolveu dirigir a pesquisa para uma vacina. Em um envoltório lipídico é introduzido no organismo um trecho de mRNA que penetra na célula e comanda as mitocôndrias a produzirem a proteína que expressa a espícula do vírus que quando liberada estimula a resposta imune por parte do corpo. Essa resposta imune tem sido ótima e testada dos 16 aos 80 anos.

A vacinação de indivíduos mais idosos é considerada difícil, mas neste caso a resposta tem sido Boa. As taxas de sucesso têm sido muito surpreendentes. Realiza parte de sua fase 3 no Brasil. Para produzir seu efeito imunizante necessita de duas doses. O grande problema desta solução é que necessita de armazenamento a -80C

e esta temperatura é somente alcançada em freezers de pesquisa que em lugar nenhum do mundo estão disponíveis.

A farmacêutica desenvolveu um *container* de isopor que com substituição de gelo seco pode transportar a vacina por 30 dias e após isso ela pode ficar a 2 a 8°C por até cinco dias quando deve ser usada. Seu preço tem sido anunciado em torno de U\$19,5.

### **mRNA-1273**

Vacina Produzida pela Moderna/Niaid utiliza a mesma tecnologia da vacina da Pfizer, somente muda no que respeita a conservação que exige mais módicos -20°C. Tem como a anterior, exibido excelentes resultados em sua fase 3. Deve ser aplicada em duas doses. Seu preço é U\$25.

### **Sputnik V**

Vacina de vetor viral a ser aplicada em duas doses que diferente das demais desta categoria tem diferentes trechos de vírus em cada dose. Produzida por um grande laboratório estatal russo — o instituto Gamaleya, que é bastante conhecido e apoiado por um investidor que se apresenta como Fundo Russo de Investimento Direto. Não está fazendo seus testes no Brasil, mas se apresentou e realizou acordos de fornecimento com os estados do Paraná e da Bahia, além de acordo de transferência de tecnologia e produção local com o laboratório União Química, que não tem tradição na área de biotecnologia. Sua conservação se dá entre 2 e 8 °C e seu preço tem sido anunciado em R\$10.

### **VAC31518COV3001**

Desenvolvida pela empresa Janssen, braço da Johnson&Johnson, esta vacina utiliza a tecnologia do vetor viral e está fazendo parte de

seus testes de fase 3 no Brasil cerca de 7 mil voluntários. Não tem acordo de venda com o Brasil e não divulgou dados de preço. Deve ser conservada de 2 a 8 °C. Existem outras vacinas adiantadas em desenvolvimento na China — com vírus inativado da empresa Sinopharm e com vetor viral na empresa CanSino. E ainda existe outra base tecnológica de desenvolvimento de vacina que utiliza uma subunidade proteica do vírus que introduzida no corpo desenvolve resposta imunológica e está sendo desenvolvida pela empresa americana Novavax, em duas doses. É uma tecnologia já hoje utilizada na vacina do HPV.

## **Outras vacinas**

A Índia desenvolve uma vacina de vírus inativado na empresa Bharat Biotech. E outras grandes farmacêuticas como Sanofi/GSK e Merck estão com seus produtos bem avançados. Existe notícia de duas vacinas em desenvolvimento em Cuba, de outra no laboratório russo Vector. Enfim, é um grande esforço mundial para conseguir livrar o mundo dessa peste. Todas essas grandes vacinas têm apresentado contratos de fornecimento milionários em todo o mundo. Com certeza os números mais impactantes vêm dos contratos com USA e União Europeia — sempre 200 a 400 milhões de doses de cada vacina. E ainda existe o Consórcio organizado pela OMS, o Covax, que deverá permitir o acesso a cerca de nove vacinas em desenvolvimento e acompanhadas pela OMS. Este consórcio visa garantir a todos os países que o assinarem uma forma de acesso a vacinas no menor tempo possível. Ainda não se sabe sobre os detalhes de como de fato funcionará. Muito se discutiu sobre a segurança dessas vacinas desenvolvidas tão rapidamente. Mas o fato é que desde o primeiro episódio de uma epidemia de Sars-COV em 2003 se busca uma vacina para essa família do Coronavírus que com alguma frequência reemerge como em 2012 com a MERS no oriente médio. Assim, existe um consenso que sim, se está agilizando, mas que não existem riscos desnecessários.

## **E aí vem o capítulo – tem vacina, quem vacinar?**

Várias propostas têm sido discutidas no mundo. Parece ser um consenso começar pelos profissionais de saúde, a seguir idosos e portadores de comorbidades, trabalhadores do ensino (não se pode mais postergar as aulas), trabalhadores de setores críticos que não podem fechar como frigoríficos, trabalhadores que operam transporte coletivo, trabalhadores da segurança pública e presídios, das Instituições de Longa Permanência de Idosos, populações de alto risco como indígenas e quilombolas, população em situação de rua.

A ordem de vacinação deve ser discutida com a sociedade e se deverá então fazer o levantamento de dados sobre estas populações, e dada uma quantidade insuficiente de vacinas criar um cronograma de vacinações que deverá ser cuidadoso, pois necessariamente se trabalhará com mais de uma vacina e todas terão que ter duas doses. Será uma operação complexa e cuidadosa para evitar falhas cujas consequências não são conhecidas – troca de tipo de vacina na segunda dose, por exemplo, eventos raros que ganham expressão em grandes números, etc.

Sobretudo, se existir um bom plano, o judiciário deveria se abster de judicializar. Mas aí deverá existir um bom consenso construído no SUS a partir do governo federal – este é um ponto crítico a necessidade de existência de governo.

### **Mais alguns pontos para fechar:**

a) Existem muitas discussões sobre a capacidade das diferentes vacinas produzirem uma imunidade tecidual importante, ao lado da sorológica. E sobre quão duradoura será essa imunidade. Sempre olhando a luz da queda de anticorpos que pacientes tiveram após ter a doença. A imunidade conferida por vacinas se comportará como a conferida por quem teve a doença e ocorrerá essa queda também? Respostas que somente chegarão com o tempo.

b) Como fica a cada vez mais complexa questão que envolve a reinfecção? Pode ocorrer? Como funcionará a proteção conferida por vacinas. Cerca de 10% dos pacientes mantêm o vírus na orofaringe por um tempo longo após já não ter mais sintomas e esses vírus, com alguma frequência, em cultura, continuam viáveis, mas aparentemente pouco infectantes.

## CAPÍTULO IX

# A PANDEMIA DE COVID-19 PARA ALÉM DAS VACINAS: AS RESPOSTAS SOCIAIS

*Maria Helena Magalhães de Mendonça*

A pandemia de Covid-19 é um desafio sem precedentes para a ciência e para a sociedade, cobrando respostas rápidas e diversas dos sistemas de saúde, em termos de incorporação de tecnologias, racionalização de recursos e organização dos serviços essenciais. A humanidade enfrenta dois grandes desafios interrelacionados: reduzir sofrimento e mortes com atenção integral, tendo em vista a vulnerabilidade de diversos segmentos da população; e organizar (reorientar) os serviços de saúde em seus distintos níveis de atenção para alcançar esse objetivo.

Nos primeiros tempos ou ondas da transmissão do vírus, a ausência de vacinas e de medicamentos específicos é devido à alta transmissibilidade da infecção. Restaram como intervenções eficazes para o controle da pandemia, medidas de saúde pública não farmacológicas como isolamento, distanciamento social e vigilância dos casos para reduzir o contágio, evitar sofrimento e mortes ao frear a velocidade da pandemia (Giovannella *et al.*, 2020).

A ciência assumiu a responsabilidade de buscar soluções para mitigar os efeitos da doença e sua transmissão, conforme o acúmulo de conhecimento e práticas no âmbito da ciência e tecnologia global e nacional. A corrida para se obter uma vacina alimentou a esperança dos governos e da população mundiais com todos os acertos e erros já discutidos pelo Dr. Gonzalo Vecina Neto.

A intensidade e velocidade com que se deu a transmissão em países como China e região da União Europeia, em pleno inverno, com grande circulação e concentração de população geral ou idosa, imprimiu grande demanda por atenção hospitalar, seguida de recur-

sos de reabilitação ou de cuidados intensivos, que fez necessária a reorganização dos sistemas de saúde, em todos os seus componentes, dotando-o dos recursos necessários para oferecer a atenção adequada e oportuna, somados à compra e distribuição de equipamentos de proteção individual para trabalhadores de saúde e para usuários.

De certa forma, o debate sobre o acesso a esses recursos em curto prazo e em quantidade é internacional, com pouca expectativa de uma alteração na divisão social de produção de insumos médicos, mais grave ainda que as vacinas. Debates também são recorrentes em torno da cooperação na testagem clínica, inspeção na origem e transferência de tecnologia. Sem dúvida, o XVIII Seminário abre espaço de experimentação e renovação do conhecimento, sem falar na polêmica da regulação por modelo legal próprio de controle e liberação de uso. Nos países da América Latina, onde o contágio se dá com algum retardo, um ponto crucial é discutir o papel da Atenção Primária à Saúde (APS) em seu enfrentamento dado sua especificidade de base territorial e da abordagem comunitária. (Giovanna *et al.*, 2020).

Os desafios para o sucesso dessa prática, que precede a adesão à vacina e a sua aplicação, são condicionados pela condição de fabricação e/ou negociação de contratos para fornecimento e uso de antigos e novos insumos, ou seja, a condição junto ao mercado de produção e a própria dimensão de seu mercado de consumo que atrai os investidores e justifica a aplicação de recursos governamentais.

No Brasil, onde saúde é percebida como qualidade de vida, fundamento da política de saúde pós-constituição de 1988, o enfrentamento às políticas de concentração do mercado e à concorrência internacional das grandes empresas econômicas, e do próprio setor de saúde, ainda encontrou barreiras por conta da política de austeridade e de corte orçamentário na área social, acrescida da disputa ideológica sobre a noção de pandemia, sua abordagem preventiva e a operação federal da vacinação. Apesar das hesitações múltiplas, vamos buscando controlar o fato (Mendonça *et al.*, 2021).

O papel da APS por seu modo de organização pode ser muito útil, mesmo que precise ser adaptado para reforçar e aperfeiçoar seus atributos, em consonância com os princípios e diretrizes do Sistema Único de Saúde (SUS), universal e de financiamento público, em que pese a complementariedade do setor privado de saúde, frente ao novo contexto social e epidemiológico de carências (insuficiência de recursos preventivos) e reposicionamento de prioridades (quem, como vacinar?) e como ampliar a vigilância em saúde. (Mendonça *et al.*, 2021).

No caso brasileiro, a Estratégia Saúde da Família (ESF), pelos atributos de responsabilidade territorial e orientação comunitária, é o modelo assistencial adequado para a abordagem abrangente de APS. Nas circunstâncias da pandemia, em uma situação de isolamento social, é necessário mais que nunca manter o contato e o vínculo das pessoas com os profissionais responsáveis pelo cuidado à saúde para monitorar e detectar precocemente a infecção, e atender a qualquer outro problema de saúde, observando-se a garantia das condições de proteção dos trabalhadores e da população. Isso, por seu lado, significa introduzir equipamentos específicos, estratégias de comunicação e interação que trarão outras consequências, positivas ou não, na atenção da população cadastrada (Giovanella *et al.*, 2020).

A forte presença da APS no país se expressa em mais de 40 mil equipes em todo país, ainda que por vezes incompletas, 260 mil Agentes Comunitários de Saúde (ACS), 26 mil equipes de saúde bucal, cerca de cinco mil Núcleos de Apoio a Saúde da Família (Nasf), este com abordagem multiprofissional, representam as bases do SUS e muito pode contribuir no enfrentamento da pandemia. O cuidado na APS trata as pessoas, não as doenças, e o SUS no âmbito nacional deve se comprometer com a incorporação das tecnologias e a formação dos Recursos Humanos necessários.

No âmbito local-territorial o compromisso com a inovação e produção é grande por ser aí que vivem as pessoas — gente de diversas vulnerabilidades — seja na cidade (favelas), no campo ou áreas das florestas e rios — indígenas (estes talvez os mais vulnerabilizados pelo

modo de vida e hábitos), quilombolas, ribeirinhos, idosos, pessoas com deficiência e com doença mental (Mendonça; Alves; Spadacio, 2021).

As estimativas do impacto da Covid-19 na APS — com alta demanda em função da pandemia, a necessidade de gerenciar o risco no território, além de continuar a assistência às famílias e a população, readequando o conjunto de ações ofertadas nesse nível de atenção — ratificam a necessidade de incorporar não apenas novos recursos tecnológicos, mas também mais recursos financeiros e profissionais, rompendo a perversa lógica do ajuste neoliberal conduzido pelo controle do teto orçamentário. Esta política vem se traduzindo no subfinanciamento do SUS, recentemente aprofundado pelo desfinanciamento da APS e do SUS, com grande impacto sobre o modelo de atenção da ESF (Funcia, 2021).

Como a sociedade e o Estado se apropriam do debate sobre organizar com segurança o acesso à proteção em saúde? Questões como: por quanto tempo fica-se imunizado? qual a periodicidade das intervenções? Como alguém se reinfecta? Dizem respeito a essa tomada de consciência fundamental para reduzir o impacto e conter seu avanço. Nesse contexto, a presença de redes sociais, grupos de WhatsApp e a mídia tradicional favorecem a compreensão dos problemas.

A pandemia do coronavírus se dá em momento em que a sociedade vive ligada à internet, que tem a capacidade de multiplicar a capacidade de comunicação e propiciar uma tomada de consciência global, criando a expectativa (ou uma paranoia) de que os aglomerados de doentes e mortos, destacados diariamente, caiam. Mas também incutem medo e o desejo para que sua intensidade nos locais em que se vive não se reproduza.

Comprova-se que o isolamento nos leva a compreender a necessidade dos contatos sociais — ainda que virtuais — sem os quais não conseguimos viver. Revela-se, mais uma vez, e fortemente, a importância que o espaço-público-virtual adquiriu em nossas vidas e na

pandemia e a quarentena necessária eleva o número de contatos, consolida os grupos nas redes sociais.

Sociologicamente, o contexto da pandemia pressupõe:

- A **interdependência da vida social humana**, nas cidades, reclama concepções políticas que vão muito além do individualismo e das políticas neoliberais destruidoras dos serviços públicos;
- A **oposição de visões de mundo pró ou contra ciência**, com grupos de poder que disputam a narrativa sobre cuidados, formas de proteção individual e coletiva e a autoridade na forma de compreensão, aferição e intervenção com base em evidências.
- A **emergência das arenas de negociação, poder e recursos** diversos mobilizados, pois a sociedade está **fortemente conectada**.

Assim, resumidamente, temos **efeitos positivos sensíveis e reversíveis**. A redução da circulação de pessoas, bens e serviços nas cidades – ou seja, uma desaceleração do ritmo econômico cotidiano dos grandes centros urbanos que tem impacto sobre a forma de vida humana e suas relações sociais e com a natureza. Essa nova forma configura outras possibilidades de arranjos entre sistemas vivos quando obrigados ao distanciamento e aponta novos questionamentos. Qual a dimensão dessa configuração para uma transformação mais profunda em face ao isolamento social para manter conexão e produzir redes de coexistência? Novas perspectivas como *home office*, evitar aglomerações, superar limites relativos a desigualdades de acesso a água, saneamento, moradias saudáveis serão socialmente viabilizadas com esta reflexão sobre ciência e democracia?

Como **efeitos negativos** podemos pensar numa exacerbação do controle e da vigilância com uso de tecnologias de rastreamento, e abertura de alternativas autoritárias nas formas de gestão desigual das populações, assim como nos demais seres vivos e culturas, via a biopolítica para os quais devemos estar atentos (Castelo Branco,

*et al.*, 2021). Esse comportamento se disseminou bastante a partir dos países asiáticos, cujas intervenções não se prendem a abordagem epidemiológica e da virologia.

## Referências

CASTELO BRANCO, Pedro H. Villas Bôas; GOUVÊA, Carina Barbosa; BARBABELA, Eduardo. O que os pensadores tem a dizer sobre a pandemia? *In*: VIANNA, Gilberto de Souza; FERREIRA, Lier Pires; CASTELO BRANCO, Pedro H. Villas Bôas (org.) **Retratos da Pandemia**. Vida, sociedade e política frente ao novo coronavírus. Rio de Janeiro: Editora Freitas Bastos, 2021.

FUNCIA, 2021. **Até quando vamos suportar conviver com a asfixia do subfinanciamento do SUS**. Disponível em: <https://bit.ly/42nsNls>. Acesso em: 05 dez. 2021.

GIOVANELLA, Lígia *et al.* **A contribuição da Atenção Primária à Saúde na rede SUS de enfrentamento à Covid-19**. RIO DE JANEIRO: CEBES, SAÚDE DEBATE 44 (SPE4), DEZ. 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3oQfNHd>. Acesso em: 05 dez. 2021.

MENDONÇA, Maria Helena Magalhães de; ALVES, Márcia Guimarães de Mello; SPADACIO, Cristiane. **Nota Técnica sobre Determinação Social da Saúde e participação social na APS**, 2021. Disponível em: <https://bit.ly/45TkMH7>. Acesso em: 14 dez. 2021.

MENDONÇA, Maria Helena *et al.* Atenção Primária à Saúde no contexto da COVID-19: um olhar panorâmico da Saúde Coletiva. *In*: VIANNA, Gilberto de Souza; FERREIRA, Lier Pires; CASTELO BRANCO, Pedro H. Villas Bôas (org.) **Retratos da Pandemia**. Vida, sociedade e política frente ao novo coronavírus. Rio de Janeiro: Editora Freitas Bastos, 2021.

# CAPÍTULO X

## A CAMINHADA PARA AFIRMAR QUE “PEQUENO NÃO QUER DIZER SEGURO: NANOTECNOLOGIAS E MACROINQUIETAÇÕES”

*Luís Renato Balbão Andrade*

### **Preâmbulo**

“Pequeno não quer dizer seguro: nanotecnologias e macroinquietações” é um livro publicado em 2021 pela Fundacentro que pode ser obtido, sem custo, em: <https://bit.ly/43EFkSl>.

Este texto pretende apresentar alguns aspectos relacionados a este livro.

### **Introdução**

Já me foi questionado quanto tempo a obra “Pequeno não quer dizer seguro: nanotecnologias e macroinquietações” requereu para sua conclusão. No primeiro impulso, no ímpeto de oferecer de pronto uma resposta afirmei poderemos tomar um ano, talvez um ano e meio. Entretanto, ao refletir melhor sobre a questão posta, concluí que a resposta acima não era de todo verdadeira. De fato, a concepção, coleta de artigos e reunião deles sob a forma de um único volume foi realizada neste período, mas neste caso uma resposta melhor seria dez, talvez quinze anos.

É fácil compreender: para que livros como este sejam produzidos é necessário todo um contexto que só amadurece com o tempo que propicia o acúmulo, experiências, muitas discussões, muitos seminários e troca de muitas ideias.

No nosso caso não foi diferente. O contexto a que me refiro é o projeto “Impactos da nanotecnologia na saúde dos trabalhadores e meio ambiente”, desenvolvido pela Fundacentro durante mais de dez anos sob a coordenação da amiga e colega Dra. Arline Sydnéia Abel Arcuri. Foi somente a partir da equipe multidisciplinar e multi-institucional deste projeto que a concepção e desenvolvimento desta obra se tornou realidade.

Neste cenário, a importância crescente do uso de novos materiais em escalas nanométricas no ambiente de trabalho é a grande motivação para as abordagens contidas no livro. A história (do trabalho) ensina que, sem prevenção e precaução, as consequências podem ser (e, em geral, efetivamente são) desastrosas, sobretudo para os trabalhadores, ao serem estes os primeiros a sentirem os eventuais efeitos adversos das novas tecnologias no ambiente laboral. Além disso, inquieta os diversos autores que colaboraram com esta obra a escassez de informações sobre os efeitos dos nanomateriais sobre a saúde humana e o meio ambiente.

O foco principal da publicação é justamente aquele que norteava o projeto no campo em que foi desenvolvido, tendo como objetivo principal traçar um mosaico de ideias sobre os possíveis impactos das nanotecnologias na segurança e na saúde dos trabalhadores e no meio ambiente.

Na honrosa condição de organizador posso dizer que equipe é tudo! Foi o esforço individual de todos os envolvidos que permitiu a confecção e conclusão da coletânea de textos. A mim coube ser o ponto focal para onde os textos deveriam ser enviados e reunidos, enquanto ofereci alguns textos meus em coautoria para também integrarem o livro.

## **O livro**

*Pequeno não quer dizer seguro: nanotecnologias e macro inquietações*, apresenta uma abordagem multifacetada sobre os impactos das

nanotecnologias sobre a segurança e saúde dos trabalhadores e meio ambiente. Com mais de 40 autores com diversas formações, entre elas: físicos, químicos, engenheiros, sociólogos, bacharéis em direito, biólogos, antropólogos, jornalistas, economistas, farmacêuticos e médicos, o volume com certeza fornece ampla e rica coletânea de saberes sobre o tema.

Os 35 artigos que compõem esta publicação e compõem 13 capítulos passeiam por diversas áreas do saber, buscando em cada uma delas, algumas de suas implicações e interfaces com as nanotecnologias. Este panorama pode ser identificado a seguir.

- Capítulo I – O contexto: o que são as nanotecnologias e suas implicações para a SST?
- Capítulo II – Descrição das ações da Fundacentro neste campo.
- Capítulo III – Descrição de algumas ações governamentais na interface das nanotecnologias com a segurança e saúde no trabalho.
- Capítulo IV – As nanotecnologias e ações sindicais.
- Capítulo V – Breve relato sobre as redes brasileiras de pesquisa em nanotoxicologia.
- Capítulo VI – As nanotecnologias, sociedade e o mundo do trabalho.
- Capítulo VII – As nanotecnologias e o direito.
- Capítulo VIII – As nanotecnologias e a ética.
- Capítulo IX – As nanotecnologias e vigilância da saúde dos trabalhadores.
- Capítulo X – As nanotecnologias e comunicação científica.
- Capítulo XI – As nanotecnologias no cenário internacional: Europa, América Latina, Irã.
- Capítulo XII – As nanotecnologias e o meio ambiente.
- Capítulo XIII – As nanotecnologias e a segurança e saúde no trabalho (SST).

Cabe destacar que em se tratando de uma coletânea de artigos, a obra não requer uma leitura linear desde seu início até seu final, pelo contrário, deve ser explorada ao gosto do leitor que poderá se interessar mais por uma ou outra área aqui descrita como capítulos.

Esperamos que esta iniciativa possa contribuir, mesmo que de maneira modesta, para a discussão e a reflexão sobre as implicações destas novas tecnologias no mundo do trabalho diretamente e para a sociedade com um todo de um modo mais amplo. Se as nanotecnologias caracterizam nossa época, há urgência em se compreender que pequeno não quer dizer seguro, mas poderia e deveria ser, e é esta compreensão que move nossas macro inquietações, pois entendemos que o progresso tecnológico deve servir a todos, e não apenas aos interesses de poucos.

### **Nota do organizador para a primeira edição**

É necessário informar que, sem que fosse esta a proposta inicial, esta obra já em seu lançamento se converte em um registro histórico do estado da arte sobre o tema de alguns anos atrás.

São muitos os percalços que podem ocorrer a um projeto e este, especificamente, não diferiu de maneira que existe um lapso de tempo entre a conclusão dos artigos em 2016 e sua publicação em 2021.

Este fato, embora significativo, não diminui em nada a importância dos conhecimentos aqui descritos, pois eles não envelheceram tanto quanto o tempo poderia fazer crer.

### **Considerações finais**

Ao findar este volume, fica a certeza de que, apesar de mais de uma década de atividades, ainda estamos apenas começando. Não se trata de impedir o progresso da tecnologia em geral ou das nanotecnologias em particular. Trata-se de obter um desenvolvimento

responsável que considere as preocupações em relação aos impactos sociais, econômicos e o meio ambiente deste progresso.

A lógica embutida no atual modelo de desenvolvimento científico e tecnológico parece ser a de que ele por si só trará também o desenvolvimento social. Esta relação linear, embora muito repetida, não apresenta evidências de que efetivamente ocorra. O simples desenvolvimento tecnológico não promoverá, necessariamente, ganhos sociais, como equidade e justiça. Para isso, serão necessários esforços específicos.

Neste sentido, já em 1932, um dos maiores gênios da humanidade, Albert Einstein, escreveu:

Mas a economia liberal não irá resolver automaticamente as próprias crises. Será preciso um conjunto de medidas harmoniosas vindas da comunidade, para realizar entre os homens uma justa repartição do trabalho e dos produtos de consumo. Sem isso, a população do país mais rico se asfixia. Como o trabalho necessário para as necessidades de todos diminuiu pelo aperfeiçoamento da tecnologia, o livre jogo das forças econômicas não consegue sozinho manter o equilíbrio que permita o emprego de todas as forças de trabalho. Uma regulamentação planificada e realista se impõe a fim de se utilizarem os progressos da tecnologia no interesse comum (Einstein, 1981)

Muito mais recente, Frank Allgöwer, diretor do Instituto de Teoria de Sistemas e Controle Automático da Universidade de Stuttgart, na Alemanha, em palestra apresentada na sede da Fapesp no dia primeiro de dezembro de 2016, argumentou: “É preciso que pesquisadores da área de humanas supervisionem o que os engenheiros estão construindo”. Foi sob estes pontos de vista e com esta visão que a coletânea de textos foi produzida sob a forma de livro.

Mantemos firme a convicção de que fomentar o debate, apurar o senso crítico, questionar com base em dados e evidências, promo-

ver o engajamento do maior número de pessoas nas decisões sobre como e para quem deve ser feito o desenvolvimento das nanotecnologias é o melhor caminho para poderem ser afastadas nossas macro inquietações, até porque “**pequeno não quer dizer seguro**”.

## Agradecimentos

Individualmente, podemos muito pouco, embora sempre possamos fazer a diferença. O livro é uma realização coletiva. Assim, o mérito, é do grupo. Por outro lado, se algo não estiver a contento, certamente cabe ao organizador assumir sua responsabilidade.

Primeiramente, é importante agradecer a todos e a cada um dos autores dos textos que compõem este livro, pela doação de seus talentos e tempo para nos brindar com seus conhecimentos.

Além destes, se impõem por justiça o agradecimento aos membros da equipe do projeto “Impactos da nanotecnologia na saúde dos trabalhadores e meio ambiente”, tanto servidores da Fundacentro e quanto externos a esta, no âmbito do qual, como já mencionado, este livro foi desenvolvido.

Como já destaquei, um livro é coletivo portanto, se torna muito mais do que o texto de seu autor (ou autores), neste sentido cabe agradecer a toda a equipe de publicação, coordenadores, revisores, diagramadores e tantos outros que mesmo não citados diretamente não mediram esforços para tornar esta publicação possível.

## Referência

EINSTEIN, Albert. **Como vejo o mundo**. Trad. H. P. Andrade. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981. Disponível em: <https://bit.ly/3CdO7iE>. Acesso em: 04 abr. 2022.

## PARTE II

### **Ensaio e Debates do XIX– SEMINANOSOMA - Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente**

O XIX SEMINANOSOMA - Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente, promovido pela RENANOSOMA, teve por objetivo trazer temas e debates relacionados com a nanotecnologia e outras novas tecnologias e seus impactos no mundo do trabalho, na sociedade e meio ambiente. Nesta edição o tema central do debate foi: “Emergências – Convergência Tecnológica e Divergências Sociais”

Esse evento ocorreu entre os dias 16 e 18 de novembro de 2022 no Centro MariAntônia da USP e contou com convidados internacionais, dos Estados Unidos, do México, da Inglaterra e da Argentina e foi transmitido pelo canal do YouTube: <https://bit.ly/42eUwEI>.

## PRIMEIRO DIA

### **MESA 01 – OS DESAFIOS REGULATÓRIOS DAS NANOTECNOLOGIAS: VELHAS E NOVAS PERSPECTIVAS**

**Organizadora e debatedora:** Raquel Von Hohendorff

- Palestra 1 – A regulação das nanotecnologias e dos nanomateriais

Apresentador 01: Patrick Maia Merísio

**Link para assistir:** <https://bit.ly/3MQF9g8>

- Palestra 2 – Using groupin and read-across to streamline hazard testing of nanomaterials

Apresentadora 02: Vicki Stone

**Link para assistir:** <https://bit.ly/42fRzDW>

- Palestra 3 – O Estado na regulação e governança dos riscos ambientais da nanotecnologia
- Palestra 4 – Desenhando modelos regulatórios: entre a regulação tradicional e o diálogo entre as fontes do Direito.  
Apresentadores 03 e 04: Airton Guilherme Berger Junior e Wilson Engelmann  
**Link para assistir:** <https://bit.ly/3OT00Sp>

## MESA 02 – EMERGÊNCIAS EM SAÚDE DOS TRABALHADORES E TRABALHADORAS

**Coordenador:** José Renato Alves Schmidt;  
**Debatedora:** Thaís Helena Carvalho Barreira

- Palestra 01 - Emergência: panorama das influências das novas tecnologias na saúde dos trabalhadores e trabalhadoras  
Apresentadora 01: Arline Arcuri, Debatedora: Valéria Ramos Soares  
**Link para assistir:** <https://bit.ly/3oKpGpL>
- Palestra 02 - Emergência: como as novas tecnologias estão afetando a saúde mental dos trabalhadores e trabalhadoras  
Apresentadora 02: Ana Cláudia Moreira Cardoso  
**Link para assistir:** <https://bit.ly/3IVWItX>
- Palestra 03 - Emergência: Como as novas tecnologias estão afetando a saúde mental dos trabalhadores e trabalhadoras  
Apresentadora 03: Jorge Marques Pontes;  
**Link para assistir:** <https://bit.ly/42lZS13>

## SEGUNDO DIA

### MESA 03 – EMERGÊNCIA NO CONHECIMENTO SOBRE COMO AS PESQUISAS SÃO REALIZADAS E FINANCIADAS NAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS

**Coordenador:** Eduardo Martinho Rodrigues

**Debatedor:** Marcelo Seráfico

- Palestra 01 - Enseñanza e investigación pública universitaria en la sociedad española: propuestas alternativas para enfrentar la mercantilización neoliberal.

Apresentador 01: José Manuel Rodríguez-Victoriano

**Link para assistir:** <https://bit.ly/3MJwg85>

- Palestra 02 – O Neoliberalismo acadêmico

Apresentador 02: Peter Schulz

**Link para assistir:** <https://bit.ly/42g29uJ>

- Palestra 03 - Desenvolvimento das nanotecnologias no Brasil na primeira década do século XXI: ciências de processos e produtos” versus “ciências dos impactos

Apresentador 03: Paulo Roberto Martins

**Link para assistir:** <https://bit.ly/42g29uJ>

**DEBATES DA MESA** – Link para assistir: <https://bit.ly/3Ca3wAk>

### MESA 04 – EMERGÊNCIAS EM EPIDEMIAS

**Coordenadora:** Ana Yara Paulino; **Debatedores:** Gabriela Di Giulio e Ildeberto Muniz de Almeida

- Palestra 01 – Lições da pandemia da Covid-19, mais saúde coletiva, menos individualismo.

Apresentador 01: Pedro Curi Hallal

**Link para assistir:** <https://bit.ly/3C9nk6V>

- Palestra 02 - Emergências: políticas públicas e os trabalhadores durante a pandemia da covid-19 no Brasil: o que não repetir

Apresentadora 02: Maria Maeno

**Link para assistir:** <https://bit.ly/3C9nk6V>

- Palestra 03 – Emergências em novas pandemias: propostas para o futuro próximo

Apresentador 03: Gustavo Correa Matta

**Link para assistir:** <https://bit.ly/43EjMW5>

**DEBATES DA MESA** – Link para assistir: <https://bit.ly/3N9iRHA>

## TERCEIRO DIA

### MESA 05 – EMERGÊNCIAS EM INCERTEZAS AMBIENTAIS

**Coordenador:** Adriano Premebida; Debatedora: Tânia Magno

- Palestra 01 - Incertezas ambientais em tempos de destruição da governança ambiental brasileira e apropriação dos recursos naturais do Brasil

Apresentadora: Julianna Malerba

**Link para assistir:** <https://bit.ly/43FEXXL>

- Palestra 02 – Global Climate Governance in the face obstruction  
Apresentador: John Timmons Robert

**Link para assistir:** <https://bit.ly/43FEXXL>

- Palestra 03 – Saúde ambiental: Impactos e Perspectivas  
Apresentador: David Azoulay  
**Link para assistir:** <https://bit.ly/3C7wNeS>

**DEBATES DA MESA** – Link para assistir: <https://bit.ly/3oDPFzk>

## **MESA 06 – EMERGÊNCIA EM CONTROLES SOCIAIS EM NOVAS TECNOLOGIAS (METAVERSO, INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, COMPUTAÇÃO QUÂNTICA, ENTRE OUTRAS).**

**Coordenador:** Luís Renato Balbão Andrade

**Debatedores:** José Renato Alves Schmidt; Sebastião Neto.

- Palestra 01: Recursividade Humano-Máquina Nas Plataformas Digitais: Uma Perspectiva Antropológica  
Apresentadora: Letícia Cesarino  
**Link para assistir:** <https://bit.ly/3qqRaRR>
- Palestra 02 – Computação Quântica  
Apresentadora: Nadja Kaib Bernardes  
**Link para assistir:** <https://bit.ly/43lkXKb>
- Palestra 03 – Metaverso  
Apresentador: Antônio Bernardes  
**Link para assistir:** <https://bit.ly/3NaS3ab>
- Palestra 04 – Novas tecnologias e impactos no mundo do trabalho  
Apresentadores: Sebastião Neto e Patrícia Pelatieri  
**Link para assistir:** <https://bit.ly/3NaS3ab>



# CAPÍTULO XI

## **BREVES NOTAS SOBRE A REGULAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO DOS MATERIAIS AVANÇADOS NA PERSPECTIVA DO DIREITO AMBIENTAL**

*Patrick Maia Merisio  
Silvana Liberto Alves Maia*

Pretendemos aqui lançar um breve estudo inicial sobre a regulação e regulamentação dos materiais avançados na perspectiva do Direito Ambiental, tendo como base o decreto 10.746/2021 e o Plano de Ação de CT&I para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras (Volume II – Materiais Avançados)<sup>1</sup>.

Preliminarmente, cumpre-nos defender que a melhor forma de regulamentação da matéria não é por forma de decreto, mas sim através de lei, processo legislativo democrático e formal estabelecido de acordo com os padrões constitucionais. Todavia, até a presente data seja em termos de nanotecnologia, seja em termos de materiais avançados, não existe tal regulação, sendo que o decreto trazido congrega princípios e conceitos de ação que permitem um ponto de partida consentâneo, em sua maior parte, com os princípios fundamentais do Direito Ambiental. Assim, pretendemos ao menos provocar uma reflexão crítica que possa contribuir para o aprimoramento do processo democrático contínuo e progressivo de regulação e regulamentação dos materiais avançados.

---

1. Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações. Secretaria de Empreendedorismo e Inovação. Plano de Ação de CT&I para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras (Volume II – Materiais Avançados). Belucci, Felipe (organizador *et al*). Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações, 2019. Disponível em <https://bit.ly/3CfVdCZ>. Acesso em: 2 nov. 2022.

Material avançado será aqui considerado, em termos normativos, aquele que, devido às suas propriedades intrínsecas ou ao seu processo tecnológico de preparação, possui a potencialidade de gerar novos produtos e processos inovadores de elevado valor tecnológico e econômico, de elevar o desempenho, de agregar valor ou de introduzir novas funcionalidades aos produtos e processos tradicionais.<sup>2</sup>

Os chamados materiais avançados já possuem inúmeras aplicações técnicas e concretas, com destaque para as aplicações magnéticas, eletrônicas e fotônicas. São materiais que pretendem trazer um *design* inteligente e projetado, com a possibilidade de uso intensivo de tecnologias como a inteligência artificial e *machine learning*, de forma a trazer a modelação e o comportamento dos materiais, de forma inédita em relação àquelas conhecidas e aplicadas atualmente. Estes materiais avançados devem priorizar áreas extremamente emergentes e necessárias para o momento de aquecimento global e eventos climáticos extremos que vivemos, podendo ser aplicadas em várias das chamadas fontes renováveis de energia, tais como a solar, a eólica, a produção e armazenamento de biocombustíveis e várias outras formas.<sup>3</sup>

Dentre os preceitos normativos que podemos estudar nestas breves notas, destacamos três que são da maior relevância: a geodiversidade<sup>4</sup>, a economia circular<sup>5</sup> e o desenvolvimento sustentável<sup>6</sup>. Esta escolha não significa que a regulamentação já existente não tenha outros elementos de extrema relevância que mereçam estudo e reflexão<sup>7</sup>, mas fizemos o corte por questões de coerência e para favorecer a síntese do presente estudo.

---

2. Artigo 3º, I, decreto 10.746/2021.

3. Plano de Ação de CT&I para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras (Volume II – Materiais Avançados), p. 12, 13.

4. Artigo 3º, IV, decreto 10.746/2021.

5. Artigo 3º, III, decreto 10.746/2021.

6. Artigo 4º, III, decreto 10.746/2021.

7. Por exemplo, a proteção da biodiversidade (artigo 3º, II, decreto 10.746/2021) e a cooperação entre Poder Público, setor privado e instituições de pesquisa (artigo 4º, IV, decreto 10.746/2021).

Escolhemos aqui a geodiversidade por ser elemento central a toda e qualquer análise do Direito Ambiental, que costuma ser tratada infelizmente de forma subordinada ou acessória.

Na forma da nova regulamentação, geodiversidade deve ser compreendida como a natureza abiótica constituída pela variedade de ambientes, composição, fenômenos e processos geológicos que dão origem a paisagens, rochas, minerais, águas, fósseis, solos, clima e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida.

Considerar a geodiversidade para fins de definição de política científica e tecnológica é extremamente relevante, uma vez que todo o histórico social e econômico da modernidade (principalmente em sua configuração industrial e econômica) sempre priorizou a exploração imediata e instantânea dos bens geológicos, sem considerar os efeitos e impactos em longo prazo e a capacidade de regeneração dos sistemas. Os bens geológicos ademais são bens escassos, insubstituíveis e não deslocalizáveis, então a proteção, mais do que aproveitamento, deve ser a finalidade de qualquer política ambiental. A falta de cuidado pode acarretar tragédias e catástrofes que atingem inúmeras coletividades, usamos como exemplo o caso das barragens no Brasil com dois casos recentes de perdas de vida, ambientais, sociais e econômicas que ainda produzem efeitos hoje, a saber, em Mariana e em Brumadinho, ambas no Estado de Minas Gerais e fartamente conhecidas.

A doutrina ambientalista reforça a proteção da geodiversidade:

Os princípios fundamentais que orientam as atividades extrativas passariam a ser a prevenção, a substituição, a subsidiariedade e a proporcionalidade. Prevenção, na medida em que, sempre que possível, a extração de recursos geológicos deve ser evitada. Substituição, porque os processos produtivos devem ser alterados para utilizar materiais secundários em detrimento de materiais virgens. Subsidiariedade, pois as jazidas naturais só poderão ser tocadas depois de esgotadas as fontes

secundárias. Proporcionalidade, já que a extração de recursos deve ser estritamente limitada às necessidades demonstradas.<sup>8</sup>

O patrimônio geológico deve ser considerado, ademais, em sua riqueza, como ligação entre o mundo físico, biológico e cultural, sendo como já se tratou no decreto 10.746/2021 suporte para todos os meios de vida, ou seja, dele dependem todos os sistemas vivos. Todo o Direito Ambiental desta forma deve ser reorientado, conforme nos adverte estudo abalizado de geografia:

É fundamental reorientar o foco da conservação da natureza, que desde cedo se centrou, sobretudo, nos elementos bióticos, relegando para um plano secundário o componente abiótico, que, afinal, é o suporte para todos os seres vivos, sendo testemunho da evolução da Terra e da vida nela presente.<sup>9</sup>

O modelamento e o comportamento dos materiais avançados, desde o seu projeto e em todo o seu processo de desenvolvimento e aplicação técnica-industrial, devem refletir este cuidado com a geodiversidade e com os bens geológicos fundamentais, dos quais dependem toda a vida.

Os materiais avançados devem, ainda, ser inseridos em um contexto de economia circular, compreendido no decreto 10.746/2021, como um modelo de produção e de consumo que envolve a partilha, a reutilização, a reparação e a reciclagem de materiais e produtos existentes, de forma a aumentar o seu ciclo de vida.

---

8. Aragão, Alexandra. A proteção jurídica da geodiversidade num mundo ideal. *In*: Souza-Fernandes, Luciana Cordeiro de; Aragão, Alexandra e SÁ, Artur Abreu (organizadores). *Novos Rumos do Direito Ambiental: um olhar para a geodiversidade*. Campinas-SP: Editora da Unicamp, 2021, p. 24.

9. Vieira, Antonio; Steinke, Valdir Adilson. O Geopatrimônio e seu enquadramento no conceito de Patrimônio. *In*: Souza-Fernandes; Luciana Cordeiro de; Aragão, Alexandra; SÁ, Artur Abreu (organizadores). *Novos Rumos do Direito Ambiental: um olhar para a geodiversidade*. Campinas-SP: Editora da Unicamp, 2021, p. 177.

A economia circular pode ser considerada uma forte inspiração para vários movimentos e ações de justiça social e ambiental, sendo que em termos normativos já podemos buscar dispositivos normativos extremamente pertinentes na Lei 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos) para fins de aproveitamento de vários conceitos, em especial sobre ciclo de vida (série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final<sup>10</sup>), padrões sustentáveis de produção e consumo (produção e consumo de bens e serviços de forma a atender as necessidades das atuais gerações e permitir melhores condições de vida, sem comprometer a qualidade ambiental e o atendimento das necessidades das gerações futuras <sup>11</sup>) e ecoeficiência (compatibilização entre o fornecimento, a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e a redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada do planeta<sup>12</sup>).

A economia circular, dentro do modelo trazido principalmente por Kate Raworth<sup>13</sup>, traz toda uma mudança sistêmica na concepção econômica e apenas como síntese ela exige a adoção de várias premissas: o objetivo da economia não está mais necessariamente no crescimento, principalmente no crescimento entendido em termos quantitativos de PIB; traz uma nova concepção da natureza humana que não pode se resumir a visão calculista e egoísta; valorização do pensamento sistêmico e dos feedbacks; ações e projeções para redistribuição; a economia e a indústria têm de assumir função regenerativa, e não mais degenerativa.

---

10. Artigo 3º, IV, Lei 12.305/2010.

11. Artigo 3º, XIII, Lei 12.305/2010.

12. Artigo 6º, IV, Lei 12.305/2010.

13. Raworth, Kate. Economia Donut: uma alternativa ao crescimento a qualquer custo. Tradução George Schlesinger. 1ª edição. Rio de Janeiro: Zahar Editora, 2019.

O modelo econômico é circular, por não se permitir mais um modelo centrado apenas nas empresas e no mercado, devendo ser considerados vários atores e sistemas que ficam marginalizados: a terra que dá a vida e possui limites que devem ser respeitados; a sociedade que produz riqueza a partir de laços, redes e conexões nas mais diferentes esferas e dimensões da vida; o agregado familiar e doméstico (que sequer chega a ser considerado como valor econômico), e por fim os bens comuns que devem ser revalorizados.<sup>14</sup>

E por fim, para o interesse deste estudo, invocamos por derradeiro o desenvolvimento sustentável, que vai além dos modelos econômicos de crescimento e desenvolvimento, permitindo a incorporação de critérios de justiça social e intergeracionais.

Em termos técnicos, a sustentabilidade não só adjetiva e qualifica o desenvolvimento, ela preenche o seu conteúdo obrigatório e necessário, sempre que se entender, como o nós o fazemos, que todo o processo de desenvolvimento deve ser considerado em múltiplas dimensões (e não apenas aquelas quantitativas e de curto prazo). Reproduzimos:

Uma das características mais importantes associadas ao desenvolvimento sustentável é a sustentabilidade, que é a qualidade relativa a um fenômeno de se autossustentar, ou seja, de continuar indefinidamente. Tal característica se apoia fortemente no conceito de resiliência, que é oriundo da física, mas que foi extrapolado para outras áreas, tais como a ecologia, psicologia e gerenciamento de catástrofes. A resiliência é a capacidade que um sistema possui de voltar à sua configuração inicial após ter sido danificado, sendo um conceito-chave para que a sustentabilidade se torne possível.

---

14. Mariano, Enzo Barberio. *Progresso e Desenvolvimento Humano: teorias e indicadores de riqueza, qualidade de vida, felicidade e desigualdade*. Rio de Janeiro: Alta Books, 2019, pp. 46-47.

A sustentabilidade ainda nos permite recuperar o valor da geodiversidade, conforme nos aduz a doutrina tradicional nacional de Direito Ambiental em referência ao pensamento de Gerd Winter:

Desenvolvimento sustentável é o termo genérico para um extenso número de preocupações que, todavia, podem ser resumidas em três conceitos globais: bem-estar social, economia e meio ambiente.

Na versão dos três pilares, o termo sustentável significa que estes três aspectos devem coexistir como entidades equivalentes. No caso de conflitos, eles devem ser balanceados, considerações mútuas tomadas e compromissos estabelecidos.

(...)

O quadro apropriado não é de três pilares, mas sim um fundamento e dois pilares apoiando-o. A biosfera torna-se de fundamental importância. A economia e a sociedade são parceiros mais fracos, pois a biosfera pode existir sem os humanos, mas os humanos certamente não podem existir sem a biosfera.<sup>15</sup>

A Constituição brasileira, vale enfatizar, permite a adesão de vários critérios de justiça social e ambiental no instituto do desenvolvimento sustentável, dentre eles: a dignidade humana<sup>16</sup>, o valor social do trabalho e da livre iniciativa<sup>17</sup>, a erradicação da pobreza<sup>18</sup>, o bem comum<sup>19</sup>, a precaução e o equilíbrio intergeracional.<sup>20</sup>

A previsão da vinculação dos materiais avançados a fontes renováveis e sustentáveis de energia e de economia torna-se vital, na medida em que não podemos esperar que de uma invenção tecnológica

---

15. Machado, Paulo Affonso Leme. Direito Ambiental brasileiro. 27ª edição. São Paulo: Malheiros Editores, 2020, pp. 85, 86.

16. Artigo 1º, III, CF.

17. Artigo 1º, IV, CF.

18. Artigo 3º, III, CF.

19. Artigo 3º, IV, CF.

20. Os dois últimos no artigo 225, caput e § 1º, CF.

(quase mágica) surja uma solução para vários problemas ambientais que, em boa parte, também foram criados ou pelo menos agravados por medidas técnicas e científicas. Ensina-nos a visão sistêmica:

não precisamos inventar comunidades humanas sustentáveis a partir do zero, mas podemos modelá-las de acordo com os ecossistemas da natureza, que são comunidades sustentáveis de plantas, animais e microorganismos. Uma vez que a característica proeminente do “Lar Terrestre” é sua capacidade inerente para sustentar a vida, uma comunidade humana sustentável é planejada de tal maneira que seus modos de vida, negócios, economia, estruturas físicas e tecnologias não interferem na capacidade inerente da natureza para sustentar a vida. Comunidades sustentáveis desenvolvem seus padrões de vida ao longo do tempo em interação contínua com outros sistemas vivos, humanos e não humanos. Desse modo, a sustentabilidade não significa que as coisas não mudam. Pelo contrário, ela é um processo dinâmico de coevolução em vez de um estado estático”<sup>21</sup>

E neste final nos permitimos fazer um necessário reparo para garantir a dinâmica que toda essa complexidade abrange: para todo esse processo efetivamente se consolidar não basta a previsão abstrata de princípios e de textos técnicos, necessária é a participação social democrática através da cidadania. A prevenção não deve se dar por controle proativo ou reativo, mas sim por limites de risco razoáveis, aceitáveis e compartilhados, através de diálogo social, com avaliação das consequências em longo prazo. Medidas preventivas não são apenas técnicas, elas têm de se incorporar em práticas e ações culturais, e apenas neste contexto se poderá compartilhar res-

---

21. Capra, Frijtof; Luisi, Pier Luigi. A visão sistêmica da vida: uma concepção unificada e suas implicações filosóficas, políticas, sociais e econômicas. Tradução por Mayra Teruya Eichemberg e Newton Roberval Eichemberg. São Paulo: Cultrix, 2014, p. 435.

ponsabilidades. Só pode haver cidadania responsável se houver informação científica, e só pode haver informação científica válida se ela for acessível à sociedade, que arca com seus riscos e benefícios.<sup>22</sup>

Em termos normativos, o decreto 10.746/2021 precisa, desta forma, se enriquecer com mais uma referência a Lei 12.305/2010, que em seu artigo 3º, VI define controle social como o conjunto de mecanismos e procedimentos que garantam à sociedade informações e participação nos processos de formulação, implementação e avaliação das políticas públicas relacionadas aos resíduos sólidos.

Esperamos, desta forma, que possamos ter contribuído para a regulação e regulamentação sustentável, eficiente e participativa dos projetos e das aplicações dos materiais avançados em respeito à geodiversidade e a todas as formas de vida. Nosso propósito foi alimentar o conhecimento do tema com preocupações éticas, principalmente de justiça social e ambiental, para fins de ampliar a proteção do meio ambiente, em linhas preliminares de reflexões.

## Referências

ARAGÃO, Alexandra. A proteção jurídica da geodiversidade num mundo ideal. *In*: SOUZA-FERNANDES, Luciana Cordeiro de; ARAGÃO, Alexandra; SÁ, Artur Abreu (organizadores). **Novos Rumos do Direito Ambiental: um olhar para a geodiversidade**. Campinas-SP: Editora da UNICAMP, 2021

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações. Secretaria de Empreendedorismo e Inovação. Plano de Ação de CT&I para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras (Volume II – Materiais Avançados). *In*: BELUCCI, Felipe (organizador *et al*). **Ministério da**

---

22. Peppoloni, Silvia; Capua, Giuseppe di. Fundamentos de Geoética para um Direito Ambiental orientado por uma visão ecossistêmica. *In*: Souza-Fernandes, Luciana Cordeiro de; Aragão, Alexandra; Sá, Artur Abreu (organizadores). *Novos Rumos do Direito Ambiental: um olhar para a geodiversidade*. Campinas-SP: Editora da Unicamp, 2021, pp. 156, 159.

**Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações, 2019.** Disponível em <https://bit.ly/3CfVdCZ>. Acesso em: 2 nov. 2022.

CAPRA, Frijtof; LUISI, Pier Luigi. **A visão sistêmica da vida:** uma concepção unificada e suas implicações filosóficas, políticas, sociais e econômicas. Tradução por Mayra Teruya Eichenberg e Newton Roberval Eichenberg. São Paulo: Cultrix, 2014.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito Ambiental brasileiro.** 27 ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2020.

MARIANO, Enzo Barberio. **Progresso e Desenvolvimento Humano:** teorias e indicadores de riqueza, qualidade de vida, felicidade e desigualdade. Rio de Janeiro: Alta Books, 2019.

PEPPOLONI, Silvia; CAPUA, Giuseppe di. Fundamentos de Geoética para um Direito Ambiental orientado por uma visão ecossistêmica. *In:* SOUZA-FERNANDES, Luciana Cordeiro de; ARAGÃO, Alexandra; SÁ, Artur Abreu (organizadores). **Novos Rumos do Direito Ambiental:** um olhar para a geodiversidade. Campinas-SP: Editora da UNICAMP, 2021.

RAWORTH, Kate. **Economia Donut:** uma alternativa ao crescimento a qualquer custo. Tradução George Schlesinger. 1ª edição. Rio de Janeiro: Zahar Editora, 2019.

VIEIRA, Antonio; STEINKE, Valdir Adilson. O Geopatrimônio e seu enquadramento no conceito de Patrimônio. *In:* SOUZA-FERNANDES, Luciana Cordeiro de; ARAGÃO, Alexandra; SÁ, Artur Abreu (organizadores). **Novos Rumos do Direito Ambiental:** um olhar para a geodiversidade. Campinas-SP: Editora da UNICAMP, 2021.

# CAPÍTULO XII

## REGULAR E GERENCIAR OS RISCOS NANOTECNOLÓGICOS<sup>1</sup>

*Wilson Engelmann*

As nanotecnologias parecem que já estão incorporadas na vida cotidiana da sociedade. Os dados revelam e suportam essa constatação preliminar. Qual o motivo dessa observação preliminar? O manuseio da escala nanométrica, ou seja, aquela que se situa na bilionésima parte de um metro, a ser expressa pela notação científica de  $10^{-9}$ , se encontra em muitos produtos de diversas cadeias produtivas. Segundo pesquisa realizada em 12 de outubro de 2022, na base de dados *Nanotechnology Products Database* (Statnano, 2022), se encontrou a existência de 10.196 produtos, que são desenvolvidos por 3.292 organizações empresarias, localizadas em 64 países. Esses produtos se encontram nos seguintes segmentos: eletrônicos, medicina e outras áreas da saúde, construção, cosméticos, têxtil, automotivo, meio ambiente, energias renováveis, alimentos e em-

---

1. Este capítulo é o resultado parcial das pesquisas realizadas pelo autor no âmbito dos seguintes projetos de pesquisa: a) Chamada CNPq n. 09/2020 - Bolsas de Produtividade em Pesquisa - PQ, projeto intitulado: “Percursos para ressignificar a Teoria Geral das Fontes do Direito: o *Sandbox regulatório* como um elemento estruturante da comunicação reticular entre o Direito e as nanotecnologias”; b) “Sistema do Direito, novas tecnologias, globalização e o constitucionalismo contemporâneo: desafios e perspectivas”, Edital Fapergs/Capes 06/2018 - Programa de Internacionalização da Pós-Graduação no RS. Este trabalho também está vinculado às pesquisas realizadas pelo autor nos seguintes Centros Internacionais de Investigação: Cedis - Centro de Investigação & Desenvolvimento sobre Direito e Sociedade, da Faculdade de Direito da Universidade Nova de Lisboa, Portugal; do Instituto Jurídico Portucalense, da Universidade Portucalense, cidade do Porto, Portugal; e do Cead - Centro Francisco Suárez - Centro de Estudos Avançados em Direito da Universidade Lusófona de Lisboa, Portugal e do Centro de Estudios de Seguridad (Ceseg) da Universidade de Santiago de Compostela, Espanha.

balagens, aparelhos domésticos, petróleo, agricultura, impressão, esporte e fitness, e outros, onde se encontram: polímeros, aplicações eletrônicas, artesanato, brinquedos e acessórios infantis, outros produtos à base de grafeno, nanofluido, prata coloidal, nanotubos de carbono e nanopartículas de óxido de zinco. Chama a atenção essa quantidade numérica de diferentes produtos e a amplitude de segmentos e formulações que já se tem no mercado consumidor. Toda essa produção e consumo é segura?

A Organização Internacional do Trabalho (OIT/ILO), em documento publicado no ano de 2021, reconheceu há muito tempo que a proteção dos trabalhadores contra produtos químicos perigosos é essencial para garantir populações saudáveis, bem como ambientes sustentáveis. Os trabalhadores continuam a ser expostos desproporcionalmente a produtos químicos em quase todos os setores do local de trabalho. A produção de produtos químicos, bem como as indústrias que os utilizam estão em expansão, o que significa um alto potencial de aumento da exposição ocupacional. Com a introdução de novos produtos químicos a cada ano, os mecanismos de regulação da exposição, como a implementação de limites de exposição ocupacional, lutam para acompanhar. Há uma necessidade urgente de agir e implementar uma série de medidas eficazes para evitar danos aos trabalhadores, suas famílias e comunidades em geral. Trabalhadores em todo o mundo estão enfrentando uma crise de saúde global devido à exposição ocupacional a produtos químicos tóxicos. Todos os anos, mais de um bilhão de trabalhadores são expostos a substâncias perigosas, incluindo poluentes, poeiras, vapores e fumaças em seus ambientes de trabalho. Muitos desses trabalhadores perdem a vida após tais exposições, sucumbindo a doenças fatais, cânceres e envenenamentos, ou de ferimentos fatais após incêndios ou explosões. Devemos considerar também a carga adicional que os trabalhadores e suas famílias enfrentam com lesões não fatais que resultam em incapacidades, doenças crônicas debilitantes e outras sequelas de saúde, que infelizmente em muitos casos permanecem

invisíveis. Todas essas mortes, lesões e doenças são totalmente evitáveis (ILO, 2021).

Apesar dos avanços na oferta ao consumidor de produtos com nanotecnologias, ainda faltam os dados necessários para avaliar sistematicamente a segurança antes da comercialização, o que historicamente levou a dois resultados “fatais” para tecnologias emergentes: (1) aceitação ameaçada devido à percepção pública de um risco na ausência de dados de alta qualidade, ou (2) observação atrasada dos impactos adversos levou a substituição desses produtos, ignorando as potencialidades que poderiam ser proporcionados às pessoas (Wezel; Lente; Sandt *et al*, 2018). Essas avaliações sistemáticas de *trade-offs* são imperativas para informar o *design sustentável de produtos emergentes*, enquanto as avaliações prospectivas são necessárias para minimizar as implicações imprevistas associadas à seleção de materiais e decisões de design do produto (Falinski; Plata; Chopra *et al.*, 2018).

Quando se aborda o tema e as aplicações das nanotecnologias, se poderá dizer tratar-se de uma inovação científico-tecnológica disruptiva. Mas o que isso significa? A inovação disruptiva é caracterizada por descobertas científicas que mudam os paradigmas de produtos tecnológicos existentes e fornecem a base para o surgimento de novas tecnologias e produtos mais competitivos, incluindo melhorias na proposta de valor para os clientes/consumidores. A inovação tecnológica disruptiva pode ser caracterizada pelo surgimento de tecnologias completamente novas, as diferentes combinações e aplicações de tecnologias existentes e a aplicação de novas tecnologias a áreas problemáticas específicas da sociedade, cada uma precipitando um impacto significativo, mudança de paradigma para a tecnologia do produto ou a criação de paradigmas inteiramente novos (Kaal; Vermeulen, 2017). O acesso à escala nanométrica, a incorporação de partículas aos produtos produzidos na indústria, gerando novas propriedades físico-químicas nos materiais, que diferem dos seus similares em escala macro, evidenciam tratar-se o “fenômeno nanotecnológico” de uma inovação disruptiva e que

apresenta características inusitadas na sua constituição e classificação (Miernicki; Hofmann; Eisenberger *et al.*, 2019). Para regular essa inovação disruptiva se deverá desenvolver mecanismos metodológicos e estruturas regulatórias também inovadoras, tão disruptivas quanto à tecnologia a ser regrada. Nesse ponto se encontra o problema que este capítulo pretende discutir: até o momento, as tentativas de regulação das nanotecnologias ainda se encontram vinculadas a uma realidade não disruptiva, pois se pretende criar uma lei para que se tenha um marco regulatório para as nanotecnologias.

Os diversos processos regulatórios das nanotecnologias integram a chamada “Ciência Regulatória” (Halamoda-Kenzaoui; Geertsma; Pouw *et al.*, 2022), onde se terá o exercício fecundo da perspectiva transdisciplinar a ser desenvolvida mais adiante, promovendo o desenvolvimento do chamado “ambiente regulatório”. Com isso, se busca trazer ao debate a necessidade de se planejar o *design de estruturas normativas flexíveis e facilmente adaptáveis* para o cenário nanotecnológico, buscando disponibilizar informações a todos os atores envolvidos com as nanotecnologias, sem criar obstáculos e complexidades para o avanço científico-industrial-econômico (Malloy, 2011), conforme sintetizadas no quadro a seguir:

**Quadro 1. Panorama de problemas e consequências da regulação (ou ausência dela) das nanopartículas**

Características dos problemas	Consequências
Faltam metodologias e dados disponíveis sobre usos, riscos e exposições sobre nanopartículas.	Na ausência dessas metodologias e dados, a regulação direta convencional não é viável.
As agências governamentais possuem capacidade técnica, conhecimento e recursos limitados.	Os mecanismos de governança devem contar com a capacidade, o conhecimento e os recursos de empresas e organizações de terceiros.
O desenvolvimento e a implantação benéficos, mas potencialmente arriscados, da nanotecnologia estão ocorrendo rapidamente.	A implementação equilibrada dos mecanismos de governança deve ocorrer com velocidade compatível.

Fonte: Malloy, 2011.

O quadro acima demonstra os desafios que são apresentados à regulação convencional, especialmente a partir da falta de informação clara e suficiente sobre os riscos, limitação de metodologias e técnicas para realizar os estudos toxicológicos e o rápido desenvolvimento científico-tecnológico das nanotecnologias. Para enfrentar os desafios regulatórios acima apresentados, tudo indica que se deverá construir as bases de um conhecimento cada vez mais transdisciplinar, ou seja, um conhecimento que integra diversas áreas e a partir de estratégias vinculadas em objetivos e metas e não em uma perspectiva de conteúdo previamente estruturado. Esse processo metodológico sinaliza a necessidade de uma integração mais sistemática dos processos reflexivos na “ciência transdisciplinar”, que pode ser defendida em bases epistemológicas, normativas e pragmáticas. Aqui se destacam as bases normativas, por estarem mais relacionadas ao escopo do trabalho.

No nível epistemológico, uma consideração crítica dos pressupostos, valores e determinantes socioinstitucionais da pesquisa pode expor vieses e reducionismos. Destaca-se que os processos reflexivos podem melhorar tanto o enquadramento do problema quanto a metodologia, especialmente na construção colaborativa de conhecimento entre diferentes tipos de partes interessadas (adaptado a partir de Popa; Guillermin; Dedeurwaerdere, 2015).

No nível normativo, os processos reflexivos facilitam a convergência de valores e compromissos normativos, ou pelo menos uma melhor gestão de diferenças e conflitos de valores. Isso poderá ser implementado pelo uso de métodos participativos para facilitar a formação de preferências, eleger valores compartilhados e, assim, apoiar o enquadramento colaborativo de problemas ou gerenciamento de conflitos. Em um desses casos, a convergência de valores é construída por meio de avaliações éticas de várias partes interessadas envolvendo uma “matriz ética” para avaliar vários cenários e, em seguida, enriquecer ainda mais as avaliações por meio do envolvimento das partes interessadas (“stakeholders”). Enquanto a matriz

ética, que “especifica e interpreta princípios éticos reconhecidos selecionados de acordo com a situação de cada parte interessada”, o processo participativo “âncora os valores na situação real e abre caminho para a aceitabilidade dos julgamentos éticos”. A criação de estruturas regulatórias flexíveis revela a importância de arranjos metodológicos e institucionais que não restrinjam a pluralidade de expressões de valor e o espaço de experimentação social, bem como a atitude de corresponsabilidade resultante do envolvimento direto de todas as partes interessadas e não somente na consulta por especialistas (adaptado a partir de Popa; Guillermin; Dedeurwaerdere, 2015).

A reflexividade participativa também desempenha um papel fundamental na abordagem de considerações mais pragmáticas. Ela pode ser usada para mobilizar o apoio público para a produção de conhecimento científico, aumentando assim a confiança do público no conhecimento científico e nas intervenções políticas que dependem desse conhecimento. No caso das nanotecnologias, buscando suprir as lacunas acima apresentadas por Malloy (2011) deverá ser estruturada por meio de métodos participativos, como júris de cidadãos, painéis de desenvolvimento de consenso, conferências de busca futura, técnica de mudança mais significativa, planejamento de cenários, investigação apreciativa, negociação de princípios e matrizes éticas são usados para obter valores das partes interessadas e facilitar convergência em soluções preferíveis (em vez de ótimas). A avaliação participativa - muitas vezes complementada por análise multicritério (MCA) - procura obter soluções alinhadas com as necessidades abertas pelas nanotecnologias e ancoradas nos princípios constitucionais, nos termos da Constituição Federal de 1988, além de dialogarem com as estruturas normativas relativas aos direitos humanos, que possam ser endossadas por participantes com diferentes sistemas de valores e interesses, por meio do diálogo e da negociação (adaptado a partir de Popa; Guillermin; Dedeurwaerdere, 2015). O cruzamento desses três níveis sinaliza para a importância

do chamado “experimento no Direito” (Doménech-Pascual, 2021), que destaca para a produção normativa para além do Poder Legislativo, conectando os procedimentos metodológicos e científicos na produção do normativo.

Dois fatores principais contribuíram para o atual avanço de experimentos, os quais na área jurídica ainda apresentam muito espaço para crescimento: seus benefícios crescentes e seus custos decrescentes. Durante os séculos XX e XXI, houve avanços consideráveis nos métodos, técnicas e tecnologias para projetar, conduzir e analisar experimentos. Esses avanços (i) melhoraram substancialmente as informações que os experimentos podem produzir, aumentando assim seus benefícios esperados e (ii) reduziram drasticamente os custos de realizá-los. Não é por acaso que experimentos proliferaram massivamente na economia digital (Doménech-Pascual, 2021). Tais características também poderão ser trazidas para o Direito, especialmente para que se faça experimentos com modelos de regulação que tenham características de autorregulação e de autorregulação regulada (Engelmann, 2018; Engelmann, 2021).

Os modelos flexíveis, provisórios e reais, como o *framework*, por exemplo, estruturado a partir de princípios, como aqueles apresentados pelo *NanoAction*, poderão ser experimentados ou testados em ambientes reais como o Sandbox regulatório. Esses movimentos de inovação no jurídico poderão auxiliar no equilíbrio dos desafios sumarizados por Malloy (2011). Os princípios estudados pelo *NanoAction* (2007) e endereçados para a “supervisão de nanotecnologias e nanomateriais” são: princípio da precaução; princípio sobre a regulação mandatória nanoespecífica; princípio da proteção à saúde e segurança para o público e trabalhadores; princípio da sustentabilidade ambiental; princípio da transparência; princípio da participação do público; princípio da inclusão de amplos impactos e o princípio da responsabilidade do produtor. A partir desses princípios, que tem equivalentes na Constituição Federal do Brasil de 1988, se poderá desenvolver modelos de regulação, focados na ges-

tão dos riscos que poderão ser gerados desde a manipulação da nano escala, muitos dos quais ainda pouco estudados ou conhecidos. Esse o grande objetivo da engenharia de qualquer modelo de regulação, seja estatal, seja não estatal, como se está propondo neste artigo.

A partir das características do Sandbox regulatório - espaços estruturados para a participação de múltiplos atores e partes envolvidas, sem a preocupação formal e integral de se observar uma regulação que já exista, mas um laboratório para testar novos modelos - se procurará conectar essa metodologia com outra, que é denominada *Safe by Design*. Ela foi originalmente utilizada pelos engenheiros, especialmente aqueles que trabalham com a construção industrial. A ideia básica é que se torna relevante considerar e incorporar preocupações de segurança no desenvolvimento do produto. No caso dos nanomateriais essa metodologia considera a funcionalidade de certo material e sua toxicidade em um caminho integrado. Tradicionalmente o *Safe by Design* incorpora medidas de segurança no desenvolvimento, construção e manutenção de produtos engenheirados - como são as nanopartículas desenvolvidas pelo ser humano - e sua produção no meio ambiente do trabalho (Gottardo *et al.*, 2017). Essa metodologia, se alinha com a pretensão da estrutura planejada para o Sandbox regulatório, faz uso dos princípios acima mencionados a partir do trabalho do NanoAction, em ambientes de grande incerteza sobre os riscos e sua projeção para o futuro.

O Sandbox abre caminhos para a aprendizagem, avaliação e adaptação regulatória, sem a necessidade de se passar pelos percursos burocráticos de um processo legislativo convencional. Inclusive o espaço do Sandbox poderá ser um espaço de aprendizagem de experiências regulatórias estrangeiras (Saner; Marchant, 2015). Com isso, se aproxima a regulação jurídica da “era do design”, do “legal design” e da “tecnorregulação” (Magrani, 2019). A metodologia de composição do Sandbox Regulatório busca praticar novos modos de governança (em oposição à regulamentação coercitiva tradicional ou de comando e controle) (Ansell; Baur, 2018), oferecendo

soluções promissoras para problemas de riscos altamente complexos, incertos e contestados, como os associados às novas tecnologias. Nesse sentido, as nanotecnologias fornecem um campo de teste útil para as ambições de novos e melhores modos de governança, porque ainda não existem ideias fixas sobre o curso de ação apropriado. Por isso, os métodos de regulação de comando mais convencionais são insuficientes e inapropriados (Stokes, 2013). Aqui se inserem espaços criativos, onde o Sandbox regulatório poderá ser um exemplo, onde se poderão gerar informações sobre riscos, gestão de riscos e as metodologias para o desenvolvimento do ciclo de produção de certo produto à base de nanopartículas, sem colocar em risco a vida e a saúde do ser humano e mediante a preservação do meio ambiente (Ramanathan, 2019). Essa estrutura de um “ambiente regulatório” se orienta pelas seguintes características, sublinhadas pelo Fórum Econômico Mundial (WEF, 2020), tendente ao desenvolvimento de uma regulação ágil: abordagens regulatórias experimentais; Standards voluntários (aqui poderão ingressar as normas ISO); regulação conduzida/dirigida por dados; autorregulação e correção e Cooperação Regulatória Internacional (CRI) com fundamento em boas práticas regulatórias.

Portanto, se apresentou algumas estruturas metodológicas para a composição de ambientes reais para a testagem de modelos de regulação estruturados a partir de princípios, como é o caso do Sandbox Regulatório ou do Living Lab Regulatório.

## Referências

ANSELL, Christopher; BAUR, Patrick. Explaining trends in risk governance: how problem definitions underpin risk regimes. **Risk, Hazards & Crisis in Public Policy**, v. 9, n. 4, 2018.

DOMÉNECH-PASCUAL, Gabriel. Thought experiments in Law. *In* Special issue experimental legislation in times of crisis. Sofia Ranchordás & Bart van Klink (eds.). **Law and Method**, 2021. Doi: 10.5553/REM/.000053.

ENGELMANN, Wilson. Nanotecnologia e direitos humanos. **Cadernos de Direito Actual**, Santiago de Compostela, Espanha, n. 9. Núm. Ordinário, 2018, p. 441-487. Disponível em: <https://bit.ly/43fpbD8>. Acesso em: 08 out. 2022.

ENGELMANN, Wilson. O papel do Living Lab Regulatório no cenário da Inteligência Artificial. *In*: VEIGA, Fábio da Silva (org.). **Derecho Iberoamericano en análisis**. Navarra, Espanha: Editorial Aranzadi, S.A.U., v. 1, 2021, p. 1-20.

FALINSKI, Mark M. *et al.* A framework for sustainable nanomaterial selection and design based on performance, hazard, and economic considerations. **Nature Nanotechnology**, v. 13, August 2018, p. 708-714. Disponível em: <https://bit.ly/45LgyGl>. Acesso em: 11 out. 2022.

GOTTARDO, Stefania *et al.* **NANoREG framework for the safety assessment of nanomaterials**. JRC Science for Policy Report. abril 2017. Disponível em: <https://bit.ly/3WNVpmE>. Acesso em: 15 jul. 2020.

HALAMODA-KENZAOU, Blanka *et al.* Future perspectives for advancing regulatory science of nanotechnology-enabled health products. **Drug Delivery and Translational Research**, April 2022. DOI: <https://bit.ly/3oNjBsJ>.

ILO. **Exposure to hazardous chemicals at work and resulting health impacts: a global review**. International Labour Office. Geneva: ILO, 2021.

KAAL, Wulf A.; VERMEULEN, Erik P. M. How to regulate disruptive innovation - from facts to data. **Jurimetrics Journal**, v. 57, p. 169-209, 2017.

MAGRANI, Eduardo. **Entre dados e robôs: ética e privacidade na era da hiperconectividade**. 2. ed. Porto Alegre: Arquipélago Editorial, 2019.

MALLOY, Timothy F. **Nanotechnology regulation: a study in claims making**. Nano Focus, American Chemical Society, v. 5, n. 1, p. 5-12, 2011.

MIERNICKI, Martin *et al.* Legal and practical challenges in classifying nanomaterials according to regulatory definitions. **Nature Nanotechnology**, v. 14, March 2019, p. 208-216. Disponível em: [www.nature.com/naturenanotechnology](http://www.nature.com/naturenanotechnology). Acesso em 11 out. 2022.

NANOACTION. **Princípios para a supervisão de nanotecnologias e nanomateriais**. Washington: NanoAction Project, 2007.

NANOTECHNOLOGY PRODUCTS DATABASE. STATNANO – **Nano Science, Technology, and Industry** (NSTI). Disponível em: <https://bit.ly/3WShyA1>. Acesso em: 12 out. 2022.

POPA, Florin; GUILLERMIN, Mathieu; DEDEURWAERDERE, Tom. A pragmatist approach to transdisciplinarity in sustainability research: from complex systems theory to reflexive science. **Futures**, v. 65, 2015, p. 45-56.

RAMANATHAN, Amall. Toxicity of nanoparticles - challenges and opportunities. **Applied Microscopy**, v. 49, p. 1-11, 2019.

SANER, Marc A.; MARCHANT, Gary E. Proactive international regulatory cooperation for governance of emerging technologies. **Jurimetrics Journal of Law, Science and Technology**, Vol. 55, Issue 2, Winter 2015.

STOKES, Elen. Demand for command: responding to technological risks and scientific uncertainties. **Medical Law Review**, v. 21, Winter 2013, p. 11-38.

WEZEL, Annemarie P. van *et al.* Risk analysis and technology assessment in support of technology development: putting responsible innovation in practice in a case study for nanotechnology. **Integrated Environmental Assessment and Management**, v. 14, n. 1, 2018, p. 9-16.

WORLD ECONOMIC FORUM - WEF. **Agile regulation for the Fourth Industrial Revolution**: a toolkit for regulators. December 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3oDbQWn>. Acesso em: 08 out. 2022.



# CAPÍTULO XIII

## **AS NANOTECNOLOGIAS E O CONSUMIDOR... BREVE ENSAIO SOBRE RESPONSABILIDADES DO CONSUMIDOR E DO PRODUTOR**

*Raquel von Hohendorff*

Estamos em outubro de 2022... O Planeta terra vive a quarta revolução industrial, repleta de avanços tecnológicos, entre eles as nanotecnologias.... e tenta se reconstruir (re-inventar?) após a pandemia de Covid 19 que dizimou mais de 6 milhões de vidas desde 2019 no mundo, sendo que mais de 686 mil no Brasil (OMS, 2022)... a economia planetária segue em recessão... a extrema direita segue avançando em inúmeros países... e a população mundial segue consumindo...Respiramos aliviados eis que hoje não mais é necessário o uso de máscaras e que já não faltam respiradores e nem oxigênio...

A questão é que seguimos, como moradores de Gaia, com padrões inaceitáveis de consumo e sem nenhum limite, como se existissem outros planetas onde pudéssemos habitar e viver...

Mas não há... ainda hoje, apesar de todos os avanços tecnológicos, a Terra ainda é o único lugar onde nós humanos podemos viver... e a escolha de que este planeta siga sendo nossa casa comum perpassa sim por nossos hábitos e decisões de consumo, diários....

O nosso consumo massivo acaba por ser uma das mais nefastas consequências do desenvolvimento tecnológico e industrial, muito unido hoje à sensação de poder e de felicidade, sem nenhum tipo de preocupação com o ciclo de vida do produto e muito menos com a ideia de que não existe o “jogar fora” pois tudo acaba permanecendo em Gaia. Bauman (2010, p.42) pondera que “o consumismo de hoje não consiste em acumular objetos, mas em seu gozo descartá-

vel”, portanto, que não pensa na conservação ambiental ou uso eficaz de recursos. Ainda, sobre a cultura do descarte, necessário se faz trazer à tona a Encíclica *Laudato Sí* do Papa Francisco (2015) sobre o cuidado da casa comum, que assim expõe: “A terra, nossa casa, parece transformar-se cada vez mais num imenso depósito de lixo. [...] Estes problemas estão intimamente ligados à cultura do descarte, que afecta tanto os seres humanos excluídos como as coisas [...]”.

Ainda, sobre consumo, Cláudia Lima Marques (2011, p. 302) traz que o consumidor é aquele “o não profissional, aquele que retira da cadeira de fornecimento (produção, financiamento e distribuição) o produto e serviço em posição estruturalmente mais fraca, é o agente vulnerável do mercado de consumo”. E a essa definição podemos e devemos complementar com o que Bauman (2010) menciona, de que vivemos em uma sociedade de consumo, onde o consumidor é “um agente econômico ativo no mercado [...] com identidade cultural específica e diferenciada [...] cada vez mais ciente de seus direitos e de seu papel na sociedade global e local, mas cada vez menos consciente e racional [...]”.

Ocorre que, como consumidores possuímos o direito à informação sobre o que estamos consumindo. Este direito é direta e intrinsecamente atrelado ao dever de informação que é uma das obrigações dos produtores, eis que é o fornecedor quem “detém o poder econômico, mas também é quem conhece a natureza, as características do produto ou serviço, é quem está de posse da informação a respeito do que produz, como produz, que métodos são empregados para a obtenção do produto final” (Vieira, 2021, p. 253).

Pensando em novos produtos, construídos com novas tecnologias, como por exemplo, nanoprodutos, é preciso lembrar que, em cada momento do ciclo de vida deste produtos elaborados com nanotecnologia, deverá ser gerada uma espécie de conhecimento que seja adequada e compreensível para os sujeitos envolvidos. Os riscos nanotecnológicos potencializam os desafios de se lidar com riscos, e

a informação ambiental surge como um direito neste contexto, sendo a democracia participativa um dos pilares da sustentabilidade.

Da ideia de sustentabilidade descendem obrigações, em primeiro lugar, a obrigação de preservar a vida, em sua diversidade, coibida toda e qualquer forma de crueldade, a seguir, a obrigação de se antecipar, prevenir e precaver, assegurando a boa informação a produtores e consumidores, a obrigação de responder, partilhada e solidariamente, pelo ciclo de vida dos produtos e serviços, tanto como a obrigação de contribuir para o consumo esclarecido, o trabalho decente e o acesso a moradias e transportes razoáveis (Freitas, 2012).

A alteração das propriedades físico-químicas e estruturais das nanopartículas com uma diminuição do tamanho poderá ser responsável por uma série de interações materiais que podem levar a efeitos toxicológicos. Aí o cenário para a nanotoxicologia. Esses fenômenos deverão ser comunicados aos consumidores. Como fazê-lo? Como transformar a linguagem técnica em comunicação compreensível? Existe alguma preocupação ética no desenvolvimento das pesquisas pelas Ciências Exatas? São questões que não estão sendo devidamente tratadas pelas organizações que produzem a partir da nano escala e vendem os seus produtos no mercado consumidor. Aqui se tem um cenário para o ingresso do Direito, estruturando de modo compreensível para o consumidor, em geral leigo sobre assuntos sobre nanotoxicologia, uma comunicação que possa representar o direito fundamental à informação.

Para apoiar a construção de modelos de avaliação do ciclo de vida, precisa-se considerar a informação necessária para tomar decisões relacionadas à sustentabilidade sobre nanomateriais e liberá-los ao meio ambiente. Isso exigiria a construção de um banco de dados com informações sobre vários tipos de nanomateriais.

E, tudo isso está atrelado ao Objetivo do Desenvolvimento sustentável número 12, sobre padrões de consumo.

Os ODS definem as prioridades e aspirações de desenvolvimento sustentável global para 2030, e buscam mobilizar os esforços glo-

bais ao redor de uma série comum de objetivos e metas, exigindo uma ação mundial entre os governos, as organizações e a sociedade civil para acabar com a pobreza e criar uma vida com dignidade e oportunidades para todos considerando os limites do planeta.

O ODS 12 – assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis, tem 8 metas e mais três subitens, apresentados a seguir:

12.1 Implementar o Plano Decenal de Programas sobre Produção e Consumo Sustentáveis, com todos os países tomando medidas, e os países desenvolvidos assumindo a liderança, tendo em conta o desenvolvimento e as capacidades dos países em desenvolvimento.

12.2 Até 2030, alcançar a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais.

12.3 Até 2030, reduzir pela metade o desperdício de alimentos per capita mundial, nos níveis de varejo e do consumidor, e reduzir as perdas de alimentos ao longo das cadeias de produção e abastecimento, incluindo as perdas pós-colheita.

12.4 Até 2020, alcançar o manejo ambientalmente saudável dos produtos químicos e todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionais acordados, e reduzir significativamente a liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente.

12.5 Até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso.

12.6 Incentivar as empresas, especialmente as empresas grandes e transnacionais, a adotar práticas sustentáveis e a integrar informações de sustentabilidade em seu ciclo de relatórios.

12.7 Promover práticas de compras públicas sustentáveis, de acordo com as políticas e prioridades nacionais.

12.8 Até 2030, garantir que as pessoas, em todos os lugares, tenham informação relevante e conscientização para o desenvolvimento sustentável e estilos de vida em harmonia com a natureza.

12 a Apoiar países em desenvolvimento a fortalecer suas capacidades científicas e tecnológicas para mudar para padrões mais sustentáveis de produção e consumo.

12 b Desenvolver e implementar ferramentas para monitorar os impactos do desenvolvimento sustentável para o turismo sustentável, que gera empregos, promove a cultura e os produtos locais.

12 c Racionalizar subsídios ineficientes aos combustíveis fósseis, que encorajam o consumo exagerado, eliminando as distorções de mercado, de acordo com as circunstâncias nacionais, inclusive por meio da reestruturação fiscal e a eliminação gradual desses subsídios prejudiciais, caso existam, para refletir os seus impactos ambientais, tendo plenamente em conta as necessidades específicas e condições dos países em desenvolvimento e minimizando os possíveis impactos adversos sobre o seu desenvolvimento de uma forma que proteja os pobres e as comunidades afetadas. (ONU, 2019)

Assim, percebe-se que o ODS 12 é um dos mais transversais na sua concepção, eis que inclui uma vasta gama de tópicos, como o uso eficiente dos recursos naturais, minimizando a perda e desperdício de alimentos, gestão ecológica de produtos químicos ao longo de seu ciclo de vida, gestão de resíduos sólidos, compras públicas sustentáveis, turismo sustentável, educação ambiental e, finalmente, eliminação de incentivos fiscais aos combustíveis fósseis, que podem distorcer o mercado. Desta forma, permite um amplo espectro de ações e a participação de atores de diversos setores. O ODS 12 está altamente relacionado tanto aos produtores quanto aos consumidores, indicando a dependência de melhores produtos e o aumento da conscientização dos demandantes (Shulla, 2021).

Mas até aqui muito pouco se trouxe sobre nanotecnologia e nanoprodutos. Produtos estes que fazem parte da nossa rotina, como meros consumidores do sul global, diariamente e que, muitas vezes nem sabemos o que estamos consumindo...

Afinal, do que se trata tudo isso? O que vem a ser nanoproductos? E por que eu, consumidor, devo me preocupar com isso?

Antes de expor os nanoproductos, cabe uma contextualização... O momento atual vivido pela comunidade humana traz novidades e desafios, muitos dos quais sem precedentes e, por isso, com consequências - positivas e negativas - incalculáveis. Sem dúvida, a imaginação criativa humana viabiliza a projeção e o desenvolvimento de artefatos que poderão ser muito úteis, possibilitando uma vida mais confortável. No entanto, o motor da imaginação - que se tem denominado de inovação - tem levado o ser humano a ingressar em campos, desde sempre existentes na natureza, mas antes inacessíveis ao ser humano. Hoje, graças à tecnologia, se tornaram acessíveis e tem inspirado a evolução, a partir da observação e da biomimética.

A nanotecnologia pode ser definida como a ciência da manipulação de matéria na escala nanométrica, a fim de descobrir novas propriedades e assim produzir novos produtos. Nos últimos 30 anos, uma quantidade considerável de interesse científico e financiamento de pesquisa e desenvolvimento dedicado à nanotecnologia levou a desenvolvimentos rápidos em todas as áreas de ciência e engenharia, incluindo química, materiais, energia, medicina, biotecnologia, agricultura, alimentos, dispositivos eletrônicos e produtos de consumo. Somente nos EUA, o governo federal gastou mais de US \$ 22 bilhões em pesquisa em nanotecnologia desde 2001 (Cheng, 2016).

Os nanomateriais desafiam-nos com a combinação de um banco de dados de toxicidade relativamente limitada, uma grande variabilidade, e a incerteza sobre a toxicidade. Materiais que pertencem a um mesmo composto podem variar consideravelmente que respeita à forma, distribuição de tamanho, funcionalização, a superfície modificação, a agregação de estados e capacidade de dissolução. Devido a esta variabilidade baseada em materiais, hoje a ciência está confrontada com lacunas de conhecimento sobre o destino e o comportamento de materiais nanoengenheirados em sistemas de teste e no meio ambiente.

Atentos ao risco e estas características únicas das nanos, um ciclo adequado de avaliação dos nanomateriais deve de ser definido e conduzido muito antes de sua comercialização, para que seja considerado seguro. Adicionalmente, recursos apropriados devem ser destinados para pesquisar os processos, produtos e uso de materiais que impliquem em menor risco, uma vez que ocorrendo o descarte inadequado do *nanowaste*, enfrenta o ecossistema riscos sem precedentes e impactos ainda não vistos.

A nanotoxicidade surge na medida em que diversificados nanomateriais são sintetizados, manipulados e descartados em diferentes ambientes, sejam naturais, urbanos ou industriais, sem o devido controle e regulamentação. Alguns motivos para atenção e cautela com os nanomateriais são: a) crescente produção industrial (aumento do risco de exposição); b) elevada área superficial devido tamanho nanométrico (alta reatividade química); c) enorme diversidade composicional e estrutural (sínteses, preparações, modificações, funcionalizações, heterogeneidade e impurezas); d) ensaios toxicológicos tradicionais não estão adaptados e padronizados para nanomateriais (International Center For Technology Assessment, 2007).

Embora tenha havido progressos na abordagem desses desafios, ainda há margem para melhorias. Em sua revisão de mais de 10.000 estudos sobre toxicologia de nanomateriais, Krug (2014) concluiu que o quadro de nanotoxicologia não era muito mais claro do que dez anos antes e que vários aspectos importantes ainda não tinham sido investigados. Mais especificamente, ele concluiu que havia uma grande diversidade nos métodos utilizados nos estudos, o que significava que era difícil fazer comparações entre eles e que também poderia ser responsável pelas descobertas às vezes contraditórias e apontou que a maioria dos estudos não considerou necessário caracterizar ou descrever as propriedades das nanopartículas engenheiradas, o que reduz a sua significância.

Ainda, ao final da referida pesquisa, Krug (2014) fez as seguintes recomendações: que os protocolos padrão e os processos metódi-

cos estabelecidos durante os programas de suporte devem fazer parte de novos projetos de incentivo; que sejam desenvolvidos métodos analíticos adequados e baratos que devem integrar todos os programas de financiamento; que os vínculos entre experiências *in vitro* e *in vivos* sejam melhorados, assim como extrapolações baseadas em experimentos *in vitro*; que as lacunas no conhecimento científico (por exemplo, em relação a determinadas vias de exposição, como o trato gastrointestinal) devem ser especificamente observadas em novos programas de pesquisa; que estudos de longo prazo sobre a possível acumulação de nanomateriais devem ser considerados em futuras medidas de incentivo e programas de apoio; que a comparabilidade dos estudos deve ser alcançada pela complementaridade de conhecimentos toxicológicos em todos os projetos.

Apesar do estudo de Krug já ter quase 10 anos, segue mais atual do que nunca, pois não se pode perceber, em análise dos estudos desenvolvidos acerca de nanotecnologias, a mesma evolução e incremento no conhecimento sobre nanotecnologias e sobre seus riscos. O que aqui se quer dizer é que apesar do enorme avanço nos estudos sobre estes produtos, suas aplicações e potenciais, os estudos acerca dos riscos à saúde humana e ambiental não seguem a mesma exponencialidade.

Embora hoje os benefícios das nanotecnologias dominem o nosso pensamento, o potencial desta tecnologia para resultados indesejáveis na saúde humana e no meio ambiente não deve ser menosprezado, eis que, em razão do tamanho os materiais passam a ser regidos por leis físicas muito diferentes daquelas com as quais a ciência está habituada, abrindo possibilidades de que as nanopartículas apresentem maior grau de toxicidade do que em tamanhos maiores, esta é a razão pela qual existe a necessidade de se avaliar os riscos que existem decorrentes da manipulação, desenvolvimento e aplicação destas novas tecnologias, observando a toxicidade, os métodos apropriados para testes em toxicidade, bem como os impactos na saúde humana e ambiental.

E o que fazer frente a tudo isso? Há significativas evoluções com a conquista nano, mas há, concomitantemente, enorme e desafiante inquietações de como esta técnica irá reagir no ambiente. O que fazer, então?

Uma possibilidade é o uso de fermentas de outras áreas do conhecimento, inclusive o design, de forma a produzir nanoprodutos mais sustentáveis e menos danosos. Pelo menos, em termos de tudo o que se conhece até o momento... Uma destas ferramentas é o *safe by design*, ou seja, a produção a partir do atual estado de conhecimento, utilizando as formas mais seguras e menos danosas à saúde humana e ambiental.

Os cientistas ambientais têm a enorme responsabilidade de desenvolver, comunicar e implementar conhecimentos, métodos e ferramentas para gerenciar os efeitos (ecológicos) toxicológicos dos produtos químicos no meio ambiente, reduzir seus riscos e regular seu uso. Além disso, eles precisam encontrar novas maneiras de descobrir antecipadamente os impactos potenciais dos produtos químicos e considerar formas de antecipar e responder a eles.

A produção de nanomaterias através do *safe by design* implica uma compreensão profunda de suas propriedades intrínsecas e do comportamento e dos efeitos no ambiente e nos sistemas vivos. Outro ponto central é a identificação de necessidades básicas comuns para a avaliação da segurança ambiental e humana durante as fases de projeto, produção, uso e final de vida das nanopartículas. Mais ainda, um desafio adicional é traduzir dados sobre a caracterização do risco de saúde e meio ambiente em índices sintéticos compostos que podem ser usados para análises comparativas, estratégias de priorização e avaliação de sustentabilidade do ciclo de vida. A integração necessária de vários atores exige fortemente a combinação dos esforços de pesquisa de nanotecnologia com as necessidades da indústria e com a regulação sobre saúde, segurança e meio ambiente.

A ferramenta do *safe by design* que preconiza uma produção mais segura, desde o projeto inicial até a colocação do produto no mercado

e que pode ser visualizada como um acoplamento estrutural entre os dois sistemas, da ciência e do Direito, permitindo que a ciência incorpore em seus métodos e procedimentos a ideia da gestão dos riscos e que o Direito possa comunicar-se com a ciência de modo que este sistema faça uso da melhor técnica disponível no desenvolvimento e elaboração de seus experimentos que darão origem a novos produtos. Desta forma, através da comunicação inter-sistêmica pelo *safe by design* poder-se-á efetuar uma gestão dos riscos nanotecnológicos objetivando um processo de pesquisa e desenvolvimento de inovação responsáveis, pautado pela sustentabilidade.

O *safe by design* pode ser compreendido aqui como um processo organizacional e gerencial de organizações, que permite este tipo de desenvolvimento, voltado aos aspectos éticos, legais e sociais, de modo a permitir uma autorregulação regulada dos riscos nanotecnológicos.

As novas tecnologias trazem a promessa do futuro, desde a preocupação com as questões de aquecimento global e sanitárias, até o auxílio na construção de sociedades mais democráticas e inclusivas. Cabe lembrar do princípio orientador da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável: Não deixar ninguém para trás- que fornece um incentivo mais do que convincente para o aproveitamento das inovações para a materialização do desenvolvimento sustentável, em todos os seus aspectos, a partir da aplicação dos critérios de preocupação ambiental, social e de governança. As novas tecnologias devem ser usadas com sabedoria, para o benefício de todos, como já mencionavam Klaus Schwab e Nicholas Davis (Schwab; Davis, 2019, p. 30)

Cabe ressaltar ainda que o *safe by design* é uma ferramenta que pode ser compreendida como uma forma de autorregulação regulada, buscando a sustentabilidade, objetivando o encontro de consequências benéficas para a atual e futuras gerações, contribuindo para a concretização dos objetivos do desenvolvimento sustentável,

visando a manutenção de uma qualidade de vida aceitável em Gaia, único Planeta que temos, para os humanos e todos os demais seres.

Esses são os fundamentos para se equacionar os riscos ambientais e as nanotecnologias, cruzando-os com a necessidade de uma gestão transdisciplinar, ou seja, que se sirva, rompendo as barreiras, do conhecimento de diversas áreas do conhecimento.

A realização das grandes oportunidades que a nanotecnologia e os nanomateriais podem oferecer à sociedade deve andar de mãos dadas com a demonstração transparente pela indústria de sua segurança e sustentabilidade (e o *safe by design* é uma forma prática de aplicação desta ideia).

O *safe by design* é uma possibilidade, não é uma solução perfeita e tampouco a única, mas trata-se de uma alternativa que se demonstra viável e que não será dada unicamente pelo sistema do Direito.

Não se tem solução e nem se pretendia ter. Não temos certezas quanto aos riscos, mas apesar disso, os produtos continuam chegando ao mercado consumidor, mesmo que não se saiba qual é o comportamento das nanopartículas na água e no solo.

A responsabilidade é sim dos produtores, mas também é compartilhada com cada um dos diferentes atores da cadeia consumérista, entre eles, nós, os consumidores, aqueles que detêm a escolha mais importante, a ser realizada em cada ação de consumo, a escolha de que produto consumir. Lembrando que essa escolha não pode (e não deveria) ser tomada apenas em função do custo, mas sim (sempre) levando em consideração todo o ciclo de vida do produto e seus efeitos em relação ao meio ambiente, hoje e no futuro, pensando na saúde das atuais e futuras gerações, de forma a evitar o retrocesso ambiental.

Assim, é o momento de agir e modificar nossos hábitos como humanos consumidores, de forma a preservar a saúde humana e ambiental, e em uma perspectiva macro, a saúde de Gaia, nossa casa comum (a única existente).

## Referências

BAUMAN, Zygmunt. **Capitalismo parasitário e outros temas contemporâneos**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2010.

CHENG, Huai. N. *et al.* Nanotechnology overview: opportunities and challenges. In: CHENG, Huai N. *et al.* (Ed.). **Nanotechnology: delivering on the promise**. Washington: American Chemical Society, 2016. v. 1. (ACS Symposium Series, 1220).

FRANCISCO, Papa. **Carta Encíclica Laudato Sí do Santo Padre Francisco sobre o cuidado da casa comum**. Roma, 24 maio 2015. Disponível em: <https://bit.ly/3IZstSV>. Acesso em: 27 jul. 2022.

FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. Belo Horizonte: Fórum, 2012.

INTERNATIONAL CENTER FOR TECHNOLOGY ASSESSMENT. **Princípios para a supervisão de nanotecnologias e nanomateriais**. Traduzido por Secretaria Regional Latino-Americana da União Internacional dos Trabalhadores na Alimentação, Agricultura, Hotelaria, Restaurantes, Tabaco e Afins (Rel-UITA). Washington: Nanoaction: International Center for Technology Assessment, jan. 2007. (NanoAction Project). Disponível em: <https://bit.ly/42j05ly>. Acesso em: 18 set. 2022.

KRUG, Harald F. Nanosafety research - Are we on the right track? **Angewandte Chemie International Edition**, Weinheim, v. 53, n. 46, Nov. 2014. Special Issue. Disponível em: <https://bit.ly/3qp4J4e>. Acesso em: 18 set. 2022.

MARQUES, Claudia Lima. **Contratos no Código de Defesa do Consumidor: O novo regime das relações contratuais**. 6 ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2011.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL (ONUBR). **Glossário de termos do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 12: assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis**. (Org.) Machado Filho, H. Brasília, DF: ONUBR, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/43nb4vL>. Acesso em: 18 set. 2022.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard**. Disponível em: <https://bit.ly/3CyD16W>. Acesso em: 09 out. 2022.

SCALBI, Simona *et al.* **Nanomaterial risk from research to management: a concerted action among academia, research, industry and policy makers towards a global approach**. SETAC EUROPE ANNUAL MEETING, 28., 2018, Rome. Proceedings... Rome, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3sA5SHm>. Acesso em: 18 set. 2022.

SCHWAB, Klaus; DAVIS, Nicholas. **Aplicando a Quarta Revolução Industrial**. São Paulo: EDIPRO, 2019.

SHULLA, Kalterina *et al.* Effects of COVID19 on the Sustainable Development Goals (SDGs). **Discover Sustainability**, v. 2, n. 15, 2021. Disponível em: <https://bit.ly/45Prs9G>. Acesso em: 18 set. 2022.

VIEIRA, Luciane Klein. As Diretrizes das Nações Unidas de Proteção ao Consumidor e a sua implementação no MERCOSUL: o direito à informação como ferramenta para o fomento do consumo sustentável nos Estados Partes. *In*: TEIXEIRA, Anderson Vichinkesk; STRECK, Lenio Luiz; ROCHA, Leonel Severo (org.). **Constituição, Sistemas Sociais e Hermenêutica: Anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da Unisinos**. n. 17. Blumenau: Dom Modesto, 2021.



# CAPÍTULO XIV

## O PAPEL DO ESTADO NA REGULAÇÃO E NA GOVERNANÇA DOS RISCOS AMBIENTAIS DA NANOTECNOLOGIA

*Aírton Guilherme Berger Filho*

Na maioria dos Estados nacionais, o Poder Público mantém-se inerte para instituir marcos legais ou operar mudanças no quadro legal, com vistas a regulação e a governança dos riscos ambientais, de saúde e de segurança da nanotecnologia.<sup>1</sup> Observa-se, de outra forma, principalmente nos países desenvolvidos, a proliferação de iniciativas de autorregulação privada, à margem do Estado como

---

1. A cidade de Berkeley, Califórnia, nos Estados Unidos é o local da primeira iniciativa regulatória voltada para a gestão de riscos e o acesso à informação da nanotecnologia por um ente estatal. Em 15 de dezembro de 2006 foi alterado o Código Municipal, no Título 15, relativo a Materiais Perigosos, Capítulo 15.12, “Materiais perigosos e gestão de resíduos”. Entre os Estados nacionais, a França foi o primeiro a estabelecer normas jurídicas obrigatórias, relativas ao controle da informação sobre o uso de nanopartículas a partir de modificação promovida pela Lei Grenelle du l’environnement, datada de 12 de julho de 2010, que acrescentou um novo capítulo ao Code de l’environnement, “Capítulo III: Prevenção de riscos à saúde e ao ambiente, decorrentes da exposição a substâncias no seu estado de nanopartículas” (arts. L523-1 a L523-5). Após as mudanças o Code de l’environnement impôs o dever de declaração anual de informações sobre substâncias no estado de nanopartículas, obrigatória a partir de um limite mínimo de 100 gramas produzidas, importadas ou distribuídas na França ao Ministério do Meio Ambiente, Agência Nacional Francesa de Segurança Alimentar, Meio Ambiente, e do Trabalho. Com isso, busca-se promover a rastreabilidade e o acesso público à informação e ainda impor às autoridades administrativas o dever de dispor sobre as informações a respeito dos perigos dessas substâncias, caso sejam úteis para a avaliação de risco à saúde e ao meio ambiente.

códigos de conduta<sup>2</sup>, guias de boas práticas<sup>3</sup>, programas de gestão de riscos<sup>4</sup>, *standards* voluntários e normalização técnica<sup>5</sup>, certificação, sistemas de *compliance* dentre outros. Também tem ocupado os espaços vazios decorrentes da falta de normas estatais cogentes, na indução de comportamentos relacionados aos riscos das nanotecnologias, a metarregulação<sup>6</sup> uma forma híbrida de autorregulação sob a supervisão estatal. Enquanto na autorregulação as instituições se disciplinam à margem de qualquer interferência do Estado, no plano da metarregulação o Estado não assume diretamente a direção na regulação, mas lança mão de estratégias de supervisão e ações de incentivo à regulação privada.

Ciente de suas limitações regulatórias e atento aos movimentos de autorregulação privada, o Estado “percebe” não ser único a regular os riscos do desenvolvimento tecnológico. Por isso, busca dialogar com diferentes atores, substitui os tradicionais instrumentos de

---

2. BASF Code of Conduct on Nanotechnology, IG DHS Code of Conduct implementado pela Swiss Retailers Association.

3. Guide de bonnes pratiques Nanomatériaux et HSE foi elaborado em conjunto pela Fédération Française pour les sciences de la Chimie (FFC) e a l’Union des Industries Chimiques (UIC)

4. DuPont Nano Risk Framework, Programa Marco de Nano Riscos da DuPont.

5. ISO/TR 13121:2011. Nanotecnologias - Avaliação de risco de nanomateriais. ISO/TR 13014:2012 - Orientação sobre caracterização físico-química de materiais de engenharia em nanoescala para avaliação toxicológica; ISO/TS 12901-1:2012 e ISO/TS 12901-2:2014. Nanotecnologias - Gestão de riscos ocupacionais aplicada a nanomateriais de engenharia—Parte 1: Princípios e abordagens e Parte 2: Uso da abordagem de bandas de controle; ISO/TR 12885:2018. Nanotecnologias—Práticas de saúde e segurança em ambientes ocupacionais; ASTM E2996-15 - Guia Padrão para Educação da Força de Trabalho em Nanotecnologia, Saúde e Segurança.

6. Código de Conduta para uma investigação responsável no domínio das nanociências e das nanotecnologias, estabelecido por Recomendação da Comissão Europeia, em 2008.

comando e controle por formas mais flexíveis de regulação, com recurso a *soft law*<sup>7</sup> e a interação com sistemas normativos não estatais.

O “dilema” da regulação das nanotecnologias se insere em um contexto de mudança do papel do Estado na regulação dos comportamentos sociais, do modo de produção/aplicação do Direito, do papel ocupado pelo legislador, juntamente com outros atores sociais, bem como da alteração na relação entre o sistema jurídico e outros sistemas normativos da sociedade. O sistema jurídico torna-se descentralizado, formado por uma rede policêntrica de atores que concorrem e contribuem para a afirmação das normas, sem que nenhum deles disponha mais do “privilégio da primeira ou da última palavra”.<sup>8</sup>

A construção do sentido da norma na sociedade passa a ir além do processo legislativo, de modo que para se obter um bom resultado na regulação não basta apenas aprimorar a redação da lei. Torna-se necessário compreender a lei como uma “informação” que “circula entre outras na rede interativa da produção jurídica”. Disso resultam dois corolários: a) a importância da “fundamentação formal e dedutiva”, tradicionalmente observada como o principal requisito para a boa aplicação da regra, cede espaço a “ajustes negociados” em “cada um dos estágios da sua implementação”, configurando-se “como uma escrita continuada mais que uma ‘execução’ desta”;

---

7. O termo *soft law* designa normas flexíveis, cujo descumprimento não acarreta nenhum tipo de sanção formalmente instituída. Nesse sentido, o presente estudo adota uma concepção ampla de *soft law* abrangendo: a) declarações e documentos para a orientação ou a comunidade internacional na busca de certos valores, princípios, objetivos (no âmbito do Direito Internacional); b) diretrizes e recomendação dos órgãos institucionais (especialmente no Direito Comunitário Europeu e no direito internacional), e c) autorregulação voluntária ou com alguma forma de controle externo desenvolvido por entidades privadas ou organizações intergovernamentais. (Pariotti, Elena. *Normatività giuridica e governance delle tecnologie emergenti. In: Forme di responsabilità regolazione e nanotechnology*. Bologna: Il Mulino, 2011. p. 511-512.)

8. Ost, François. *La régulation: des horloges et des nuages... In: Jadot, Benoît; Ost, François (Coord.). Élaborer la loi aujourd'hui, mission impossible? Bruxelles: Publications des Facultés Universitaires Saint-Louis, 1999. p. 16.*

b) “a distinção clara entre Estado e sociedade civil dá lugar a uma interdependência destas duas esferas”, de modo que governo (imposto por autoridades públicas centrais) cede espaço para governança, enquanto processo de coordenação entre atores, grupos sociais e instituições (estatais e não estatais).<sup>9</sup>

A transformação do modo de produção do Direito na sociedade contemporânea está intimamente relacionada a mudanças profundas na atuação do Estado. Conforme Ost, hoje se “sobrepõem” figuras diferentes do Estado, que convivem em uma espécie de “emaranhamento” de “lógicas específicas”<sup>10</sup>. O Estado de direito liberal continua fornecendo a gramática básica dos conceitos e princípios fundamentais que estruturam o Direito. O Estado de bem-estar social (“Estado providência”), mantém a missão de prestações de serviços públicos. Por força dos desafios do neoliberalismo global, o Estado social das últimas décadas se torna mais pragmático e gerencial. Centrado em programas finalísticos, em metas de performance e no equilíbrio entre o interesse social e as limitações econômicas, transforma-se em um Estado propulsivo conforme a terminologia adotada por Morand<sup>11</sup>. Juntamente ao Estado Liberal e ao Estado social, com suas mutações (Estado propulsivo), emerge, segundo Ost, um Estado de “terceiro tipo”, que recebe diferentes qualificações, sem que nenhuma esteja imposta.<sup>12</sup> “Estado rede” mencionado de modo metafórico por Ost “não é mais que um nó entre outros na grande rede da governança.”<sup>13</sup> O “Estado reflexivo” conforme conceituado por Morand, em alusão aos conceitos de reflexividade e direito reflexivo, desen-

---

9. Ibid, p. 17.

10. Ibid, p. 17.

11. Morand, Charles-Albert. *Le droit néo-moderne des politiques publiques*. Paris: LGDJ, 1999. p. 75.

12. Ost, François. *La régulation: des horloges et des nuages... In: Jadot, Benoît; OST, François (Coord.). Élaborer la loi aujourd'hui, mission impossible?* Bruxelas: Publications des Facultés Universitaires Saint-Louis, 1999.

13. Ibid, p. 17.

volvido por Luhmann<sup>14</sup> e apropriado por Teubner<sup>15</sup>, é descrito a partir de um novo papel procedimental, moderador, negociador que o Estado “exerce ao convidar os atores envolvidos para que se ponham em acordo para definir em comum as regras que lhes concernem”.<sup>16</sup> Junto ao Estado reflexivo temos o “Estado incitativo”<sup>17</sup> termo usado por Morand<sup>18</sup> para chamar a atenção ao seu papel mais incentivador de comportamentos, por meio da persuasão, da informação e da difusão de conhecimentos, do que normativo.

No caso das nanotecnologias, como herança do Estado liberal clássico conservam-se os deveres de tutela dos direitos fundamentais como liberdades individuais. A função de defesa ou de liberdade individual constitui, “num plano jurídico-objetivo, normas de competência negativa para os poderes públicos, proibindo fundamentalmente as ingerências destes na esfera individual”, assim como “num plano jurídico-subjetivo” representam “o poder de exercer positivamente direitos fundamentais (liberdade positiva) e de exigir omissões dos poderes públicos, de forma a evitar agressões lesivas

---

14. Luhmann, Niklas. *Derecho de la sociedad*. Ciudad de México: Herder, 2005. p. 203 e ss.

15. Teubner, Gunther. *Droit et réflexivité. L'auto-référence en droit et dans l'organisation*. Bruylant: LGDJ, 1999.

16. Ost, François. *La régulation: des horloges et des nuages...* In: Jadot, Benoît; OST, François (Coords.). *Élaborer la loi aujourd'hui, mission impossible?* Bruxelles: Publications des Facultés Universitaires Saint-Louis, 1999. p. 17.

17. Morand, Charles-Albert. *Le droit néo-moderne des politiques publiques*. Paris: LGDJ, 1999. p. 159.

18. Ost, de forma irônica, também irá mencionar Estado moderador, Estado modesto. Ainda tem lugar o Estado espetáculo, servindo para assinalar que muitas vezes a ação estatal tem mais de “imagem que de realidade”. Por fim, o “Estado segurança” quando os poderes públicos, levados por Uma opinião pública tornada temerosa na “sociedade de risco”, funde as suas missões repressivas mais tradicionais. (OST, François. *La régulation: des horloges et des nuages...* In: Jadot, Benoît; Ost, François (Coords.). *Élaborer la loi aujourd'hui, mission impossible?* Bruxelles: Publications des Facultés Universitaires Saint-Louis, 1999. *passim*.)

por parte do mesmo (liberdade negativa)".<sup>19</sup> A essa função correspondem os direitos civis e políticos. Direitos individuais, direitos de primeira dimensão, "direitos-autonomia" ou "direitos-faculdades"<sup>20</sup>, oponíveis ao Estado soberano, que tem o dever de não violação em relação ao direito à vida, às liberdades fundamentais (incluindo a liberdade de expressão e de investigação científica a privacidade), o direito à livre iniciativa, o direito de propriedade, dentre outros. Tais direitos fundamentais, decorrentes do liberalismo clássico, garantem, por exemplo, os direitos propriedade intelectual, diretamente relacionados ao desenvolvimento tecnológico e aos investimentos em novas tecnologias, o direito do indivíduo à liberdade de pesquisa científica e desenvolvimento de novas tecnologias, sem sofrer qualquer impedimento arbitrário ou ser obrigado a fazer algo que não seja determinado por lei. A todos também é garantido o direito de se informar, de se manifestar publicamente, de protestar e de difundir informações científicas sobre os riscos de uma tecnologia.

Do Estado social herdamos a função prestacional dos direitos fundamentais<sup>21</sup> econômicos, sociais e culturais, considerados como segunda dimensão de direitos humanos, positivados para concretizar o direito à igualdade material, para além da igualdade meramente formal no Estado liberal. Ao se exigir uma ação positiva do Estado, impõe-se a este a condição de devedor de prestações de natureza normativa e material, que através de políticas públicas deve proteger e promover o direito à saúde, direito à educação, a segurança social, os direitos dos trabalhadores, dentre outros. E direitos fundamentais impõem ao Estado, por exemplo, o dever de fiscalizar e manter padrões de proteção aos direitos dos trabalhadores, frente a riscos relacionados

---

19. Canotilho, José Joaquim Gomes. *Direito Constitucional e Teoria da Constituição*. 5. ed. Coimbra: Almedina, 2002. p. 405.

20. Marie, Jean-Bernard. *Direitos humanos*. In: Arnaud, André Jean (Org.). *Dicionário Enciclopédico de Teoria e de Sociologia do Direito*. Rio de Janeiro: Renovar, 1999. p. 272.

21. Canotilho, José Joaquim Gomes. *Direito Constitucional e Teoria da Constituição*. 5. ed. Coimbra: Almedina, 2002. p. 406.

as tecnologias e as substâncias químicas no ambiente laboral. Somam-se a estes os direitos transindividuais de terceira dimensão, os direitos difusos, também conhecidos como direitos de solidariedade, entre eles o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, o direito ao desenvolvimento e os direitos dos consumidores. A titularidade desses direitos “deixa de ser a pessoa singular, passando a sujeitos diferentes do indivíduo”, ou seja, os “grupos humanos” como “o povo, a nação, coletividades regionais ou étnicas e a própria humanidade”.<sup>22</sup> As possíveis ameaças decorrentes das nanotecnologias são questões que podem ter repercussão e complexidade jurídica que supera a lógica individualista, passando a operar na dimensão dos interesses da comunidade como um todo no tempo “transtemporal” e no espaço “translocal”, envolvendo a esfera dos interesses difusos, com sujeitos indeterminados. Tal perspectiva alargada de direitos se insere em um contexto de justiça global e de justiça intergeracional.

Se por um lado, as instituições e os direitos do Estado social se expandiram e ampliaram sua complexidade, devido a pressão da globalização econômica neoliberal, de outro, as instituições e ordenamentos jurídicos sofrem um processo de desmantelamento e desregulamentação que resultaram em políticas de privatização e de delegação dos serviços públicos. Nesse contexto, diante das dificuldades do Estado providência, o Estado propulsivo, sua versão menos intervencionista, busca por meio de seus programas finalísticos direcionar a cooperação entre entes estatais e não estatais, para o alcance de objetivos definidos por diretrizes e princípios. As políticas públicas do Estado social necessitam de princípios diretores para orientar a sociedade e garantir coerência e estabilidade na sua implementação. Lastreado por um direito mais promocional<sup>23</sup> do que sancionatório, o Estado propulsivo é uma realidade em termos

---

22. Lafer, Celso. *A Reconstrução dos Direitos Humanos: Um diálogo com o pensamento de Hannah Arendt*. São Paulo: Companhia das Letras, 1988. p.131.

23. Sobre a “função promocional do direito” vide: Bobbio, Norberto. *Da estrutura à função: novos estudos de teoria do direito*. Barueri: Manole, 2007.

de políticas de ciência e tecnologia, políticas ambientais e políticas de saúde. A questão da governança dos riscos da nanotecnologia é transversal às políticas acima e envolve em diversos aspectos a lógica do Estado propulsivo. Faz-se necessário pensar em políticas públicas finalísticas, como a governança dos riscos orientada por princípios (precaução, prevenção, acesso à informação e participação), constantemente reavaliada por mecanismos de eficiência. Ao mesmo tempo, a complexidade e hiperespecialidade de temas como as tecnologias emergentes dependem da intervenção de especialistas e exigem normas com conteúdo muito específico e técnico. Tais normas, frequentemente revisadas, podem ser estabelecidas diretamente pelo poder público, por meio de regras de menor estatura (resoluções, regulamentos, portarias...), ou podem ser “apropriadas” de instituições privadas, como por exemplo, remissões às normas técnicas estabelecidas por organizações de normalização.

Já na figura do Estado reflexivo cabe decidir se a regulação será fruto de uma intervenção direta “implementada por programas de regulação material”, ou se “deverá processar-se através de mecanismos descentralizados de autorregulação, caso em que o direito estatal se limita a regular apenas as condições de base dos processos da regulação autorregulada.”<sup>24</sup> A ascensão do Direito reflexivo nos anos noventa é sustentada em propostas “neocorporativistas” de flexibilização e de “contratualização” do direito, com a participação do Estado regulador como um mediador das negociações conduzidas pelos parceiros sociais, adaptado à lógica dos sistemas sociais que tenta influenciar. O Estado reflexivo é baseado em um Direito que opera por meio de um “mix” de ações entre o interesse público e os interesses privados, um “Estado catalisador” que “leva em conta as reações dos destinatários dos seus mandamentos ou procura adaptar-se

---

24. Teubner, Gunther. O direito como sistema autopoietico: Trad. José Engrácia Antunes. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 1993. p. 135.

à lógica do sistema que tenta influenciar”.<sup>25</sup> Busca-se compreender o modo de operação de outros sistemas e prever as consequências de suas operações internas, envolvendo-se mais estreitamente com o desempenho das normas, que são o resultado de negociação entre o Estado e os diferentes grupos de interesse. Paralelamente, emerge a aplicação de estratégias do “Estado incitativo”, com um papel mais modesto de mero incentivador de ações voluntárias, provocador de comportamentos sem interferência normativa, por meio de estratégias de informação e persuasão não-jurídicas. No caso das nanotecnologias podem ser citados como exemplos de medidas do Estado incitativo: incentivo a disseminação informação sobre os riscos das nanotecnologias para sociedade, especialmente para trabalhadores e consumidores; programas comunicação voluntária, com vistas a entrega de dados e informações órgãos governamentais por parte das empresas<sup>26</sup>; o estímulo e o uso de guias de boas práticas na indústria e nos laboratórios; o estabelecimento de diferentes formas de certificação de produto ou processos, incluindo a “rotulagem”.

Morand destaca quatro tipos principais de meios de ação dos modelos relacionais do Estado reflexivo: a) a contratualização na formação, implementação, execução e aplicação do Direito, associada a grupos de interesse, em cada uma das etapas;<sup>27</sup> b) a “autorregulação dirigida” (metarregulação e correção) quando o Estado concede aos grupos privados a autoridade para estabelecerem formas de regulação não estatais;<sup>28</sup> c) as regulações que operam um acoplamento dirigido entre direito e outros sistemas (ex: instrumentos econômico-financeiros, tais como sistema de licenças negociáveis,

---

25. Morand, Charles-Albert. *Le droit néo-moderne des politiques publiques*. Paris: LGDJ, 1999. p. 127.

26. São exemplos de programas voluntários de informação o EPA, Nanoscale Materials Stewardship Program nos EUA e o Defra, Voluntary Reporting Scheme for Manufactured Nanomaterials no Reino Unido.

27. *Ibid*, p. 134.

28. *Ibid*, p. 140.

os bônus de poluição e incentivos fiscais)<sup>29</sup> e d) o “planejamento reflexivo e emergente”.<sup>30</sup> Na gestão ambiental e na gestão dos riscos tecnológicos, vários benefícios do uso dos meios de ação dos modelos relacionais do Estado reflexivo são invocados em relação aos tradicionais instrumentos legais de comando e controle. O primeiro deles seria a “melhoria da eficácia instrumental da regra”:

Num contexto marcado por importantes incertezas científicas e, em certos casos, por resistências políticas e/ou econômicas aparentemente incontornáveis, o direito negociado se beneficia de todas as vantagens da flexibilidade: em relação à lei, sempre demasiado rígida e condenada a avançar de modo brusco, o contrato (que toma aliás a forma de contrato-programa) permite adaptar-se a uma conjuntura em movimento [...].<sup>31</sup>

A coerência seria uma segunda vantagem, na medida em que “mais do que impor uma série de medidas isoladas a parceiros múltiplos”, pode a administração preferir “orquestrar uma negociação multipartida terminando em um acordo global” que imponha a todos “obrigações comparáveis”.<sup>32</sup> Como resultado, as obrigações seriam melhor aceitas pelos destinatários, diminuindo o recurso ao Judiciário. Esse estado das coisas deveria levar a uma “efetividade acrescida de política ambiental”, com benefícios para as empresas e para o poder público, com exigências mais adaptadas às condições econômicas e à realidade científica. A autorregulação, por exem-

---

29. Ibid, p. 142.

30. Da mesma forma que as normas legais são adotadas pela administração às circunstâncias concretas e negociadas com os seus destinatários, os planos coordenados não se propõem a serem aplicados autoritariamente e mecanicamente. O planejamento, reflexivo e emergente, “considerado em suas múltiplas facetas”, aparece como “uma rede relacional, coordenada, concertada e descentralizada, auto-organizada, emergente e propulsão”. (Tradução livre) (Id., Ibid, p. 145)

31. Ost, François. A natureza à margem da lei: a ecologia à prova do direito. Lisboa: Instituto Piaget, 1997. p. 138.

32. Ibid, p. 138-139.

plo, poderia trazer vantagens para as empresas no preenchimento de lacunas das legislações nacionais em matérias complexas, como uma forma de impor que os seus “parceiros” de negócio cumpram determinadas regras em redes transnacionais, inclusive normas estatais, como temos visto a emergência dos sistemas de “*compliance*” impostos pela via contratual. Poderiam também servir como uma forma de antecipação às exigências legais futuras, ou, em sentido oposto, de afastar ações no sentido de regulações estatais rígidas. Segundo Ost, todavia, o apelo excessivo à autorregulação e à contratualização do Direito do Ambiente pode representar um risco para a sociedade. Não se deve subestimar a necessidade de regulação e controle estatal para evitar desvios no discurso da autorresponsabilidade das empresas.<sup>33</sup> Afinal, as empresas, por meio da autorregulação, convertem a responsabilidade perante o meio ambiente em prioridade? São necessárias diversas adaptações na “política” das empresas, enquanto diretriz interna, com vistas a conciliar, na medida do possível, distintos interesses dentro da própria organização. Além dos obstáculos internos, também devem ser observadas as distintas interações das empresas com outros atores sociais, os efeitos das ações dessas organizações sobre o ambiente e o inverso. É importante lembrar que a organização das empresas está inserida em um contexto social e ecológico mais amplo, de modo que observar a gestão ambiental apenas sob o ponto de vista “auto” (interno) é ignorar a complexidade envolvida e incorrer em reducionismo. Assim, é conveniente “reconstruir” a problemática da autorresponsabilidade das empresas em matéria de meio ambiente sob um ponto de vista mais amplo. Os objetivos a alcançar e os meios para tanto, em matéria de conservação do meio ambiente e gestão de riscos, devem ser resultado de um debate público (que deve incluir participação e transparência) em que todos os interessados possam ser escutados. Isso também deve “incluir o interesse das gerações futuras, cujo po-

---

33. Ost, François. *A natureza à margem da lei: a ecologia à prova do direito*. Lisboa: Instituto Piaget, 1997.

der «de pressão» é, como se sabe, extremamente débil”. Além disso, a responsabilidade dos “agentes privados” não pode “ser concebida fora de um marco determinado pela lei, em sua preocupação com o interesse geral”. Igualmente, o seu emprego “implica a manutenção de um controle jurisdicional vigilante”.<sup>34</sup> Como observa Ost, a “auto-organização ecológica das empresas” traz riscos que não podem ser ignorados, seja em relação a questões ambientais ou em relação à saúde da população, o que em nosso entendimento também se aplica à nanotecnologia, são eles: a) “o risco da ruptura da igualdade entre as empresas”: sendo que “cada empresa seria dependente de seu *bargaining power*”, devido à possibilidade de que as organizações mais poderosas entre elas obtenham privilégios que não poderiam obter pela lei estatal, o que levaria também ao perigo de uma desregulamentação; b) “o risco de que os poderes públicos sejam capturados pelas empresas, a que se supõe devem regular e controlar”; c) “o risco de reduzir o caráter democrático da ação pública ‘privatizada’”, na medida em que “tudo ocorre fora dos controles democráticos e na ausência de um debate contraditório”, de modo que a norma “se despolitiza e parece reduzir-se a parâmetros técnicos e *ratos* econômicos”.<sup>35</sup> O direito negociado do Estado reflexivo pode apresentar formas favoráveis e desfavoráveis à proteção do ambiente. Pode resultar em um “jogo de resultado positivo”, quando: a) a autorregulação ou a negociação de um “contrato de ambiente” tem por objetivo “antecipar ou aperfeiçoar uma norma pública, que surge como uma regra de jogo definida pública e democraticamente, no termo do intercâmbio ordenado de agrupamentos pelo conjunto dos interesses em presença”, de modo que, nesse caso, o jogo poderia beneficiar qualquer um, incluindo o ambiente <sup>36</sup>, b) “as ‘jogadas’ que tal regra de jogo autoriza são sempre susceptíveis de

---

34. Ibid, p. p. 81.

35. Ibid, p. 91-92.

36. OST, François. A natureza à margem da lei: a ecologia à prova do direito. Lisboa: Instituto Piaget, 1997. p. 148.

serem discutidas diante de um árbitro, um terceiro judicial neutro e imparcial.”<sup>37</sup> Por outro lado, autorregulação e a “contratualização” do Direito do Ambiente podem resultar em um “jogo de enganos” quando servirem: a) para afastar a regulação estatal, sem efetiva pretensão de melhorias ou efetivo controle de comportamentos e ou b) “substituir uma regra, sobre a qual é cada vez mais frequente dizer-se ineficaz, e sobre a qual talvez nunca tenha existido vontade real de aplicar” pelos jogadores mais poderosos.<sup>38</sup> Corre-se, assim, o risco de que normas privadas de autorregulação e a contratualização não sejam resultado de um processo democrático, não passem por um debate em sociedade. Pelo contrário, existe o risco de servirem para favorecer “uma categoria de jogadores, as empresas mais poderosas do setor”, que possam “arrogar-se um poder de controle sobre a regra do jogo, modulada ao sabor de seus interesses”, de forma esvaizar o poder de condução das regras do jogo o próprio “árbitro”, “na medida em que a regra do jogo, que ele é suposto intérprete, perde a sua posição de exterioridade em relação às partes”.<sup>39</sup>

O Poder Público não pode, se furtar de seus deveres instituídos constitucionalmente, com vistas ao interesse público e a garantia dos direitos fundamentais frente aos riscos (nano)tecnológicos. O desenvolvimento de novas tecnologias envolve impacto sobre bens e interesses que podem estar constitucionalmente estabelecidos, como o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e a sadia qualidade de vida, e, por conseguinte, a dignidade da pessoa humana. No Brasil, a Constituição Federal de 1988 afirma em seu artigo 225 o “meio ambiente ecologicamente equilibrado”, como um bem jurídico autônomo e o direito ao meio ambiente e à sadia qualidade de vida como um dos direitos fundamentais, orientadores da ordem social, base para a formação dos demais princípios jurídicos ambientais e para elaboração legislativa. O direito ao meio ambiente sadio também é condição

---

37. Ibid, p. 148.

38. Ibid, p. 148.

39. Ibid, p. 148.

para a promoção dos demais direitos civis, políticos, econômicos e sociais, como o direito ao desenvolvimento da personalidade e o direito à saúde. A dimensão objetiva desse direito impõe ao Poder Público e à coletividade deveres relacionados aos riscos laborais, sanitários e ambientais que estão expressos no texto constitucional. Incumbências instituídas na Constituição Federal brasileira de 1988, respectivamente nos artigos 7º, XXII, dever de “redução dos riscos inerentes ao trabalho, por meio de normas de saúde, higiene e segurança”; no artigo 196, o dever de instituir políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos a saúde; assim como conforme o art. 225, § 1º, V, do dever de “controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente” . Em todos entendemos ser possível a vinculação com os princípios da prevenção e precaução, no momento da aplicação da norma. Ademais, também são deveres constitucionais do Estado assegurar o acesso à informação e participação da sociedade nos processos de tomada de decisão, em matérias que envolvam riscos ambientais, sanitários e laborais, exigidos e garantidos também por normas infraconstitucionais.

Os sistemas de gestão ambiental, saúde e segurança dos trabalhadores e políticas sanitária estatais encontram na atualidade imensas dificuldades na medida em que, além das atividades que comportam riscos e (mensuráveis, quantificáveis) para os quais foram desenhados, surgem também atividades, como as nanotecnologias, que exigem o enfrentamento de desafios maiores frente a situações de incerteza que demandam, como veremos, o princípio da precaução. As dificuldades são acrescidas devido à complexidade da gestão de riscos, assim como pelas incertezas científicas e a imensa gama de informações provenientes da ciência e da técnica utilizadas para a tomada de decisões. A atividade administrativa de gestão ambiental vinculada a riscos tecnológicos é “invasiva” em seu funcionamento por uma proliferação de normas de caráter técnico e conceitos estranhos ao Direito. Leia-se aqui a proliferação de normas estabelecidas por instituições públicas, assim como

normas técnicas resultantes do trabalho de instituições de normatização não estatais. Essa realidade decorre da própria necessidade tecnológica, somada ao princípio da legalidade, que impõe limites à atuação do Estado em relação à qualquer limite a livre iniciativa e as liberdades individuais. O Estado deve disciplinar de forma clara quais as regras que as atividades, sejam elas públicas ou privadas, devem seguir para a gestão dos riscos. Parte da responsabilidade está com o Estado que determina e avalia, parte está com aqueles que desenvolvem atividades que comportam riscos sujeitos a regulação. O sistema legal possibilita ao Estado imputar responsabilidade àqueles que descumpram obrigações legais e/ou causem danos ambientais, à segurança ou à saúde e tragam riscos para a coletividade, mas tem imensa dificuldade de saber, no curto prazo, quais riscos decorrem das novas tecnologias, quais danos podem resultar para o meio ambiente e para a saúde humana, qual o nexo causal entre as atividades/novas tecnologias e os impactos negativos.

Mesmo que a regulação supostamente possa ser mais eficaz para prevenir danos futuros nos momentos iniciais do desenvolvimento de uma nova tecnologia, a escassez de informações dificulta que sejam aplicadas ações adequadas para a sua gestão, seja no sentido de incentivar ou coibir determinadas práticas que tragam danos e riscos inaceitáveis. Nisso o próprio Direito pode ser um fator impeditivo de ação preventiva do Estado, na medida em que para impedir ou regular uma atividade, substância ou produto é necessário minimamente apresentar a “verossimilhança”<sup>40</sup> que alimenta a suspeita de que a

---

40. Verossimilhança poderia ser também a tradução, para português, da expressão inglesa “*likelihood*” que é ‘algo menos do que a probabilidade e mais do que uma remota possibilidade’. Na ausência de danos, a verossimilhança é o limite mínimo da relevância da incerteza científica. A razão é simples: estando em causa riscos graves e irreversíveis, todas as hipóteses devem ser admitidas. No âmbito do raciocínio científico, estamos a falar do uso de simulações conceptuais, quando é impossível desenvolver uma experiência científica para comprovar uma determinada teoria (também denominado raciocínio “*what if*” ou, numa tradução livre, raciocínio “e se?”). (Aragão, Alexandra. Princípio da precaução: manual de instruções. *Revista do Centro de Estudos de Direito do Ordenamento, do Urbanismo e do Ambiente*, Coimbra, Faculdade de Direito da Universidade de Coimbra, ano XI, n. 22, p. 9-58, fev. 2008, p. 33).

atividade, a substância ou produto representa ameaça de danos sérios e irreversíveis para o meio ambiente e/ou para a saúde humana.

Com o tempo a exposição a diferentes aplicações das nanotecnologias pode gerar informação científica sobre efeitos negativos no meio ambiente e na saúde humana. Quanto mais tardarem essas informações, contudo, será mais difícil e oneroso direcionar medidas regulamentares para afastar ou minimizar os riscos, devido à ampla integração da tecnologia em relação aos sistemas de produção econômica e de interação social. No longo prazo, mesmo levantados os impactos negativos de uma tecnologia para meio ambiente e saúde, historicamente nota-se a resistência na remoção de tecnologias estabelecidas, sob o argumento dos custos econômicos e sociais. São muitos os exemplos: o amianto, os combustíveis fósseis, os pesticidas a base de DDT, entre outros poluentes orgânicos persistentes, o chumbo, o mercúrio e mais recentemente os desreguladores endócrinos.<sup>41</sup>

Na situação conhecida como “*Collingridge dilemma*”, teoria desenvolvida nos anos de 1980, mas ainda muito atual na análise da regulação tecnológica, “as consequências sociais de uma tecnologia não podem ser previstas no início da vida da tecnologia”, porém “no momento em que consequências indesejáveis são descobertas, no entanto, a tecnologia é muitas vezes tanto parte de toda a economia e do tecido social que o seu controle é extremamente difícil.”<sup>42</sup> Conforme este dilema do controle das tecnologias “quando a mudança é fácil [no início], sua necessidade não está prevista; quando a necessidade de mudança aparece, a mudança tornou-se cara, difícil e o tempo foi consumindo.”<sup>43</sup> Seguindo o dilema de Collingridge,

---

41. Sobre a resistência a regulação e remoção de tecnologias e substâncias prejudiciais à vida: Bouguerra, Mohamed Larbi. *A Poluição Invisível*. Lisboa: Instituto Piaget, 1997; Lisboa, Marijane Vieira. *Ética e Cidadania Planetárias na Era Tecnológica: o caso da Proibição da Basileia*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2009.

42. Collingridge, D. *The Social Control of Technology*. New York: St. Martin's Press, 1980. p. 11.

43. *Ibidem*. p. 11.

seria ao mesmo tempo difícil regular hoje com pouca informação, bem como muito dispendioso reverter ou redirecionar uma aplicação tecnológica por meio de uma regulação futura, motivada pela constatação de danos e o reconhecimento de riscos, quando esta já estiver estabelecida na sociedade, desenvolvida a infraestrutura e as interdependências institucionais constituídas, bem como as preferências dos clientes já assentadas.<sup>44</sup>

Segundo Liebert e Schmidt podemos afirmar como pressupostos para a busca de superação do dilema de Collingridge: a) em relação à dimensão temporal, evitar o problema da “dependência de trajetória e entrenchamento” através da implementação de procedimentos de monitoramento contínuo;<sup>45</sup> b) quanto a incompletude do conhecimento, reconhecendo que a incerteza é uma constante no desenvolvimento científico e tecnológico e nunca será superada, as decisões não podem ser tomadas apenas baseadas em critérios quantitativos (estatísticos) de avaliação de riscos, na medida em que são reducionistas por não contemplarem critérios qualitativos e a visão alargada de “conhecimento” socialmente construído; c) já no que concerne à dimensão do poder e dos atores envolvidos, defende-se o diálogo entre peritos (cientistas e engenheiros), *policymakers* (políticos, funcionários de governo, gerentes) e outras partes interessadas da sociedade (organizações não governamentais, sindicatos, comunidades epistêmicas entre outros).

Como vimos, o desafio trazido para o Direito e para a Política pela incerteza das nanotecnologias é uma versão específica de um dilema mais geral, de como gerir o surgimento e o desenvolvimento de novas tecnologias, mesmo que elas não possam ser totalmente

---

44. Rafols, Ismael *et al.* *The missing link in nanomaterials governance: industrial dynamics and downstream policies*. Disponível em: <https://bit.ly/3IVCRu>. Acesso em: 06 set. 2015. p. 4.

45. Liebert, Wolfgang; Schmidt, Jan C. Collingridge's dilemma and technoscience: An attempt to provide a clarification from the perspective of the philosophy of Science. *Poiesis & Praxis*, 7, p. 55-71, 2010. p. 69-70.

caracterizadas pelos conhecimentos atuais, em relação aos seus potenciais benefícios e desvantagens.<sup>46</sup>

Nesse contexto, a aplicação do princípio da precaução pode ter um papel decisivo na governança dos riscos das nanotecnologias. Seguir sem que o Estado adote qualquer medida frente a riscos desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia, alegando seu desconhecimento por não existirem provas definitivas donexo entre novas tecnologias e possíveis danos é, no mínimo, ser imprudente. A precaução impõe que seja invertida esta lógica de “*laissez faire científico-tecnológico*”. A ausência de provas do risco não significa que ele não exista. Também, não cabem argumentos no sentido de descaracterizar a juridicidade do princípio da precaução. Trata-se de um princípio já aplicado em diversos ordenamentos nacionais e no Direito Internacional. No Brasil além de estar presente em tratados internacionais ratificados e dispositivos legais, também é reconhecido em decisões judiciais das cortes superiores (STJ e STF) e aplicado em decisões administrativas, o que denota um processo de “densificação normativa” em curso.<sup>47</sup>

---

46. Royal Commission on Environmental Pollution (2008). *Novel materials in the environment: the case of nanotechnology*. twenty-seventh report. The Stationary Office, Norwich. p. 87. Disponível em: <https://bit.ly/3MRsr0u>. Acesso em: 15 jan. 2022.

47. A densificação normativa jurídica ocorre quanto se torna um princípio jurídico incorporado em diversas normas nos Direitos nacionais, assim como em normas de Direito Internacional e passa a ser aplicado em decisões judiciais e administrativas. A densificação normativa trata-se de um processo formador de normatividade, assim como é reveladora da plasticidade da norma. Para Thibierge: “o princípio da precaução, durante seu processo de densificação, a norma emerge e evolui manifestando-se em várias expressões – textos, convenções, interpretações, aplicações. Através destes últimos, chega-se à existência normativa e legal, é clarificada, fortalecida e ‘toma forma’. Ao fazê-lo, o processo de densificação normativa revela a natureza plástica e, às vezes, a natureza quase fluida da norma, que flui em todas essas expressões sem se assimilar completamente a nenhuma.” Thibierge, Catherine. (dir.). *La densification normative. Découverte d’un processus*. éd. Mare & Martin. coll. Libre droit. 2014. p.5.

Como consequência da aplicação do princípio de precaução podem ser impostos pelo Estado: a) a exigência da disponibilização de maiores informações sobre os riscos e o impacto ambiental de produto ou processo, b) o controle e monitoramento dos riscos por aquele que desenvolve a atividade, produto, processo ou, c) da proibição da comercialização ou da liberação no meio ambiente de determinada substância ou produto, com base na gravidade e na irreversibilidade dos possíveis danos.<sup>48</sup> O Estado pode também aplicar o princípio da precaução no fomento ao desenvolvimento tecnológico responsável (inovação responsável) e sustentável, por meio de políticas públicas. Regulamentos estatais permissivos e financiamento público adequados podem desempenhar um papel positivo na promoção do desenvolvimento de novas tecnologias, inclusive podem ser canalizados para melhorar a gestão dos riscos.<sup>49</sup> Preocupações com questões éticas, de saúde e meio ambiente<sup>50</sup> podem ser agregadas a abordagens precaucionais no desenvolvimento de políticas públicas de incentivo a ciência e inovação, mais equitativas, participativas, responsáveis e “sustentáveis”.

O Conselho Consultivo Alemão do Meio Ambiente (SRU)<sup>51</sup> definiu o princípio da precaução como princípio orientador para lidar com nanomateriais. Segundo o SRU, existem “lacunas consideráveis em diversas áreas que impõem a aplicação do princípio da

---

48. Rocha, João Carlos de Carvalho. *Direito Ambiental e transgênicos: princípios fundamentais da biossegurança*. Belo Horizonte, Del Rey, 2008. p.201.

49. Marchant, Gary; Sylvester, Douglas. Transnational Models for Regulation of Nanotechnology. *Journal of Law, Medicine and Ethics*, v. 34, Issue 4, p. 714-725, Winter 2006. p. 715.

50. Engelmann, Wilson. *Nanotechnology, law and innovation*. Saarbrücken, Deutschland: Lap Lambert Academic Publishing, 2011; Engelmann, Wilson. As nanotecnologias e a inovação tecnológica: a “hélice quádrupla” e os direitos Humanos. In: *Nanotecnologias: um desafio para o século XXI*, 2010. São Leopoldo. Anais do Seminário. São Leopoldo: Casa Leiria, 2010. v. 1. CD.

51. German Advisory Council on the Environment. *Precautionary Strategies for managing Nanomaterials*. Chapter 7: Conclusions and Recommendations. Disponível em: <https://bit.ly/3IUWFXf>. Acesso em: 05 maio. 2022.

precaução. Em certos casos, já existe “preocupação suficiente para justificar uma necessidade específica para a ação”, como o uso de *sprays* que contenham nanopartículas de prata, nanotubos de carbono como um possível potencial carcinogênico, notadamente na exposição durante a produção e processamento, assim como aplicações em ambiente aberto de óxido de ferro em nanoescala.<sup>52</sup> Pesquisadores, trabalhadores da indústria, agricultores e consumidores são os primeiros a serem lembrados, como expostos aos riscos da nanotecnologia, entretanto, com a dispersão no ambiente das nanopartículas – cuja dinâmica, interação e efeitos são, até então, em sua maior parte desconhecidos – nem sempre será fácil determinar quem serão as vítimas. Ademais, é muito provável que não seja viável estabelecer no curto prazo “a relação causa-efeito entre a exposição às nanopartículas sintéticas e os danos sofridos, que só se sentirão muito mais tarde, ou que poderão ser agravados pela sua interação com outras partículas presentes no corpo humano ou no ambiente”<sup>53</sup>. Conforme o relatório, dois tipos de déficit podem ser identificados na prática de gestão de riscos dos nanomateriais: “lacunas regulatórias nanoespecíficas” e “déficits gerais na aplicação do princípio da precaução”.<sup>54</sup> A ausência de uma distinção legal entre nanomateriais e materiais em outra escala leva à necessidade de estabelecer normas nanoespecíficas, para que as lacunas na “rede” de gestão de riscos sejam preenchidas. Em alguns casos, embora a legislação imponha obrigações relativas a uma substância na escala macro, como por exemplo os agrotóxicos, deve-se ponderar a possibilidade de aplicar normas específicas para tratar das peculiaridades

---

52. Ibid.

53. Melo, Elena Pereira de. “*No data, no market*”: A aplicação do princípio da precaução à nanotecnologia. Disponível em: <https://bit.ly/45IT3JK>. Acesso em: 04 abr. 2022

54. German Advisory Council on the Environment. Precautionary Strategies for managing Nanomaterials. Chapter 7: Conclusions and Recommendations. p. 10. Disponível em: <https://bit.ly/3IUWFXx>. Acesso em: 13 maio. 2022

das substâncias que contenham nanomateriais. Aqui é importante destacar que o déficit de aplicação do princípio da precaução não se restringe aos nanomateriais. Atualmente, existem diversas substâncias químicas sintéticas incorporadas nos mais distintos processos produtivos e produtos, para as quais o conhecimento sobre os riscos é bastante reduzido. Conforme o mesmo relatório “o gerenciamento dos riscos dos nanomateriais não é apenas uma questão de legislação”, pois também “afeta outras áreas da política e da sociedade”. Tal afirmação se sustenta especialmente onde os arranjos tradicionais rígidos de “comando e controle” apresentam seus limites devido ao rápido avanço tecnológico. Em razão da “incerteza científica” e dos “problemas de delimitação e definição” no caso das nanotecnologias, cada vez mais são valorizados os “instrumentos de política ‘soft’ e processos de diálogo social”.<sup>55</sup> Ainda segundo o relatório, as decisões relacionadas ao risco que envolvem as nanotecnologias devem seguir avaliações de risco baseadas na ciência, e ao mesmo tempo incluir considerações econômicas, sociais e políticas em conta (por exemplo análise de custo-benefício, alternativas e aceitação do público). Critérios de decisão podem ser usados para determinar em que medida é razoável restringir direitos e assegurar que o princípio da proporcionalidade seja mantido quando a ação for tomada em um caso específico.<sup>56</sup> A legislação pode estar voltada para objetivos como a melhoria das informações e rastreabilidade, a garantia à liberdade de escolha esclarecida dos consumidores, ou mesmo em situações nas quais os riscos forem considerados intoleráveis impor maiores restrições no uso ou venda, incluindo proibições. *Existem vários instrumentos de política compõem o conjunto de ferramentas regulatórias para a gestão de nanomateriais e nanoprodutos, segundo o relatório do German Advisory Council on the Environment.*<sup>57</sup>

---

55. Ibid. p.10.

56. Ibid. p. 12.

57. Ibid, p. 14.

- Requisito de notificação: Estabelecimento de um requisito de notificação e registro de produtos que contenham nanomateriais, para informação das autoridades e/ou do público.
- Obrigação de rotulagem: Rotulagem dos produtos para informar os consumidores sobre as substâncias em nanoescala presentes nos produtos e para garantir que os consumidores possam exercer a sua livre escolha.
- Obrigação de registro: aplicação abrangente do princípio no “data, no Market” [sem dados, sem mercado] para nanomateriais.
- Autorização geral: Restrição da utilização de nanomateriais aos incluídos em uma “lista positiva” na sequência de uma avaliação de segurança.
- Autorização individual: Presume-se que os nanomateriais para os quais existe uma preocupação abstrata ou onde as opiniões científicas sobre sua periculosidade são contraditórias representam um perigo. Para usar tais substâncias, um produtor ou usuário deve apresentar fatos para refutar essa presunção.
- Responsabilidade objetiva: regras que responsabilizam produtores ou usuários independentemente de negligência ou culpa. Para nanomateriais e nanoprodutos que não estão sujeitos a autorização, a responsabilidade objetiva cria um incentivo para realizar pesquisas sobre os efeitos antes de colocar materiais ou produtos no mercado.
- Licenças obrigatórias para instalações/exigência de notificação: as autoridades devem saber em quais instalações os nanomateriais são produzidos ou usados e devem ser capazes de estipular limites de emissão ou poluição para proteger o meio ambiente.
- Proibições/restrições legais: Proibições ou restrições ao uso de nanomateriais em produtos específicos ou para fins específicos, a fim de proteger as pessoas e o meio ambiente da exposição.
- Planejamento: Adoção de medidas de gestão de nanomateriais e nanoprodutos de forma a proteger o abastecimento de água.
- Avaliação da necessidade: como parte do procedimento de autorização, os produtores de nanomateriais e nano-

produtos podem ser obrigados a provar os benefícios socioeconômicos em casos específicos e a autorização pode ser negada se os benefícios forem pequenos em comparação com os riscos.

Conforme expresso ao longo deste texto, ressalta-se a possibilidade da aplicação de distintas formas de regulação e governança dos riscos das nanotecnologias, coincidindo com os “tipos ideais de Estado” que coexistem no tempo e no espaço. Em relação as novas tecnologias, do Estado liberal, a sociedade herdou instrumentos para instituir as responsabilidades e garantir direitos individuais patrimoniais, como a propriedade intelectual, as liberdades individuais de expressão e de pesquisa científica entre outros. Do Estado de bem-estar social permanecem os direitos sociais, econômicos e culturais, mas ampliam-se a rede de direitos ao meio ambiente na tutela dos interesses transindividuais. As pretensões estatais assumem a forma propulsiva na medida em que os direitos garantidos pelo ordenamento jurídico são operacionalizados por “programas finalísticos”, incorporados em políticas públicas, nas quais o Estado determina um fim a ser almejado, estabelece diretrizes e busca coordenar, por meio de regras, standards técnicos e especialmente princípios, diversas partes interessadas. Os programas finalísticos, no caso das nanotecnologias, podem se concretizar, tanto em política(s) específica(s), como já proposta em mais de uma ocasião, por meio de uma “Política Nacional de Nanotecnologia”, como em ações transversais, que implicam na alteração em normas em vigor e em políticas já instituídas, como é o caso do dever de informação sobre o uso de nanopartículas imposto pelo *Code de l'Environnement*, na França, que implica em um incremento na legislação e nas ações relativas à política ambiental daquele país.

Atualmente, maior parte das ações de regulação e governança das nanotecnologias, como visto, insere-se no contexto de Esta-

do reflexivo e do Estado incitativo. O Estado reflexivo busca, por meio de programas relacionais, assumir um papel procedimental, moderador, negociador, convidando os atores envolvidos para mediar interesse público e interesses privados na elaboração das regras e dos mecanismos da aplicação que lhes dizem respeito. Até o presente, a maior parte das iniciativas de regulação e governança às nanotecnologias no mundo foi neste sentido. Mas com uma peculiaridade importante, as organizações não-estatais assumiram a frente na regulação. As formas de autorregulação privada criadas espontaneamente, sem sequer incentivo do Estado, vieram antes e são em maior número do que as iniciativas de metarregulação. Em alguns casos, o Estado tem investido no incentivo à adesão voluntária a programas de informação em parceria com universidades, empresas e institutos de pesquisa, mas com pouca adesão, bem como o estímulo ao uso também voluntário de guias de boas práticas (ação incitativa do Estado).

Poucos são os exemplos de normas jurídicas nacionais obrigatórias relacionadas a transparência e precaução, notadamente voltadas para o dever de informar, como é o caso mais conhecido a legislação francesa. O Brasil, assim como a maioria dos Estados nacionais, está longe da concretização de deveres legais impostos por normas estatais gerais de proteção do meio ambiente, saúde e consumidor, devido a inércia do legislativo e do poder executivo nas últimas décadas em estabelecer normas legais para regular a nanotecnologia. Embora existam políticas públicas e incitativas estatais com vistas ao incentivo do desenvolvimento nacional da nanociência e da nanotecnologia, estas são omissas em relação e gestão e a governança dos riscos. São tímidas as ações por parte do poder executivo voltadas prevenção, precaução, difusão e acesso a informações, bem como para a participação da sociedade nos “rumos” da nanotecnologia no território nacional. A discussão da regulação e governança dos riscos nanotecnológicos no Brasil

está restrita a poucos “espaços” e instituições, entre outros fatores devido ao desconhecimento da sociedade, ao desinteresse das autoridades e ao “cerceamento” dos debates mais importantes sobre o tema entre experts. De tal situação resulta prevalência da concepção segundo a qual a “gestão da mudança científica deve ser deixada nas mãos dos próprios especialistas”, pois a ciência constituiria uma “atividade distinta das demais” na sociedade. Desta perspectiva, que afasta ciência/tecnologia da sociedade resultam preconceitos que influenciam muito nos debates relativos a temas complexos e emergentes como as nanotecnologias. A representação “+ *social* = - *objetivo*” muitas vezes é utilizada para empoderar cientistas e especialistas como “atores ativos” e manter “consumidores e movimentos sociais como passivos nas discussões sobre escolhas sociotécnicas”.<sup>58</sup> Ademais, entre atores como agentes econômicos e setores da comunidade científica, prepondera a visão de que a regulação dos riscos nanotecnológicos pelo Estado tende a ser ineficiente e burocrática, resultar em prejuízos para o desenvolvimento científico tecnológico, afastar investidores e prejudicar os interesses econômicos nacionais. Tais argumentos, já foram utilizados de forma eficaz no parlamento brasileiro para barrar iniciativas regulatórias no âmbito do legislativo.<sup>59</sup>

No Brasil, o legislativo federal foi cenário de algumas iniciativas parlamentares para regular os riscos das nanotecnologias, todas sem

---

58. Mattedi, Marcos A.; Martins, Paulo R.; Premebida, Adriano. A nanotecnologia como tecnociência: contribuições da abordagem sociológica para entendimento das relações entre nanotecnologia e sociedade no Brasil. *Pensamento plural (UFPEL)*, v. 5, p. 130-155, 2011 p. 124.

59. A título de exemplo vide relatório da Comissão de Desenvolvimento Econômico, Indústria e Comércio da Câmara dos Deputados, no parecer que sugeriu o arquivamento do Projeto de Lei nº 5.076, de 2005, na Câmara dos Deputados. Brasil. Câmara dos Deputados. Comissão de Desenvolvimento Econômico, Indústria e Comércio. Parecer do Relator, Deputado Léo Alcântara ao Projeto de Lei nº 5.076/2005. Disponível em: Disponível em: <https://bit.ly/3qqidgd>. Acesso em: 14 ago. 2022.

sucesso até o momento.<sup>60</sup> Os órgãos governamentais e o Legislativo têm se demonstrado refratários quando o tema é exposto, notoriamente quanto é apresentada a necessidade de regular a nanotecnologia, de impor limites e exigências legais concretas para a gestão dos riscos.<sup>61</sup> Até o momento, a proposição legislativa que mais progrediu no Congresso Nacional foi o Projeto de Lei nº 880, de 2019, “Marco Legal da Nanotecnologia e Materiais Avançados”. O texto original do projeto de lei visava, estabelecer estímulos ao desenvolvimento científico, pesquisa, capacitação e inovação no âmbito da nanotecnologia, bem como apoiar o desenvolvimento e a utilização de nanotecnologias por empresas brasileiras. Em 2020, foram inseridas emendas no substitutivo do Marco Legal da Nanotecnologia, aprovado pela Comissão de Constituição e Justiça (CCJ). Entre as alterações mais importantes para a gestão dos riscos das nanotecnologias no PL 880/2019, está o dever das atividades de inovação e de pesquisa científica, tecnológica e nanotecnológica no Brasil observarem os princípios da precaução, sustentabilidade ambiental, solidariedade, responsabilidade do produtor, boa-fé, cooperação, lealdade e transparência entre todos os agentes envolvidos. Também, foram incluídas, por sugestão do Ministério Público do Trabalho, diretrizes para assegurar a redução dos riscos à saúde, à higiene e à segurança. Entre elas, avaliação e controle dos possíveis impactos à saúde dos trabalhadores, formação, educação

---

60. PL 5076/2005 - Dispõe sobre a pesquisa e o uso da nanotecnologia no país, cria Comissão Técnica Nacional de Nanosseguurança, institui Fundo de Desenvolvimento de Nanotecnologia e dá outras providências. Não aprovado em comissões, aduzindo ser muito cedo para regular e trava à inovação. PL 5133/2013 - Regulamenta Rotulagem de produtos da nanotecnologia Parecer Favorável Comissão Des. Econômico, Indústria e Comércio; PL 6741/2013 - Dispõe sobre a Política Nacional de Nanotecnologia, a pesquisa, a produção, o destino de rejeitos e o uso da nanotecnologia no país.

61. Para maiores informações sobre os projetos de lei propostos no Congresso Nacional brasileiro vide: Berger Filho, Airton Guilherme. *Regulação e governança dos riscos das nanotecnologias*. 1. ed. Belo Horizonte: Arraes Editora, 2018. Berger, Mauricio; Berger Filho, Airton Guilherme. *Nano-governance, nano-regulación y, -nano-ciudadanía?* Mundo Nano. *Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*, v. 15, 2021.

e capacitação profissional permanente e incentivo à inclusão de pessoas com deficiência no mercado de trabalho.

Embora texto do PL 880/2019 não explicita regras jurídicas detalhadas como obrigação de notificação, rotulagem, registro, autorizações, licenças obrigatórias, proibições legais e restrições, traz importantes princípios norteadores para gestão e a governança dos riscos aplicáveis a pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico em políticas públicas finalistas do Estado propulsivo, bem como os programas relacionais negociados com os destinatários, com regras flexíveis (*soft law*) e outros mecanismos do direito reflexivo, assim como as estratégias do Estado incitativo. O PL 880/2019 pode, inclusive, “preparar o terreno” para o estabelecimento de obrigação legais de comando e controle detalhadas e específicas para as nanotecnologias, iniciando um processo de experimentação e aprendizagem e uma ação regulatória gradual, complementada por outras normas estatais posteriores, acompanhadas pela densificação jurídica na aplicação princípios como a precaução. Não basta, contudo, a sanção e a vigência de uma futura norma decorrente da tramitação do PL 880/2019 ou de outra norma que traga os princípios e diretrizes acima mencionados. É necessário vigilância da sociedade para que sejam efetivamente aplicados tais princípios na gestão e governança dos riscos das nanotecnologias. Existe sempre o risco de que o Estado, ao sancionar uma nova lei, esteja recorrendo ao que Neves qualificou como “Legislação-álibi”, quando cria-se a imagem de que se está efetivamente estabelecendo uma resposta normativa às demandas sociais, mas em realidade está empreendendo-se “uma forma de manipulação ou de ilusão que imuniza o sistema político contra outras alternativas, desempenhando uma função, ideológica”.<sup>62</sup> Dito de outro modo, corre-se o risco que a lei sejam apenas usada para acomodar interesses, protelar a adoção de medidas concretas, sem os resultados práticos esperados.

---

62. Neves, Marcelo. A constitucionalização Simbólica. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2007. p.39-40.

## Referências

AVEN, Terje; RENN, Ortwin. **Risk management and governance.** concepts, guidelines and applications. Berlin: Springer, 2010.

BERGER FILHO, Airton Guilherme. **Regulação e governança dos riscos das nanotecnologias.** 1. ed. Belo Horizonte: Arraes Editora, 2018.

BERGER, Mauricio; BERGER FILHO, Airton Guilherme. Nano-governance, nano-regulación y -nano-ciudadanía? Mundo Nano. **Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología**, v. 15, p. 1e-26e, 2021.

BOBBIO, Norberto. **Da estrutura à função:** novos estudos de teoria do direito. Barueri: Manole, 2007.

BOUGUERRA, Mohamed Larbi. **A Poluição invisível.** Lisboa: Instituto Piaget, 1997.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Comissão de Desenvolvimento Econômico, Indústria e Comércio. **Parecer do Relator, Deputado Léo Alcântara ao Projeto de Lei nº 5.076/2005.** Disponível em: <https://bit.ly/3qqidgd>. Acesso em: 27 mar. 2013.

BUCCI, Maria Paula Dallari. **Direito Administrativo e políticas públicas.** São Paulo: Saraiva, 2002.

CANOTILHO, José Joaquim Gomes. **Direito Constitucional e Teoria da Constituição.** 5. ed. Coimbra: Almedina, 2002.

CANOTILHO, José Joaquim Gomes. **Estado de Direito.** Lisboa: Gradiva Publicações, 1999.

CARVALHO, Délton Winter de. **Dano ambiental futuro:** a responsabilização civil pelo risco ambiental. 2. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013.

CHEVALLIER, Jean-Jacques. **O Estado pós-moderno.** Belo Horizonte: Fórum, 2009.

COLLINGRIDGE, David. **The Social Control of Technology**. New York: St. Martin's Press, 1980.

ENGELMANN, Wilson. O Direito das Nanotecnologias e a (necessária) reconstrução dos elementos estruturantes da categoria do “direito subjetivo”. *In*: STRECK, Lenio Luiz; ROCHA, Leonel Severo; ENGELMANN, Wilson (Orgs.). **Constituição, Sistemas Sociais e Hermenêutica**. Anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da Unisinos. Mestrado e Doutorado. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2014. v. 11, p. 339-359.

GERMAN ADVISORY COUNCIL ON THE ENVIRONMENT. **Precautionary Strategies for managing Nanomaterials**. Chapter 7: Conclusions and Recommendations. p. 10. Disponível em: <https://bit.ly/3IUWFXx>. Acesso em: 7 out. 2022.

LAFER, Celso. **A Reconstrução dos Direitos Humanos**: Um diálogo com o pensamento de Hannah Arendt. São Paulo: Companhia das Letras, 1988. p.131.

LATOUR, Bruno. **Ciência em Ação**: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora. São Paulo: Unesp, 2000. LATOUR, B. **Reagregando o social**: uma introdução à Teoria do AtorRede. Salvador: EDUFBA, 2012. OST, François; OST, François; KERCHOVE, Michel van de. **De la pyramide au réseau?** Pour une théorie dialectique du droit. Bruxelles: Publications des Facultés Universitaires Saint-Louis, 2002.

LIEBERT, Wolfgang; SCHMIDT, Jan C. Collingridge's dilemma and technoscience: An attempt to provide a clarification from the perspective of the philosophy of Science. **Poiesis & Praxis**, 7, p. 55-71, 2010. p. 69-70.

LISBOA, Marijane Vieira. Ética e Cidadania Planetárias na Era Tecnológica: o caso da Proibição da Basileia. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2009.

LUHMANN, Niklas. **Derecho de la sociedad**. Ciudad de México: Herder, 2005.

MARIE, Jean-Bernard. Direitos humanos. *In*: ARNAUD, André Jean (Org.). **Dicionário Enciclopédico de Teoria e de Sociologia do Direito**. Rio de Janeiro: Renovar, 1999.

MELO, Elena Pereira de. “**No data, no market**”: A aplicação do princípio da precaução à nanotecnologia. *Revista da FDUP*, 2010/VII, pp. 343-381.

MORAND, Charles-Albert. **Le droit néo-moderne des politiques publiques**. Paris: LGDJ, 1999.

MORAND, Charles-Albert. Vers un droit de l'environnement souple et flexible: le rôle et le fonctionnement des principes. *In*: OST, François.; GUTWIRTH, Serge. (Dir.). **Quel avenir pour le droit de l'environnement?** Bruxelles: FUSL, 1996.

NEVES, Marcelo. **A constitucionalização Simbólica**. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2007.

OST, François. **A natureza à margem da lei**: a ecologia à prova do direito. Lisboa: Instituto Piaget, 1997.

OST, François. La auto-organización ecológica de las empresas: ¿un juego sin conflictos y sin reglas? *In*: GORDILLO, José Luis (Coord.). **La protección de los bienes comunes de la humanidad**: un desafío para la política y el Derecho del siglo XXI. Madrid: Trotta, 2006.

OST, François. La régulation: des horloges et des nuages... *In*: JADOT, Benoît; OST, François (Coords.). **Élaborer la loi aujourd'hui, mission impossible?** Bruxelles: Publications des Facultés Universitaires Saint-Louis, 1999.

PARIOTTI, Elena. Normatività giuridica e governance delle tecnologie emergenti. *In*: **Forme di responsabilità regolazione e nanotecnologie**. Bologna: Il Mulino, 2011.

RAFOLS, Ismael *et al.* **The missing link in nanomaterials governance**: industrial dynamics and downstream policies. Disponível em: <https://bit.ly/3IVCREu>. Acesso em: 20 out. 2021.

ROYAL COMMISSION ON ENVIRONMENTAL POLLUTION (2008). **Novel materials in the environment**: the case of nanotechnology. twenty-seventh report. The Stationary Office, Norwich. p. 87. Disponível em: <https://bit.ly/3MRsr0u>. Acesso em: 17 set. 2021.

TEUBNER, Gunther. **Droit et réflexivité**. L'auto-référence en droit et dans l'organisation. Bruylant: LGDJ, 1999.

TEUBNER, Gunther. **O direito como sistema autopoiético**: Trad. José Engrácia Antunes. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 1993.

THIBIERGE, Catherine. (dir.). **La densification normative. Découverte d'un processus**. éd. Mare & Martin. coll. Libre droit. 2014. p.5.

TRINDADE, Antônio Augusto Cançado. **Direitos Humanos e Meio Ambiente**: Paralelo dos Sistemas de Proteção Internacional. Porto Alegre: Sergio Antonio Fabris, 1993.

VARELLA, Marcelo Dias. **Internacionalização do Direito**: direito internacional globalização e complexidade. Brasília: UniCEUB, 2013.



# CAPÍTULO XV

## **EMERGÊNCIA:**

# **PANORAMA DAS INFLUÊNCIAS DAS NOVAS TECNOLOGIAS NA SAÚDE DOS TRABALHADORES E TRABALHADORAS**

*Arline Sydneia Abel Arcuri*

### **Introdução**

Este capítulo é baseado no trabalho desenvolvido por um grupo de trabalho, no âmbito da Frente Ampla em Defesa da Saúde de Trabalhadores e Trabalhadoras. Esta frente

é uma iniciativa estratégica de natureza política e multi-institucional, que visa desenvolver e aperfeiçoar parcerias conceituais e de cooperação entre movimentos sociais, entidades de natureza sindical, instituições, grupos de trabalho e núcleos de estudo e pesquisa que tenham em comum o compromisso de promoção e defesa da saúde e segurança de trabalhadores e trabalhadoras.

Com vistas às eleições de 2022, no Brasil, a frente organizou a “Iniciativa protagonismo da frente ampla no processo eleitoral de 2022”. Foram formados 8 grupos de trabalho temáticos (GTs) para “análise de situação”, propor “posicionamentos institucionais” e elaborar “propostas de ação”.

Um destes grupos teve como foco a questão das novas tecnologias no mundo do trabalho. Este capítulo tem como base as propostas deste grupo.

A coordenação e relatoria foram feitas por Arline Arcuri; Eduardo Martinho Rodrigues (CTB) e Paulo Roberto Martins (Renanossoma). Fizeram parte das discussões: Ana Claudia Moreira Cardoso; Ana Yara Paulino; Aparecida Mari Iguti; Jorge Marques Pontes; Luci Praun (Ufac); Ludmila Costhek Abílio (Cesit/Unicamp); Marcelo Dino (Pastoral Operária); Mario César Rodríguez Vidal (Coppe/UFRJ); Rodrigo Ferreira (Sindimoto-SP); Sergio Roberto de Lucca (FCM/Unicamp); Simone Oliveira (Ensp/Fiocruz); Thaís Helena Carvalho Barreira (Fundacentro); Valéria Ramos Soares Pinto (Fundacentro) e Wilson Engelmann (Unisinos).

As inovações tecnológicas sempre resultaram de projetos humanos, muitos deles visando incrementar a qualidade e eficiência do trabalho produtivo e reprodutivo. Muitos processos de inovação tecnológica possibilitaram inúmeras transformações técnicas que melhoraram e facilitaram a qualidade de vida das pessoas e até contribuíram para suprimir trabalhos exaustivos e perigosos. Poderiam contribuir muito mais para a eliminação da fome, para proteção do ecossistema mundial e até mesmo na redução da desigualdade social e econômica.

A emergência abordada neste capítulo se refere a necessidade de se proceder a uma inovação inclusiva e inteligente.

Cabe destacar que é o Estado o principal financiador, não só no Brasil, mas na maioria do mundo, do processo de inovação. Porém, são basicamente os donos do capital que definem a sua configuração, seus fins, seus usos. Para os trabalhadores(as) restam os impactos que podem ser negativos à sua saúde, têm levado à precarização do trabalho ou até ao desemprego.

É fundamental que todos os atores sociais (pesquisadores, formuladores de políticas, representantes da indústria e dos sindicatos, políticos, consumidores) discutam políticas públicas e controlem coletivamente o desenvolvimento destas novas tecnologias, de forma que elas proporcionem melhora significativa na qualidade de vida e de trabalho para a sociedade na totalidade, assegurando espaços (macro, meso e micro) para os atores decidi-

rem quais materiais utilizar, onde inovar e onde não inovar, para manter as funções mais humanizadas, distribuindo ganhos de produtividade, possibilitando que a interação homem-máquina não desqualifique o primeiro, garantindo o não aprofundamento das desigualdades sociais, deliberando estratégias para formar e qualificar os trabalhadores para estarem aptos ao trabalho, dentre outras definições.

E para que todos os atores sociais possam efetivamente participar dos espaços decisórios é necessário terem garantia de acesso à informação, qualificação, com legislações que preservem essa participação, espaços de discussão, ou seja, que tenham voz. A defesa da democracia é seguramente necessária para a garantia de mecanismos efetivos de participação e controle social.

## **Questões destacadas**

Seguem algumas questões que merecem destaque, pois trazem situações que tem impacto direto na saúde dos(as) trabalhadores(as).

### **A- Formas de exploração do trabalho na extração de minerais**

A produção de novos materiais dos mais diversos tipos e utilidades, a maioria obtidos por processos nanotecnológicos, tem início na maioria na extração de minerais. Há inúmeros relatos de superexploração da força de trabalho nesta extração, incluindo o trabalho infantil e/ou análogo à escravidão (Roebens, 2022).

É necessário denunciar à sociedade que usufrui dos equipamentos produzidos a partir destes materiais as Formas de Exploração do Trabalho na extração de minerais. Este conhecimento pode levar a sociedade a boicotar produtos que tiveram esta origem. É preciso também que haja um aumento da fiscalização para coibir estas práticas.

## **B- Pouco conhecimento sobre os impactos do uso de nanopartículas e de nanotecnologias nos processos produtivos**

Já há razoável conhecimento, especialmente dos fatores relacionados a toxicidade destes nano materiais, na saúde. Porém, as pesquisas sobre este assunto não acompanham a velocidade de produção de novos nanobjetos e nano materiais. Isto reforça a necessidade de se respeitar o princípio da precaução. Nas questões de proteção à saúde dos(as) trabalhadores(as) o princípio da precaução significa incrementar a segurança no trabalho, para minimizar o contato com os materiais sobre os quais não se tem conhecimento suficiente dos impactos que podem provocar.

É também preciso, investir em pesquisas científicas sobre todos os possíveis impactos à saúde humana e ao meio ambiente. No caso brasileiro, por exemplo, no desenvolvimento, das nanotecnologias, os recursos públicos foram usados na proporção de 99% para a ciência de “novos processos e produtos” e somente 1% para novos conhecimentos relativos à “ciência dos impactos” (Martins e col. 2007).

É muito importante que trabalhadores, usuários, e representantes da sociedade tenham participação nas decisões políticas que envolvem esses investimentos e na reflexão crítica na sua implementação e formas de uso. A realidade é que nem os trabalhadores e nem mesmo a sociedade participam das definições sobre a necessidade e formas de uso destas “novidades”.

Os recursos públicos utilizados na produção de novos conhecimentos devem estar sobre controle social, impondo-se um uso paritário dos recursos públicos, ou seja, 50% para a produção de novos conhecimentos relativos à “ciência de processos e produtos” e 50% para a produção de novos conhecimentos relativos à “ciência dos impactos”.

## **C- Desigualdade sociodigital**

Helsper (2019), a partir do conceito “sociodigital”, tem em vista qualificar o novo tipo de desigualdade que se constitui a partir

daquelas preexistentes, sejam elas de natureza econômica, social ou cultural. Enquanto fatores como pobreza, renda e idade intervêm na qualidade do acesso à internet (como velocidade de conexão e características dos dispositivos e equipamentos), fatores socioculturais relativos à etnia, ao gênero e a instrução estão mais fortemente relacionados com desigualdades em termos de habilidades e usos das Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC).

Cada vez mais as relações sociais se desenvolvem através destas tecnologias digitais, entre elas a de trabalho e de acesso a serviços essenciais. O problema é que grande parte da população está incluída marginalmente nesta sociedade.

É necessário a construção de Políticas Públicas que abrangem a qualificação profissional para o uso de novas tecnologias, bem como a criação de programas para grupos específicos como mulheres, pessoas não brancas, com menor qualificação e renda baixa. O uso destas novas tecnologias deve abranger também o ensino nas escolas. É necessário que a banda larga chegue em todas as escolas, locais públicos, bibliotecas e associações de bairro.

#### **D- Desemprego tecnológico estrutural ou conjuntural**

O desemprego tecnológico pode ser entendido em duas variantes: o “desemprego estrutural”, que ocorre com a extinção da atividade desempenhada, que é realizada por um robô, por exemplo, ou simplesmente não é mais necessária, e o “desemprego conjuntural”, que se verifica sem a extinção da atividade, mas muitas vezes provocados pela falta de qualificação adequada para o trabalho na interface com a nova tecnologia, ou mesmo deslocado para uma reconfiguração de trabalho, via teletrabalho ou para o *crowdsourcing*, uma espécie de terceirização coletiva, via plataformas cibernéticas de trabalho.

“Em cinco anos, máquinas e humanos irão dividir os trabalhos igualmente no mundo. É o que diz o relatório “Futuro do emprego 2020”, do Fórum Econômico Mundial” (Ortega, 2020).

A introdução de tecnologia provoca o deslocamento ocupacional e estrutural pela substituição do trabalho humano pelo processo da inovação tecnológica. Processos de produção digitalizados favoreceram processos de reestruturação produtiva com aplicação de inteligência artificial e com enxugamento de quadros de trabalhadores, modificando as qualificações requeridas, impondo atualizações contínuas para o uso de inovações da tecnologia, resultando em mudanças constantes no conteúdo e modos de trabalhar.

O fato é que grande contingente de trabalhadores está desempregado ou em subocupações, sem perspectiva de reinserção no mundo do trabalho formal, quer seja pelo desemprego tecnológico estrutural, como também pelo conjuntural.

O grupo que discutiu a questão das novas tecnologias no mundo do trabalho fez as seguintes propostas como forma de pelo menos minimizar estes impactos:

- Necessidade de Regulação para o Desemprego motivado por transformações tecnológicas no trabalho: proteção legal para os empregos no Mercado de Trabalho: Renda mínima (As empresas que utilizam tecnologias com substituição da força de trabalho deveriam pagar impostos sobre o lucro, para que fosse criado um fundo que financiasse uma espécie de renda mínima para os(as) trabalhadores(as) desempregados(as);

- Requalificação profissional contínua para reinserção no mercado de trabalho. Os programas de educação e treinamento devem ser cuidadosamente redesenhados para fornecer as qualificações certas para os trabalhadores interagirem e trabalharem com eficiência ao lado das máquinas e impulsionar as habilidades digitais relevantes;

- Podem ser benéficos instrumentos aprimorados para assistência na busca de emprego e realocação de empregos e para mitigar as preocupações associadas ao efeito da mudança da ocupação. A isto pode-se chamar de “transição justa / Just transition” quando aplicada na forma de Política Pública que atinja a toda a força de trabalho.

- Redução da Jornada de Trabalho para 40 horas semanais, ou até menos, sem redução de salário e com controle da hora extra.

No Brasil, ainda não se tem uma regulação específica orientada pelo art. 7º, XXVII, da Constituição de 1988, que projetou uma legislação ordinária para disciplinar a proteção em face da automação.

### **E- Desconhecimento sobre taxas de desemprego resultante do uso destas novas tecnologias**

As pesquisas realizadas periodicamente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), não permitem conhecer as taxas de desemprego provocadas pelas novas tecnologias.

Entende-se como necessária a realização de uma pesquisa qualitativa profunda dos desempregados no Brasil, a fim de se ter uma realidade sobre o total de desempregados decorrentes destas tecnologias, em especial sobre o processo da automatização. Uma pesquisa com a População Economicamente Ativa (PEA) poderia ajudar a compreender os setores que estão em vias de inovar, a relação entre inovação e adoecimento etc.

Importante destacar que mudanças tecnológicas são ferramentas que alimentam sendo alimentadas pela globalização, políticas neoliberais e financeirização da economia, resultando na redução de direitos trabalhistas, aumento do desemprego, crescimento do adoecimento laboral e precarização da vida e do trabalho. A pandemia, sem dúvida, agravou este cenário.

### **F- Era do capitalismo de vigilância.**

Um fenômeno característico da nova ordem neoliberal é a configuração de um capitalismo de vigilância (Meireles,2021), que compreende aspectos legais e éticos bastante complicados.

Vive-se hoje na chamada sociedade do conhecimento, com grande capacidade de pesquisar, produzir informações, inovar, o que está sendo possível com o desenvolvimento dos algoritmos de inteligência artificial e “máquinas inteligentes”, com atuação em

praticamente em todas as áreas importantes não apenas de interesse do capital, nas também no âmbito social. É possível com isto controlar dados pessoais, inclusive dos trabalhadores, incluindo os locais onde estão, o que estão fazendo e quanto tempo utilizam em cada atividade, etc.

Com o advento da Internet e a disseminação de seu uso, tem-se o risco crescente à segurança da informação e a necessidade de ter um maior padrão de controle para proteção das informações pessoais (Dhillon, 2016).

Já estamos vivendo e trabalhando numa Sociedade de Economia Digital/Era Digital em que processos de produção e trabalho acontecem a partir de equipamentos de automação e robotização baseados na programação de algoritmos e de inteligência artificial que caracterizam a revolução 4,0 do mundo do trabalho, onde se encontram diversas tecnologias operando reticularmente, interconectado e convergente, tais como: inteligência artificial, internet das coisas, nanotecnologias, tecnologias digitais, veículos autônomos, robótica, impressão 3D, biotecnologia, ciências dos materiais, armazenamento de energia e computação quântica. Além disso, processos digitalizados e cibernéticos trazem novas formas de acumulação e mobilidade do capital financeiro, facilitam deslocamentos na instalação de processos produtivos de cadeias de produção, desde planejamento e desenvolvimento, diferentes etapas de produção, até estruturas de distribuição logística, com aumento de poder econômico para corporações transnacionais e aumento das desproteções legais para o trabalho digno, incluindo diversas transformações nas configurações do trabalho e das relações de trabalho, como mediadas por plataformas cibernéticas de trabalho.

Para esta questão o grupo efetuou as seguintes propostas:

- Há necessidade de ampliar a participação da sociedade e do controle Social local ou amplificado nas formas de vigilância, monitoramento e controle de trabalhadores e usuários.

- É preciso divulgar e enfatizar a necessidade da transparência das formas de funcionamento e tomadas de decisão dos algoritmos, que cada vez mais impactam a sociedade.
- Há necessidade de proteção legal e ética para uso de banco de dados (LGPD — Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais). Proteção dos dados pessoais de trabalhadores, usuários, uso de big data, incluindo dados biométricos e faciais.

### **G- Desregulação do trabalho em plataformas digitais**

A desregulação do trabalho em plataformas digitais é uma questão grave e urgente, que requer avanços! Apesar dos responsáveis das plataformas defenderem que não estabelecem uma relação laboral com os trabalhadores, as pesquisas demonstram que se trata de uma relação de trabalho marcada pela superexploração e subordinação. O fato delas já terem se espreado para diversos setores (serviço doméstico, cuidado, entrega, saúde, educação, jurídico, dentre outros), atingindo 4,5 milhões de trabalhadores, dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNADC), demonstra o equívoco da criação de leis específicas que criariam a figura do trabalhador de segunda classe e incentivariam o fechamento de empresas tradicionais e a criação de novas plataformas. Deve-se considerar, ainda, que as plataformas levam os ganhos financeiros aos países de origem e não se responsabilizam pela qualidade do serviço prestado, também colocando em risco a vida dos usuários (por exemplo, numa plataforma no setor de saúde)

São propostas do grupo:

- Inclusão de novas variáveis na PNADC para captar quais plataformas existem e qual a realidade dos trabalhadores;
- Inclusão destes trabalhadores na CLT;
- Mudanças na CLT para garantir direitos no que se refere à gestão algorítmica, ao uso dos seus dados pelas plataformas e à discriminação; caso seja necessário, melhor explicitar a questão da proteção legal e ética de uso de dados, tra-

balhadores e usuários na Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD);

- Garantir que as plataformas paguem impostos e cumpram as legislações ambientais nos países em que elas atuam.

## **H- Desconhecimento a respeito das possibilidades e riscos de uso da ia-inteligência artificial**

Os algoritmos inteligentes — chamados de inteligência artificial ou *machine learning* — procuram compreender populações e seus comportamentos (Zuboff, 2019). Sua ação se intensifica quando as pessoas são objeto de tomadas de decisões realizadas por eles. A falta de transparência sobre seu funcionamento indica a tendência de que esses mecanismos segregam determinadas informações, privilegiando outras, reproduzindo padrões de preconceito e discriminação de gênero, de raça e de renda, entre outras, aprofundando ainda mais as desigualdades da sociedade (Meireles, 2021).

É necessário garantir que as pessoas não sejam objeto de tomadas de decisões realizadas por eles, que esses mecanismos não segreguem determinadas informações, privilegiando outras, reproduzindo e agravando padrões de preconceito e discriminação de gênero, de raça e de renda, entre outros, aprofundando ainda mais as desigualdades da sociedade. É preciso garantir que a sociedade, e particularmente os formuladores de políticas, políticos e líderes empresariais, entendam o que é IA e seu potencial para as economias modernas a fim de definir, em conjunto com os envolvidos (trabalhadores, sociedade em geral). Um quadro de regras que envolvam desde a operação de máquinas e sistemas automatizados regulados pela IA, até a interferência no cotidiano das pessoas. Adotar regras sem um bom entendimento e conhecimento de como essa nova tecnologia será implementada pode levar a resultados contrários aos interesses da maioria dos afetados.

É preciso garantir a responsabilização pelas ações danosas que podem decorrer do uso da IA

## **I- Aumento do adoecimento e acidentes no trabalho**

O processo de externalização da produção (terceirização, trabalho em casa), a produção flexível, a gestão por metas e objetivos, o aumento da vigilância está resultando no aumento da precarização do trabalho, expandindo a densidade e a intensidade do trabalho, desrespeitando limites humanos, físicos e mentais, levando ao adoecimento físico e psíquico e até morte de trabalhadores por *karoshi* (morte pelo excesso de trabalho). A vivência cotidiana do novo, no local de trabalho, acarreta não apenas aumento no esforço mental cognitivo no processamento e memorização das contínuas novidades, como resulta em desgaste mental e emocional pelo sentimento de obsolescência, descartabilidade e insegurança socioeconômica claramente relacionados ao trabalho e renda.

Estas modificações no mundo do trabalho vêm sendo realizadas em contexto desfavorável para os trabalhadores. Diversos fenômenos econômicos, políticos e sociais aumentaram a assimetria na relação capital/trabalho, gerando maior desproteção social e redução de direitos sociais e trabalhistas e, conseqüentemente, a despeito dos avanços técnicos e tecnológicos ocorridos no mundo do trabalho, essas inovações não resultaram em melhor qualidade de vida e trabalho para a classe trabalhadora.

A vigilância em saúde dos trabalhadores vem encontrando indicadores de maior sofrimento físico e mental dos trabalhadores, retratando perfil epidemiológico de adoecimento e de lesões incapacitantes e até de óbitos provocados por acidentes de trabalho como um problema importante de Saúde Pública e Coletiva no Brasil.

É necessário estabelecer mecanismos de controle de produção pela classe trabalhadora, tornando-a protagonista, com participação decisiva sobre o planejamento, estabelecimento de metas e, conseqüentes, ritmos e organização do trabalho. Deve ser feita uma adequação do arcabouço legal que inclua mecanismos de controle por parte dos trabalhadores na produção, reduzindo o sistema de vigilância dos trabalhadores no local do trabalho. A população precisa

ser conscientizada sobre a situação epidemiológica dos trabalhadores no contexto atual e da necessidade de mecanismos de prevenção de doenças e acidentes frente às novas tecnologias e modos de produção. Os trabalhadores devem participar desde o projeto para instalação de novas tecnologias, de forma que sua implantação seja discutida com eles. Deveria ser feito, com eles, uma reflexão sobre possíveis situações que poderiam provocar acidentes e doenças e as formas de prevenção.

### **J- Desconhecimento sobre os possíveis impactos das novas tecnologias**

Devido ao ainda pouco conhecimento sobre os possíveis impactos das novas tecnologias, há necessidade da abordagem interdisciplinar e participativa tendo em vista o Princípio da Precaução. Trabalhadores, usuários, e representantes da sociedade devem ter participação nas decisões políticas que envolvem investimentos em novas tecnologias e na reflexão crítica na sua implementação e formas de uso. Todo o necessário deve ser feito para evitar, por um lado que os (as) trabalhadores (as) sejam expostos aos novos materiais e por outro, devem ser desenvolvidos estudos que possam estimar outros impactos no mundo do trabalho e até na sociedade. As deliberações sobre processos industriais e produtos perigosos devem ser transpostas da ponta final do processo — ou seja, quando uma inovação tecnológica já está sendo empregada em larga escala social — para a parte inicial do processo, ou em outras palavras, quando uma inovação tecnológica ainda se encontra em teste para avaliar seu desempenho em termos de eficácia e segurança.

A construção de uma Matriz de Exposição Ocupacional (MEO) poderá constituir-se em um pilar para alavancar os estudos epidemiológicos nos setores econômicos mais afetados pelo emprego de nanotecnologia e outras novas tecnologias, dentre estes a agricultura no Brasil.

### **K- Precarização do trabalho resultante do uso das tecnologias**

Todos os itens abordados acima contribuem com a precarização do trabalho e das condições de vida, seja dos (as) trabalhadores (as) empregados(as), que sofrem com aumento de ritmo de trabalho, ou pela constante apreensão pelo desemprego, pela possibilidade de ser substituído por um robô, seja os(as) já desempregados(as) pelo desemprego tecnológico estrutural ou conjuntural.

É necessário fortalecer o papel das negociações coletivas, organizadas a partir da iniciativa das representações sindicais, acompanhadas por mecanismos de controle estatal, a fim de assegurar o respeito aos direitos fundamentais dos trabalhadores, sem esquecer as perspectivas geradas pelos direitos humanos que suportem eticamente o desenvolvimento e a modernização do meio ambiente do trabalho.

Estas negociações poderiam ter os seguintes componentes, como já presentes no contexto da chamada “Estratégia Europeia de Emprego”: “disposições contratuais mais flexíveis e seguras, tanto do ponto de vista do empregador como do trabalhador; estratégias de aprendizagem ao longo da vida para garantir a capacidade permanente de adaptação e aumento da empregabilidade dos trabalhadores; políticas ativas de mercado de trabalho eficazes, a fim de facilitar a transição para novos empregos e sistemas modernos de seguridade social que fornecem suporte adequado à renda durante as transições.” Estas ações devem ter como princípio a viabilização de um modelo adequado para o fomento do trabalho decente e sustentável, como preconizado, por exemplo, pela OIT.

### **Considerações finais**

Estas considerações foram colocadas pelo grupo da Frente Ampla em Defesa da Saúde de Trabalhadores e Trabalhadoras: “Sem políticas públicas justas, as novas tecnologias no mundo do trabalho provocam exclusão social e ameaçam a classe trabalhadora”.

As novas tecnologias no trabalho devem ser em benefício de todas e todos!

## Referências

AUGUSTO, Lia Giraldo da Silva; FREITAS, Carlos Machado de. **Princípio da Precaução no uso de indicadores de riscos químicos ambientais em saúde do trabalhador**. Artigo Article. Disponível em: <https://bit.ly/42t6smp>. Acesso em: 18 ago. 2021

DHILLON, G.; SYED, R.; PEDRON, C. Interpreting information security culture: An organizational transformation case study. **Computers & Security**, 56(February), 63–69, 2016.

HELSPER, E. J. 2019. Por que estudos baseados em localização oferecem novas oportunidades para melhor compreensão das desigualdades sociodigitais? *In*: NÚCLEO DE INFORMAÇÃO E COORDENAÇÃO DO PONTO BR. **Desigualdades digitais no espaço urbano: um estudo sobre o acesso e uso da Internet na cidade de São Paulo**. Cadernos NIC.br, Estudos Setoriais. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, p. 19-42. Disponível em: <https://bit.ly/45LeYA7>. Acesso em: 26 set. 2021.

MARTINS, Paulo Roberto *et al.* **Revolução Invisível Desenvolvimento Recente da Nanotecnologia no Brasil**. São Paulo, Ed. Xamã, pag 46/47, 2007.

MEIRELES, Adriana Veloso. **Algoritmos e autonomia: relações de poder e resistência no capitalismo de vigilância**. OPINIÃO PÚBLICA, Campinas, vol. 27, nº 1, jan.-abr. 2021.

ORTEGA, Fabiana. **Máquinas terão metade dos empregos até 2025; economia verde puxará oportunidades**. 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3OXKeWx>. Acesso em: 25 abr. 2022.

ROEBENS, J. C. **Mineração e regressão produtiva no Brasil**. OUTRASMÍDIAS. 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3qyF5Kf>. Acesso em: 25 abr. 2022.

ZUBOFF, Shoshana. **The age of surveillance capitalism: the fight for a human future at the new frontier of power**. New York: Public Affairs, 2019.

# CAPÍTULO XVI

## NOVAS TECNOLOGIAS E IMPACTOS NO MUNDO DO TRABALHO

*Patricia Toledo Pelatieri*

### **Introdução**

A inovação tecnológica, caracterizada pela inteligência artificial, internet das coisas, manufatura aditiva, indústria 4.0, automação, digitalização, computação em nuvem, big data, entre outras mudanças, vem transformando rapidamente produtos e processos produtivos, reconfigurando a estrutura das economias. Estas, somadas às inovações de gestão, podem mudar os princípios clássicos de organização de uma empresa: estrutura hierárquica integrada verticalmente, produtos padronizados fabricados em abundância, organização interna priorizada para as etapas de produção e garantia de força de trabalho especializada, com um vínculo de longo prazo e capacitação interna da própria equipe.

No mercado de trabalho, no que lhe concerne, os contratos de trabalho tendem a ser cada vez menos protegidos, mais precários e flexíveis, com jornadas de trabalho ajustadas ao ritmo da produção. Este resultado não é apenas fruto da inovação tecnológica, mas também da ausência de crescimento da economia e da desregulação das relações de trabalho. É visível o aumento dos contratos de prestação de serviços, sem proteção social e jornada definida, e com ambiente e condições de trabalho sob responsabilidade individual.

A automação e digitalização, porém, já promovem mudanças no perfil da mão de obra contratada e no número de contratação de setores tradicionais como comércio, setor financeiro, serviços de saúde, entre tantos.

Todas essas mudanças têm reflexos no mercado de trabalho brasileiro, já tão heterogêneo e dual desde a sua formação.

O objetivo deste capítulo é refletir sobre os impactos já visíveis da introdução das novas tecnologias sobre o trabalho e o emprego e as consequências sobre a negociação coletiva. O artigo revisa os trabalhos realizados pelo Dieese em parceria com o Ministério do Trabalho, com o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), do Ministério da Ciência e Tecnologia e Sesi/Senai, entre outros, prospectando os impactos na ocupação de cada um dos setores.

### **Automação e digitalização – possíveis impactos nas ocupações**

Ao longo dos últimos anos, o Dieese em parceria com diversas instituições se debruçou sobre o debate dos impactos da automação e da digitalização, produzindo estudos com objetivo de avançar na construção de conhecimento crítico e propositivo sobre a disseminação de novas tecnologias e seus impactos no mundo do trabalho.

Para estes estudos, aplicou-se a tradução das probabilidades calculadas por Frey e Osborne (2013), que propõe uma metodologia para tentar mensurar os impactos da introdução de novas tecnologias – automação e digitalização - no nível de emprego nos EUA em diferentes tipos de ocupação, segundo graus de qualificação, escolaridade e complexidade das atividades realizadas. Os autores avaliaram a probabilidade de automação em 702 ocupações do mercado de trabalho dos EUA e estimaram o contingente de trabalhadores que poderia ser atingido por ela. O resultado foi que aproximadamente 47% do emprego total, naquele país, podia ser considerado em risco de automação e digitalização. Esses autores estimaram também que 77% dos empregos existentes na China tinham alto risco de automatização ou digitalização nas próximas duas décadas.

A ideia no Brasil, aplicada pela equipe do Dieese foi, por meio dos dados de estrutura ocupacional da PNADC realizada pelo

IBGE, ou da Rais do Ministério do Trabalho, nos setores mais formalizados, obter o resultado da probabilidade média de automação no Brasil e identificar quais as ocupações tinham alta e muito alta probabilidade de automação e as que tinham baixa ou muito baixa probabilidade de automação.

Os resultados dos estudos com dados do mercado de trabalho como um todo, indicaram que o Brasil possui uma estrutura ocupacional bastante concentrada em ocupações com alto e muito alto risco de automação:

*“de 0,54, com mediana de 0,67. A soma de trabalhadores, em ocupações formais (considerando não só trabalhadores com carteira de trabalho assinada, mas também outros que fizeram a contribuição previdenciária) e informais, que tiveram probabilidade superior ao terceiro quartil, ou seja, com probabilidade de automação alta ou muito alta, foi de 62,7 milhões, em 2018; o que significou 69,0% dos ocupados, nesse ano. Desses, 37,7 milhões eram trabalhadores formais e 25,0 milhões informais (sem carteira assinada e sem contribuição previdenciária)” Em 2018, 80,3% dos trabalhadores informais estavam nessas ocupações, enquanto, entre os formais, 63,0%. (Dieese/MTE, 2019, p. 5)*

O estudo aponta que, grande parte das ocupações com alto ou muito alto risco de automação é de baixa qualificação, sem especialização e, como consequência, com baixo rendimento. Há uma concentração de jovens, negros e negras (73,3%) com baixa escolaridade nestas atividades. O resultado bastante preocupante, uma vez que a substituição dos ocupados por tecnologia pode trazer um grande desemprego, caso não seja feito nenhum tipo de política para minorar o problema.

Já as ocupações *Diretores e Gerentes e Profissionais das ciências e intelectuais*, que possuem baixa ou muito baixa probabilidade de automação, somavam 13,2 milhões de trabalhadores, em 2018. Entretanto, eram 17,7 milhões de ocupados que tinham *Ensino superior*

*completo*, mas apenas 9,8 milhões (55,3%) estavam ocupados como *Profissionais das ciências e intelectuais* e 3,9 milhões, como *Diretores e Gerentes*, indício de falta de vagas disponíveis e não de capacitação.

Com base nesse resultado mais geral para o mercado de trabalho como um todo, foram feitas investigações específicas em alguns setores, como se descreve abaixo.

### ***Setor do Comércio***

Sabe-se da importância do Comércio como gerador de postos de trabalho formais e informais para expressiva parcela de trabalhadores, e sua dinâmica depende essencialmente do comportamento de variáveis, como o nível de emprego e renda, a taxa de juros e as condições da oferta de crédito.

Houve, na última década, uma expansão do Comércio eletrônico e das plataformas digitais, potencializada pela pandemia, de forma a conectar clientes a grandes empresas do Comércio varejista e essa mudança trouxe importantes alterações na dinâmica do setor.

O estudo feito em parceria com o CGEE (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos) intitulado “Desenvolvimento tecnológico e mercado de trabalho: Impactos da expansão do e-commerce no nível de emprego, na estrutura da ocupação e na negociação coletiva” publicado em 2021, apontou, que houve crescimento das ocupações informais a partir de 2017, e ao aplicar a metodologia proposta no setor de comércio observou-se que:

A aplicação da metodologia de Frey e Osborne (2013) ao setor do Comércio revelou que, de um total de 17,2 milhões de trabalhadores, 13,3 milhões estavam em ocupações com risco de automatização alto ou muito alto. Desses, 8,5 milhões eram formais e 4,8 milhões estavam na informalidade. Os resultados indicaram que o Comércio esteve entre as atividades econômicas que concentraram, em 2018, maior proporção de pessoas em ocupações com muito alto

risco de automação e digitalização: agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura, com 63,2%, seguida de Comércio, reparação de veículos automotores e motocicletas, com 60,2%. Ao considerar a contratação com e sem carteira, a proporção de pessoas em ocupações com alto ou muito alto risco de automação e digitalização é maior entre os trabalhadores informais. No Comércio, essa proporção foi de 74,3% entre os formais e de 82,4% entre os informais. (CGEE/Dieese, 2021, p.33)

O estudo indicou uma grande possibilidade de substituição e de fato, já se observa nas contratações a exigência de novas competências relacionadas à área tecnológica em vez da habilidade humana para vendas:

*Se, por um lado, os vendedores tradicionais do Comércio físico possuem alto risco de serem substituídos, por outro, existem indícios de novas demandas de ocupação para esse segmento. Entre as vagas ofertadas estão as de Analistas, Assistentes e Gerentes de e-commerce; Analistas de Marketing Digital; Analistas de Mídia Social, além de programadores. Foram registradas também novas atribuições, como gerenciamento dos processos de vendas on-line, definição dos preços, dos portfólios, das ações de vendas on-line e dos indicadores de performance, entre outras. (CGEE/Dieese, 2021, p.45)*

Finalmente, e apesar dessa maior necessidade de qualificação, a remuneração no setor permanecem iguais e abaixo da média dos rendimentos do País (R\$ 2.120,00 em 2018).

### **Setor Financeiro**

No setor financeiro, o estudo em parceria com o CGEE intitulado “Desenvolvimento tecnológico e mercado de trabalho: Estudo sobre relações de trabalho no setor financeiro” publicado em 2021,

apontou que a introdução de tecnologia não é nova e acontece em ondas desde a década de 1980: a primeira com a adoção de computadores de médio porte e mainframes para registro e consolidação de transações num Centro de Processamento de Dados (CPD) para serem em seguida devolvidos às agências, a segunda com os microcomputadores, que processavam as transações nas agências, de forma online, depois a introdução das máquinas de auto atendimento, mais adiante, os smartphones permitiram a criação dos *mobilis banks*. E mais recentemente, serviços financeiros em plataformas exclusivamente digitais por meio de aplicativos para smartphones que operam com alto conteúdo tecnológico. Embora fazendo serviço bancário, a maioria das *Fintechs* está enquadrada como empresa de tecnologia e atua com base na regulamentação do Banco Central sobre correspondentes bancários.

A aplicação da metodologia proposta indicou que

*muitas ocupações típicas do setor financeiro têm alta ou muito alta probabilidade de automação, ou seja, as tecnologias disponíveis e em desenvolvimento possibilitam que as tarefas associadas a essas ocupações sejam realizadas com pouca ou nenhuma intermediação humana. Entre elas, de acordo com a CBO, destacam-se caixas de banco, escriturários, agentes de seguros, agentes e corretores de bolsa, câmbio e outros serviços financeiros, cuja probabilidade de automação e digitalização está acima de 0,97. Essas ocupações são justamente as que foram fortemente atingidas nas últimas décadas pela introdução de inovações, como as ATM, terminais de caixas interligados aos sistemas centrais de processamento de informações, o internet banking e, mais recentemente, os aplicativos para smartphones e a robotização do atendimento telefônico ao cliente. Entre as ocupações típicas do setor financeiro que têm probabilidade de automação baixa ou muito baixa, estão assessores financeiros e em investimentos, analistas financeiros, gerentes de sucursais de bancos, de serviços financeiros e de seguros e também as ocupações ligadas às áreas de TI dos bancos, como analista de*

*sistemas, especialistas em base de dados e em redes de computadores e desenvolvedores de programas e aplicativos (software).*  
(Dieese, CGEE, 2021, p. 41-42)

De acordo com o acompanhamento do Dieese, entre 2013 e 2019 foram eliminados 83 mil posto de trabalho nos bancos, sendo que 76% desse total foi entre 2016 e 2019. Enquanto cresceu o emprego nas demais empresas do ramo financeiro, como financeiras, seguradoras, operadoras de planos de saúde, correspondentes bancários e mais recentemente, as *fintechs*. Desde 2013, foram gerados 118 mil postos de trabalhos formais no ramo financeiro, excluindo bancos.

Além disso, observou-se um crescimento do trabalho por conta própria no setor, possibilitado pela reforma trabalhista de 2017. Entre 2013 e 2020 o número de trabalhadores por conta própria no setor financeiro passou de 70 mil para 157 mil. Segundo a Comissão de Valores Mobiliários – CVM, os agentes autônomos de investimentos (trabalhadores por conta própria) passou de pouco mais de 7 mil em 2012 para 19 mil no início de 2022.

A pandemia intensificou e acelerou a introdução de novas tecnologias no setor financeiro, de forma a ampliar o atendimento por *smartfone* e *mobile bank*, atendimento por meio de inteligência artificial principalmente via *WhatsApp*, dispensando parte de atendentes. Essas inovações geram enorme economia aos bancos, pois permitem a transferência de expressiva parcela dos custos aos clientes e tem sido utilizada pelos bancos como elemento de ajuste.

Verifica-se uma migração de ocupações típicas do setor financeiro para outros setores, como comércio e tecnologia da informação, com postos de trabalho de menor qualidade e menos protegidos pela legislação trabalhista, pelos acordos e convenções coletivas. De forma que, é possível afirmar que a maior automação tende a aprofundar as mudanças na estrutura típicas do setor financeiro, criando uma possível nova onda de automação e diminuição de ocupações.

## ***Setor da Saúde***

No setor da Saúde, a introdução de novas tecnologias vem ocorrendo de forma intensa, como indicou o estudo do Dieese com o CGEE “Desenvolvimento tecnológico e mercado de trabalho Emprego e relações de trabalho no complexo econômico-industrial da saúde<sup>1</sup>”.

Importa destacar que o estudo indica quais são as tecnologias implantadas no setor de saúde:

- Computação em nuvem: pode auxiliar os profissionais de saúde a otimizar as tarefas, acessar aplicativos com recursos para os que trabalham sozinhos e na comunicação, que é instantânea;
- Tecnologia de quinta geração (5G): a interoperabilidade radical e plataformas abertas tornam as informações mais acessíveis, trocando mais para melhorar a qualidade e eficiências dos cuidados de saúde;
- Inteligência artificial (IA): pode melhorar a precisão do diagnóstico e a eficácia do tratamento;
- Processamento de linguagem natural (PNL): pode apresentar frases faladas e escritas, de acordo com as notas médicas;

---

1. Complexo Econômico-Industrial da Saúde (Ceis) foi concebido no início dos anos 2000. Agendas de pesquisa que visavam a integrar perspectivas de desenvolvimento nacional, aliadas ao aprofundamento dos serviços de saúde, derivaram uma concepção econômica-industrial da área da saúde. A análise de um complexo industrial nessa área, na perspectiva do Ceis, abrange setores ligados direta e indiretamente com a prestação de serviços de saúde. Portanto, uma visão integral do fenômeno econômico da saúde busca auxiliar intervenções e estratégias de desenvolvimento a fim de melhorar o bem-estar social e promover o crescimento econômico. As dimensões que foram consideradas neste estudo se estendem aos setores da indústria (fabricação de produtos farmacêuticos, equipamentos mecânicos e eletrônicos), comércio (produtos farmacêuticos e odonto-médico-hospitalares) e serviços (de saúde e assistência social, incorporando também corretagem e agentes de seguros financeiros). Tais ações, relacionadas ao Ceis, foram organizadas segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (Cnae) .

- Algoritmos: podem reconhecer um conjunto de imagens com maior precisão de um profissional da saúde;
- Plataforma de dados (Daap): pode auxiliar nos procedimentos adotados pelos médicos;
- Realidade aumentada: oferece ao cirurgião acesso a imagens e dados digitais; já os sensores monitoram a saúde do paciente e promovem algoritmos que indicam o melhor tratamento;
- *Big data: pode ajudar na análise de um conjunto de dados não estruturados e reconhecer padrões de pacientes e correlações, além de orientar estratégias e tomadas de decisão.* (Dieese/CGEE, 2021, p. 59)

Sem contar na ideia de Teleconsulta, que foi amplificada pela pandemia:

*O levantamento realizado pela Cisco e Deloitte (DELOITTE GLOBAL, 2020), após a lei ser sancionada pelo Presidente da República em razão da pandemia, mostra que houve aumento significativo das teleconsultas, em especial, nas instituições privadas que já utilizavam em alguma medida a tecnologia, como é o caso do Hospital Israelita Albert Einstein, que é vanguarda no uso de tecnologias em saúde. Lá, passou de 80 teleconsultas/dia para 600 teleconsultas/dia durante no primeiro mês da pandemia; o Doctoralia alcançou o número de 3 mil médicos cadastrados e 14 mil teleconsultas agendadas após duas semanas da liberação formal; Dr. Consulta realizou 2 mil teleconsultas em duas semanas após a liberação formal, e o GSC Integradora de Saúde, após 48 horas da liberação formal, contava com 3 mil médicos cadastrados. Na rede pública, o atendimento remoto foi realizado por meio do TeleSUS para os casos de informações sobre a Covid-19 e teleconsultas na Atenção Primária.* (Dieese/CGEE, 2021, p. 62)

A aplicação da mesma metodologia para as ocupações no Complexo Econômico-Industrial da Saúde – Ceis tem uma menor possibilidade de automação do que a média das ocupações brasileiras. Para as ocupações típicas do Ceis a probabilidade média foi de 0,16 (16%) e a mediana foi de 0,06. Ou seja, as ocupações que se relacionam com a produção e os serviços relacionados à saúde e ao cuidado humano possuem menor probabilidade de digitalização e automação do que as demais ocupações (54%).

Como as mulheres são maioria nos serviços relacionados à saúde e ao cuidado humano, a proporção de mulheres em ocupações com baixa e muito baixa probabilidade de automação e digitalização é maior, ou seja, 36,4% ante 28,5% dos homens. Assim como no total das atividades econômicas do Brasil, os negros ocupados no núcleo do Ceis estão em ocupações com mais alta probabilidade de automação e digitalização, 33,4%, ante 22,6% dos não negros.

O estudo revelou que:

*Embora as tarefas dos profissionais de saúde e cuidado humano sejam menos automatizáveis e digitalizáveis, quando comparadas às demais, as atividades econômicas nucleares do Ceis talvez consistam num setor com grande volume de desenvolvimento de novas tecnologias, formação de bancos de dados para diagnósticos e maior propensão à adoção de novas tecnologias, seja pelo volume de recursos financeiros do setor, seja pelo potencial de realizar diagnósticos e tratamentos em maior quantidade. (Dieese/CGEE, 2021, p. 74)*

O estudo mostrou que as ocupações que exigem menos preparo do para a sua execução, que remuneram menos, ou, ainda, as menos complexas, tendem a ter mais chances de automação.

### **Setor Automobilístico**

Uma parceria entre o Dieese e o Sesi/Senai, permitiu a análise da automação na indústria automobilística sobre a substituição da

mão de obra por tecnologia, por meio da metodologia aplicada nos demais estudos.

Como conclusões principais, percebeu-se que dentro do setor automotivo, em média, há existência de ocupações que tem uma grande probabilidade de automação:

*Como resultado, obteve-se, que as ocupações mais frequentes no setor automotivo possuem uma probabilidade de automação maior do que as demais ocupações da economia brasileira e, em 2019, 38,2% dos vínculos de empregos formais na economia brasileira eram em ocupações com muito alto risco de automação. No setor automotivo, essa proporção foi maior, de 42,4%, sendo resultado, principalmente, da Fabricação de veículos automotores, que foi de 46,0%, enquanto, na Fabricação de autopeças, a proporção foi de 41,2%. (Dieese, Sesi/Senai, 2021, p. 86)*

Para as 30 principais ocupações do setor automotivo a probabilidade média foi de 0,73 e a mediana foi de 0,84. Ou seja, as ocupações mais frequentes no setor automotivo possuem probabilidade de automação maior do que as demais ocupações da economia brasileira.

Após a análise dos dados da Rais entre 2008 e 2019, percebeu-se que, no setor automotivo como um todo, no período da crise 2015 e 2016, os percentuais de trabalhadores em ocupações com alto e muito alto risco de automação caem e as com baixo e muito baixo risco cresce. No período 2017 a 2019, a proporção de vínculos de empregos formais em ocupações com muito alto risco de automação volta a crescer e com baixo e muito baixo risco cai. O que indica claramente um movimento conjuntural, de redução maior dos postos de trabalho na produção direta, decorrentes da crise, do que uma mudança estrutural, de longo prazo, decorrente da adoção de novas tecnologias no setor.

Na fabricação de veículos automotores, o mesmo movimento conjuntural aparece de forma mais acentuada o que dificulta a iden-

tificação de indícios de substituição da mão de obra por automação ou digitalização.

Já na fabricação de autopeças, apesar de se notar o movimento conjuntural produzido pela crise pós 2014, a proporção de trabalhadores em ocupações com muito alto risco de automação se manteve estável ao longo do período, mas, no longo prazo, houve redução da proporção de vínculos de emprego com alto risco e um aumento da participação dos vínculos em ocupações com baixo e muito baixo risco de automação. Esse movimento pode indicar um efeito mais claro da adoção de novas tecnologias na substituição dos trabalhadores.

Com relação ao perfil do trabalhador em ocupações em risco, os dados apontam que no setor automotivo, são os trabalhadores com remuneração média em torno de até R\$ 4.108 que estão mais em ocupações em risco do que os demais. Que os homens em ocupações com menor risco representaram 27,0%, enquanto as mulheres, 21,2% e que entre as pessoas com 65 anos ou mais há uma proporção bem maior de trabalhadores em risco no setor automotivo do que nos demais setores.

## **Os desafios da negociação coletiva e algumas considerações**

Existem muitos desafios relacionados à negociação coletiva e à questão da automação e a digitalização, de forma mais geral e em cada setor.

Desde o final da década de 1970, as entidades sindicais vêm pautando o debate sobre as mudanças tecnológicas e seus impactos sobre o emprego no país. Entretanto, uma análise dos acordos da indústria química e metalúrgica nos anos de 2018 e 2019, indicou que o tema da indústria 4.0 ainda é bastante complexo e pouco se encontrou nos acordos coletivos. Foram achadas cláusulas específicas sobre a nanotecnologia e seus efeitos na saúde dos trabalha-

dores e sobre o trabalho remoto/*home-office*. Porém sobre o tema da indústria 4.0 quase não aparece, talvez porque a substituição da mão-de-obra nem sempre parece ser visível e, como se observou nos estudos, ocorre de forma mais lenta, o que dificulta a percepção de ser a substituição da força de trabalho ocasionada por introdução de nova tecnologia ou apenas por um ajuste devido à movimentos contracionistas da economia.

Nas entrevistas feitas com os sindicalistas nos estudos analisados, nota-se que o foco da negociação é a manutenção do emprego – uma medida antes reativa do que propositiva – que muitas vezes é apenas mencionada como intenção e não efetivamente assegurada. O tema da qualificação profissional, por sua vez, manifesta-se de forma vaga através de compromissos expressos por termos como ‘empenho’ ou ‘envio de esforços’ das empresas na adoção da prática.

Os entrevistados apontam que a temática da indústria 4.0, por diversos fatores, ainda encontra pouco espaço para negociação e a ampliação dos espaços negociais é considerada estratégica para o debate sobre o tema, especialmente as negociações tripartites, com a presença de atores governamentais.

Consideram necessário que os acordos coletivos passem a regular as condições de trabalho e remuneração de amplo contingente de trabalhadores de diferentes categorias e profissões – como, por exemplo, no *e-commerce*, que passou a englobar desde especialistas em novas tecnologias de vendas a entregadores por aplicativos, uma vez que ao serem contratados para desempenhar atividades relacionadas à tecnologia, e no caso do setor financeiro ou do comércio, muitos trabalhadores passaram a ser representados por sindicatos distintos ao do setor.

Entendem que a requalificação do trabalhador é a única forma de se manter o emprego. Por exemplo, no setor financeiro, em que a substituição por tecnologia é muito forte e vem acontecendo há algum tempo, o sindicato negocia a manutenção do emprego, por meio da introdução de cláusulas de treinamento para que o traba-

lhador seja capacitado a trabalhar em outras áreas. O treinamento deve ser garantido pelos bancos ou se negocia o pagamento de um auxílio requalificação.

Os resultados observados nos diversos estudos mostram que há indícios de que este processo está acontecendo de forma muito desigual em intensidade e quantidade nos diversos setores econômicos. Esse fenômeno, somado a desregulamentação do mercado de trabalho formal e a crise econômica, resultam na exclusão de grande parte dos trabalhadores da proteção trabalhista por meio da regulação pública e da negociação coletiva.

É claro que tanto a automação quanto a digitalização são movimentos efetivos nos processos de trabalho. Sem que tenha nenhuma política pública de requalificação, os efeitos sobre o mercado de trabalho brasileiro podem ser desastrosos. Especialmente, para a parcela da força de trabalho que tem baixa escolaridade. Desta maneira, a requalificação profissional passa a ser um instrumento decisivo de apoio para recolocação no mercado de trabalho de trabalhadores impactados pelas novas tecnologias, uma vez que estas podem ampliar um processo de polarização ocupacional, reservando algumas ocupações com alto grau de qualificação e outras com menor necessidade, indicando também a necessidade de se redesenhar os currículos formativos dos cursos e atividades de qualificação profissional.

Importante destacar que, no mercado de trabalho brasileiro, a existência de uma parcela da mão de obra com baixa qualificação e baixos salários pode, por um lado, desestimular a introdução da tecnologia e da automação em alguns setores, por outro, coloca o desafio de se pensar como incorporar parte da mão de obra que perderá seus trabalhos, caso isso venha a acontecer de forma mais intensa.

Por fim, para enfrentar esses desafios, é crucial a implementação de políticas públicas que garantam aos trabalhadores e à sociedade o compartilhamento dos ganhos econômicos obtidos no processo de automação e digitalização do trabalho.

## Referências

CGEE/DIEESE. **Desenvolvimento tecnológico e mercado de trabalho - Emprego e relações de trabalho no complexo econômico-industrial da saúde**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2021. v. 26.

CGEE/DIEESE. **Desenvolvimento tecnológico e mercado de trabalho - Impactos da expansão do e-commerce no nível de emprego, na estrutura da ocupação e na negociação coletiva**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2021. v. 27.

CGEE/DIEESE. **Desenvolvimento tecnológico e mercado de trabalho – Estudo sobre relações de trabalho no setor financeiro**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2021.

DIEESE, MTE. **Relatório técnico metodológico para a análise dos impactos no mercado de trabalho decorrentes do processo de automação e digitalização**. Relatório Técnico, 2019.

DIEESE/SESI/SENAI. **Espaços de negociação frente às mudanças tecnológicas: indústria 4.0**. Relatório de pesquisa, 2021.

DIEESE/SESI/SENAI. **Futuro do Trabalho no Setor Automotivo no Brasil Frente à Incorporação de Progresso Técnico: Análise Exploratória sobre Impactos nas Ocupações em Contexto da Indústria 4.0**. Relatório de Pesquisa, 2021.

FREY, Carl Benedikt; OSBORNE, Michael. **The Future of Employment**. Oxford: Oxford Martin School, Setembro de 2013.

TEPASSÊ, Ângela Cristina. **A substituição tecnológica do trabalho humano no Brasil**. Revista Ciências do Trabalho, São Paulo, n. 16, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3WP9ccE>. Acesso em: 7 jan. 2020.



CAPÍTULO XVII  
**EMERGÊNCIA:  
COMO AS NOVAS TECNOLOGIAS ESTÃO  
AFETANDO A SAÚDE MENTAL DOS  
TRABALHADORES E TRABALHADORAS**

*Jorge Marques Pontes*

Boa tarde a todos!

Sou o Jorge Pontes, escritor, professor universitário, e coordenador do curso de graduação em Gestão Pública e Hospitalar em uma universidade particular de São Paulo/SP. Mestre em Políticas Públicas, especialista em Gestão e Saúde Pública. Doutorando em epidemiologia pela USP.

Agradeço o convite da RENANOSOMA para falar sobre o tema “Como as novas tecnologias estão afetando a saúde mental dos trabalhadores e Trabalhadoras”, o que enseja dizer que falarei sobre tecnologias em ambientes de trabalho como um fator de risco ou de prevenção para o desenvolvimento de transtornos mentais. Já que a “afetação” pode ocorrer positivamente ou negativa sobre a saúde mental do indivíduo. A forma com que me coloquei no problema, analisando a tecnologia como um fator de risco ou de prevenção, sinaliza que tomarei a perspectiva da epidemiologia analisando uma doença enquanto um fenômeno coletivo.

Quero colocar também que embasei esta minha visão epidemiológica em um conceito de “epidemiologia social” que considera a influência das diferentes formas de organização das sociedades na saúde e bem-estar dos indivíduos e dos grupos. Compartilho a opinião de que um estudo que não considerar a cultura dos grupos para determinar fatores de transtornos mentais, utilizando-se apenas de dados quantitativos, tende a não ser exitoso.

No meu estudo de doutoramento sobre a relação entre a utilização de tecnologias por metalúrgicos — indústria 4.0 — e a prevalência de transtornos mentais, eu utilizo um misto de dados quantitativos e qualitativos. Pois existem questionários que ajudam na anamnese (PHQ-9), mas há ainda dados quantitativos e qualitativos e o modelo demanda-controle (Karasek, 1979) que ajudam a minimizar vieses nas análises. Sem querer entrar em detalhes, afinal de contas não é o perfil desta explanação ser extremamente técnico, apenas gostaria de explicar que o modelo demanda-controle se mostrou adequado para identificar o estresse que surge com nas interações em um ambiente de trabalho. Ele é baseado em duas dimensões: as demandas psicológicas e o controle sobre o trabalho. Dito isto, antes de passar para o próximo raciocínio, deixo a dica de leitura de James A. Trostle (2013) e de Aurea Ianni (2012); ambos tratam da cultura como determinante da saúde.

Em 2019, escrevi Trabalho e Tecnociência no Século XXI: Um Olhar Latino-americano que hoje está esgotado, mas planejo relançar no próximo ano, juntamente, com Epidemiologia Gerencial, onde falo sobre epidemiologia psiquiátrica. Nas obras citadas, ao falar de tecnologia como fator de risco para transtornos mentais, considero a conclusão de um Estudo Internacional da OMS sobre Esquizofrenia (2009) feito em nove países, durante dois anos, que apontou que este transtorno tem maior prevalência em países em desenvolvimento do que em países desenvolvidos e industrializados, apontando assim claramente que o contexto socioeconômico e cultural tem mais informações sobre a doença do que o simples diagnóstico.

O questionário PHQ-9 que utilizo no meu doutoramento já se provou eficiente no diagnóstico de transtornos de ansiedade e depressão. Contudo, outros questionários aplicados ao entrevistado e a análise demanda-controle trazem dados adicionais.

## **As tecnologias são fatores de risco ou de prevenção para saúde mental?**

Ora, eu uso uma plataforma (epicollect5) para criar um aplicativo de celular onde o entrevistado responde às questões e, ao mesmo tempo, passa por um diagnóstico através do PHQ-9. O meu orientador, dr. Paulo Rossi de Menezes tem um projeto de um aplicativo de celular chamado Conemo (Araya *et al.*, 2021) que reduziu em 50% sintomas de depressão leve em hipertensos e diabéticos. Ao dizer isto, eu quero apontar exemplos do uso de tecnologias como fator de prevenção de transtornos mentais, obviamente considerando que as citadas foram criadas com este intuito.

Entretanto, seria assim a utopia tecnológica: instrumentos e técnicas criadas para facilitar a vida do ser humano. Esta é a vida ideal, mas para realidade a teoria, na prática é outra coisa. Existem contextos determinantes do resultado do uso das tecnologias.

Nos meus livros citados uso com frequência o exemplo dos mineradores ingleses no século XIX que trabalhavam nas minas de cobre com picaretas e lamparinas. Com a necessidade de aumentar a produção e o lucro, foram criadas as perfuratrizes e a dinamite e já nos anos de 1870 o uso destes instrumentos na mineração fizeram com que não apenas aumentasse a poeira produzida nas minas, mas tornou as partículas mais finas, ocasionando surtos de silicose.

Para operar estes instrumentos era necessário pessoas especializadas e menos trabalhadores. Daí ocorreram demissões, e logo populações inteiras que viviam daquele trabalho estavam desempregadas e doentes. Sem contar que a expectativa de vida dos homens era curta — tanto que o equipamento ganhou o apelido de fazedor de viúvas. E iniciou uma busca por especialistas, pessoas que sabiam operar estes equipamentos, o que gerou uma tremenda tensão nos indivíduos.

Neste exemplo, constatamos a transição tecnológica da picareta a dinamite trazer a doença para uma população e, mesmo sem dados significativos, não é difícil aferir que casos de suicídio e de-

pressão seriam comuns naquela. Esta dedução só possível quando consideramos não apenas a tecnologia empregada, mas todo o contexto cultural e socioeconômico envolvido e daí entender duas coisas torna-se importante:

1) eles não tinham controle sobre o trabalho: não sabiam quanto tempo aguentariam trabalhar até adoecer, nem quanto receberia já que o pagamento era por produção. Simultaneamente,

2) a demanda psicológica era enorme, eles precisavam alimentar suas famílias, deixá-las como mínimo de proteção após sua morte certa e ser especialistas no que faziam — seja operando perfuratriz ou colocando dinamite.

Contemporizando, pensemos na economia de plataforma que temos hoje (entregas e transporte). Qual o contexto cultural e socioeconômico que o usuário (motorista ou entregador) — os quais insistimos em chamar de empreendedor — está envolvido? Ele está lá para construir um patrimônio ou para sobreviver? Pensando no modelo demanda-controle, qual o controle que esta pessoa tem sobre seu trabalho e qual demanda psicológica dela?

A resposta a estas questões podem variar de um indivíduo em um determinado país desenvolvido para um em desenvolvimento, como Brasil. Um operário da indústria 4,0 na Alemanha, possivelmente, dará respostas distintas das de um operário em uma unidade da mesma empresa implantada no Brasil por se tratar de contextos culturais e socioeconômicos diferentes, com demandas e possibilidades de controle sobre o trabalho distintas.

E ainda, não se pode desconsiderar que muitas destas tecnologias, sejam ferramentas ou em nuvem, são controladas por algoritmos ou inteligência artificial que podem alterar em instantes os ambientes de trabalho: aumentar ou reduzir a velocidade de uma linha de produção; majorar as tarifas e taxas pagas.

Em suma, a depender do contexto cultural e socioeconômico, as tecnologias de modo geral podem ser fatores determinantes na prevalência de transtornos mentais, especialmente ansiedade e de-

pressão, em países em desenvolvimento e/ou pouco industrializados ou em grupos de indivíduos explorados, expropriados da possibilidade de atender as demandas que lhes são feitas ou despossuídos do controle sobre a disposição da sua força de trabalho.

## Referências

ARAYA, Ricardo *et al.* **Effect of a digital intervention on depressive symptoms in patients with comorbid hypertension or diabetes in Brazil and Peru:** Two randomized clinical trials. *JAMA*, v. 325, n. 18, p. 1852-1862, 2021.

IANNI, Aurea Maria Zöllner. **Mudanças sociais contemporâneas e saúde:** Um estudo sobre teoria social e saúde pública no Brasil. 2012.

KARASEK JR, Robert A. Job demands, job decision latitude, and mental strain: Implications for job redesign. *Administrative science quarterly*, p. 285-308, 1979.

TROSTLE, James A. **Epidemiologia e cultura.** Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2013.

TUSQUETS, José Luis Martí; GRAU, Miguel Murcia. **Conceptos fundamentales de epidemiología psiquiátrica.** Barcelona (Espanha), Editora Herder, 1987.



# CAPÍTULO XVIII

## O TRABALHO NO CAPITALISMO INDUSTRIAL DE PLATAFORMA E A SAÚDE MENTAL DOS TRABALHADORES E TRABALHADORAS

*Thais Helena de Carvalho Barreira  
Laura Soares Martins Nogueira*

### Introdução

Neste capítulo, abordaremos a relação do trabalho plataformizado, aquele que é organizado, gerenciado e controlado por plataformas digitais de empresas que atuam principalmente no setor de serviços, e a saúde mental relacionada ao trabalho (SMRT) de trabalhadores e trabalhadoras. Para tal, a discussão dos aspectos do trabalho plataformizado evidenciados como fatores de risco psicossocial para o adoecimento mental de trabalhadores/as se apoiará no Modelo de Riscos Psicossociais da Plataformização do Trabalho do INRS (2018) e resultados empíricos de pesquisa<sup>1</sup>.que temos realizado desde 2020 com entregadores ciclistas de empresas-aplicativo<sup>2</sup>. Generalizadamente, o conceito de riscos psicossociais do trabalho – ‘RPS’ é caracterizado como aspectos de conteúdo e formas

---

1. Projeto Fundacentro. Barreira, THC; Nogueira, LSM: “SST para Jovens Trabalhadores do Setor Informal: estudo de caso com entregadores ciclistas de mercadorias”, aprovado pelo Sistema CEP/Conep: Caae 40863320.9.0000.8054 (18/dez/2020). Descrição sucinta deste projeto de pesquisa disponível em: <https://bit.ly/45Qsrqo>.

2. Utilizamos o termo ‘empresa-aplicativo’ para nos referir a “empresas de plataforma de trabalho que realizam serviço de entregas de mercadorias comunicando-se com os/as trabalhadores/as por meio de aplicativos no celular pessoal do trabalhador. Adotando, assim, a forma popularmente utilizada pelos entregadores para referirem-se às empresas nas quais trabalham.

de organização e de relações de trabalho com potencial de induzir ou gerar risco à saúde de trabalhadores/as (INRS, 2021; 2018). O Quadro Sintético do Modelo de RPS do INRS (2018) está apresentado no Anexo I deste capítulo.

Cabe destacar que apesar dos fatores de risco psicossocial serem apresentados e discutidos separadamente, no mundo real, a relação trabalho e processo saúde-doença dos trabalhadores/as é dinâmica e complexa, sendo que no cotidiano laboral, trabalhadores/as estão sempre agindo e reagindo através de estratégias individuais e, quando possível, coletivas, de regulação e enfrentamento das dificuldades e sofrimentos vividos nas situações de trabalho, portanto não constituem polo passivo na relação com a interação multifatorial dos aspectos do trabalho com potencial de risco psicossocial (Barreira, 2022; Seligmann-Silva, 2016; Dejours, 2004). Desta forma, agir para a promoção da saúde e segurança dos/as trabalhadores/as, requer compreender o trabalho que é realizado no mundo real, identificar e reconhecer a presença dos RPS, e realizar o processo de intervenção preventivo técnico e social. Todo este processo de pesquisa e intervenção prescinde de diálogo social interativo com o envolvimento dos trabalhadores através de seus saberes e experiências em situação de trabalho, afinal é igualmente importante resguardar os aspectos positivos do trabalho e transformar os aspectos de conteúdo, forma e processo de organização do trabalho identificados como nocivos à qualidade de vida desses trabalhadores (Abrahão *et al.*, 2013; Barreira; Nogueira, 2022).

### **Saúde mental relacionada ao trabalho: a correlação de aspectos do trabalho com potencial de risco psicossocial do trabalho no processo saúde-doença**

A atividade de trabalho tem papel central na vida das pessoas, pois além de se constituir em fonte de sustento econômico, o trabalho traz sentido social e confere identidade profissional, promo-

vendo potência para a vida e a saúde, contudo alguns aspectos do trabalho podem induzir ou gerar probabilidade aumentada para o adoecimento mental de trabalhadores/as. Os impactos da atividade laboral na saúde mental de trabalhadores/as, apesar de registrados desde os primórdios da medicina do trabalho, em 1700 por Ramazzini, ganhou mais notoriedade com estudos focalizados em SMRT na década de 1950, e as evidências epidemiológicas de correlação causal de aspectos psicossociais do trabalho a partir de dois modelos de RPS que foram sendo confirmados desde o final da década de 1970: i) modelo demanda/controla/suporte social de Karasek (1979; 1990); ii) modelo esforço/recompensa de Siegrist (1986, apud Eu-Osha. Eurofound, 2014).

Assim, generalizadamente, o termo riscos psicossociais do trabalho - RPS refere-se “à probabilidade de que certos aspectos da concepção organizacional do trabalho, como conteúdo, formas de organização e de gestão do trabalho possam resultar em repercussões negativas para a saúde física e mental dos trabalhadores/as, e incluem também os contextos sociais da cultura organizacional que aumentam a probabilidade de ocorrências de violência física, verbal ou moral nas relações sociais no trabalho, com superiores hierárquicos, colegas ou mesmo clientes, usuários, e público atendido na prestação de serviço” (Eu-Osha; Eurofound, 2014: pp.10). Desde a década de 1970, pesquisas demonstram que os ‘RPS’ podem provocar, desencadear e agravar diversas formas de adoecimento ocupacional, físico e mental, como: i) LER/Dort (distúrbios musculoesqueléticos relacionados ao trabalho); ii) problemas cardiovasculares; iii) transtornos mentais e psicossomáticos relacionados ao estresse ocupacional, e síndrome pós-traumática; iv) síndrome de esgotamento mental ou Síndrome de Burnout; v) transtorno obsessivo-compulsivo (TOC); e vi) outros transtornos de ansiedade (INRS, 2021; Eurofound; Osha-Eu, 2014; Who, 2008).

## **Capitalismo industrial de plataforma: a reorganização do trabalho oportunizada pela inovações tecnológicas das plataformas digitais**

A plataformização do trabalho foi uma das maiores transformações no mundo do trabalho que vem sendo utilizada desde o início dos anos 2000 e é emblemático para o trabalho do futuro nesta ‘Era da Sociedade da Economia Digital’, pois esta configuração de trabalho vem sendo utilizada em diferentes modelos de negócios, de processos de trabalho e de relações contratuais com trabalhadores/as e com os/as clientes. Empresas utilizam-se da infraestrutura e das possibilidades tecno-informacionais das plataformas cibernéticas e das tecnologias da informação e comunicação (TICs) para produzir, organizar e administrar serviços com estabelecimentos produtores, compradores, fornecedores e de comércio, pareando demandas de clientes e o recrutamento de trabalhadores/as por meio de programações em inteligência artificial e gerenciando a força de trabalho através de mecanismos de gestão do trabalho por meio de algoritmos (Ilo, 2018a; 2018b).

De início, as atividades laborais realizadas em plataformas digitais eram abordadas como configurações de relações de trabalho atípicas de empresas-plataforma, e estas demandas de trabalho eram classificadas dentro da economia de bicos (‘gig economy’), vistas como trabalhos ocasionais, realizados na informalidade e utilizadas pelos trabalhadores para complementar renda (De Stefano, 2016; Ilo, 2018a; 2018b). Contudo, em países de economias dependentes, como o Brasil, o setor informal, historicamente, não representa apenas o trabalho de “bico”, mas constitui a fonte de renda majoritária, e o trabalho plataformizado contemporâneo constitui a única fonte de renda para muitos trabalhadores jovens<sup>3</sup>, afinal é a oportunidade do “trabalhar para viver” em situações de crises econômicas, des-

---

3. Souza et al, 2021, relatam que em 2019 mais de 40% dos jovens estavam ocupados há mais de um ano em plataformas, sendo 12% há mais de três anos.

regulamentação do trabalho e consequentes níveis aumentados de desemprego (Grohman, 2021; Sousa; Pochmann; Bonone, 2021; Abilio, 2019). No Brasil, o aumento da procura da classe trabalhadora por este tipo de trabalho plataformizado sob demanda, principalmente como motoristas e entregadores de empresas-aplicativo, aconteceu com as reformas trabalhistas e o fortalecimento das políticas neoliberais, e foi ainda mais impulsionado com as restrições sanitárias da pandemia da Covid-19 (Barreira; Nogueira, 2022; Antunes, 2020a; 2020b; Pochmann, 2016).

O trabalho plataformizado vem sendo classificado em duas grandes modalidades de trabalho: a) o ‘crowdwork’ que envolve a demanda por variadas ‘micro-tarefas’ relativamente simples ou por tarefas sofisticadas, como serviços de revisão e tradução de textos e de produtos mais sofisticados que requerem qualificação especializada, muitos produzidos ainda offline, mas demandados para multidões de trabalhadores/as no mundo todo e entregues online no ambiente virtual da plataforma; e o b) ‘trabalho sob demanda’, como no serviço de transporte de passageiros e de mercadorias, que requer ser realizado de forma presencial e geograficamente localizado, e que é monitorado e gerenciado, através de aplicativos específicos; contudo já se observam a presença de empresas-plataforma organizando e gerenciando o trabalho sob demanda no setor jurídico, saúde, educação (Cardoso; Garcia, 2022; De Stefano, 2016).

Estudos e pesquisas nacionais e internacionais revelam diversas preocupações sociais com o trabalho plataformizado, como algumas destacadas aqui: i) as empresas-plataforma não pretendem seguir regulamentações de proteção social, trabalhistas e previdenciárias, e mantém baixas remunerações no formato de pagamento por tarefa concluída e entregue; ii) não mantém vínculo de trabalho com contratualidade clara e transparente de todas as regras de trabalho com os/as trabalhadores/as; iii) não garantem nenhuma estabilidade temporal de renda, pelo contrário, as demandas por trabalho

das empresas-plataforma são irregulares e incertas; e iv) empregam relações sociais e trabalhistas com tratamento injusto e destituído da voz do trabalhador, por exemplo, em alguns trabalhos de *crowdwork* demandados para grandes multidões concorrenciais, muitos trabalhadores relatam que trabalham, entregam o serviço e não são remunerados pelo cliente demandante, pois este pode escolher apenas uma das entregas para ser remunerada, inclusive fazendo uso das demais entregas, sem precisar remunerá-las (Amorim; Cardoso; Bridi, 2022; Abilio, 2019; 2020; Antunes, 2020a; 2020b; Sousa; Pochmann; Bonone, 2021; Ilo, 2018a; 2018b).

Devido à popularidade mundial da empresa-plataforma Uber<sup>4</sup>, o termo *uberização* do trabalho passa a ser utilizado para denominar essa forma de reorganização do trabalho em que empresas-plataforma provocaram formas de precarização das relações e das condições organizacionais do trabalho dentro do Capitalismo de Plataforma (Abilio, 2019; 2020; Antunes, 2020b; Pochmann, 2016). A *uberização* do trabalho *plataformizado* foi resultante de processos históricos em que transformações econômicas, políticas e sociais decorrentes de décadas de políticas neoliberais e crises econômicas contextualizaram diversas mudanças no mundo do trabalho como processos de reestruturação produtiva internacional e flexibilização trabalhista, com eliminação de direitos trabalhistas e previdenciários, associados a processos de globalização e financeirização das economias com integração de mercados e liberação de fluxos financeiros e de investimento entre estados-nações (Sousa; Pochmann; Bonone, 2021; Antunes, 2020a; 2020b; Grohman, 2020; Abilio, 2019). O ‘*uberismo*’

---

4. Cabe mencionar que, deve haver cuidado para o uso do termo *uberização* para as estratégias empresariais de reorganização do trabalho *plataformizado*. O entendimento atual evidencia que este modelo de negócios organizado por empresas-plataforma não precisa ser fundado na ‘precarização do trabalho. Além disto, a ‘precarização *uberizada*’ não foi iniciado pela empresa-plataforma Uber, e nem se restringe a ela (Abilio, 2019; Pochmann, 2016).

passa a ser compreendido como um novo momento do capitalismo industrial, na sequência histórica do taylorismo-fordismo, e do toyotismo representando uma nova fase do processo de industrialização contemporâneo em que os princípios estruturantes da produção industrial são mantidos e um aprofundamento da lógica do capitalismo industrial é colocado em curso por estratégias organizacionais e mecanismos de gestão inseridos na programação de algoritmos, que serão discutidos neste texto, em que a exploração e dominação do capital está radicalizada, e, portanto, argumenta-se que esta reorganização do trabalho seja abordada como Capitalismo Industrial de Plataforma (Amorim; Cardoso; Bridi, 2022). No Brasil, a preocupação com a resultante precarização do trabalho plataformizado ganha força, também, ao se constatar que com o agravamento das dificuldades nas ofertas de emprego e renda, decorrentes das reformas trabalhistas e principalmente após o contexto da crise pandêmica da Covid19, o trabalho plataformizado vem se ampliando e se espalhando, inclusive para setores tradicionalmente formais da economia (Cardoso; Garcia, 2022).

### **O conceito do trabalho digno/ decente como 8º objetivo de desenvolvimento sustentável na agenda de ações 2030 da ONU e da OIT**

Cabe destacar que esta precarização do trabalho encontrada nestes tipos de trabalho plataformizado contraria frontalmente as diretrizes políticas internacionais da Organização Internacional do Trabalho (OIT/ 'ILO') em defesa de empregos de qualidade em conformidade com o conceito de trabalho digno/ decente para todos/as (Ilo, 2023) e da Organização das Nações Unidas (ONU, 2023) que inseriu a promoção do trabalho digno/ decente dentro da "Agenda

Internacional 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”<sup>5</sup>. Apesar deste conceito ter sido formulado em 1999, a comunidade internacional e diversos entes formuladores de políticas internacionais, adotaram-no como o 8º Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) visando fomentar o crescimento econômico sustentável e inclusivo, com eliminação da pobreza (ONU, 2023). O conceito do trabalho digno/ decente incorpora alguns fundamentos como: i) trabalho produtivo com remuneração justa; ii) garantias de segurança e saúde no meio ambiente de trabalho e proteção social para todos/as; iii) o fomento de melhores perspectivas de desenvolvimento pessoal e integração social; iv) a garantia de que o/a trabalhador/a tenha oportunidade de voz no e sobre seu trabalho, que haja garantias de liberdade para as pessoas expressarem suas preocupações, se organizarem e participarem das decisões que afetam suas vidas; e v) que garanta igualdade de oportunidades e tratamento para todas as mulheres e homens (ILO, 2018a; 2018b; 2023).

No campo da Saúde dos/as Trabalhadores/as, a precarização do trabalho produzida pela reorganização do trabalho das empresas-plataforma, que serão discutidas aprofundadamente a seguir, preocupa pela presença de diversos aspectos do trabalho que constituem reconhecidos fatores de risco psicossocial, e que, portanto, integradamente podem resultar em desgaste da saúde, desencadeando e agravando diversas formas de adoecimento mental, físico e

---

5. A Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS): metas a serem atingidas por uma Agenda de Ações até 2030. Este 8º ODS requer que as organizações assegurem direitos trabalhistas, especialmente aqueles definidos como fundamentais, tais como o i) direito ao meio ambiente de trabalho seguro e saudável, com eliminação de todas as formas de discriminação e assédio moral no trabalho, e erradicação de todas as formas de trabalho forçado, trabalho infantil e aqueles análogos à escravidão; ii) direito de negociação coletiva e liberdade sindical; iii) promoção do emprego produtivo e de qualidade, com remuneração justa; iv) ampliação da proteção social; e v) liberdade de expressão e fortalecimento do diálogo social. (Disponível em: <https://bit.ly/2SIScs0>).

psicossomático, que podem também estar invisibilizados pela falta de vigilância epidemiológica no setor informal do Brasil (Amorim; Cardoso; Bridi, 2022; Barreira, 2021; Moreira, 2020; INRS, 2018).

### **A plataformação do trabalho de motoristas e entregadores de empresas-aplicativo e a presença dos riscos psicossociais à saúde mental dos trabalhadores/as**

Neste texto, vamos delimitar a discussão sobre a relação do trabalho plataformizado e a saúde mental dos trabalhadores/as nos setores de transporte individual de passageiros e de entregas de mercadorias, por se ter mais informações sobre a presença dos fatores de riscos psicossociais nestes tipos de trabalho e também podermos ilustrar a presença destes RPS com relatos diretos de entregadores ciclistas e outros encontrados em net-etnografia em nossa pesquisa. Ao longo desta discussão, alguns dos relatos coletados foram inseridos como nota de rodapé, para trazer a voz, pensamento e sentimento, dos/as próprios/as trabalhadores/as sobre o seu trabalho e os RPS.

No trabalho sob demanda, organizado e gerenciado por empresas-aplicativos, propaga-se a ideia de que não manter contrato de trabalho com jornada de trabalho e remuneração pré-fixadas promove classificação e recompensa financeira meritocrática para os trabalhadores-‘empreendedores’ incentivando a concorrência individualista, propalando a ideia de que a remuneração seria proporcional ao esforço individual direcionado para atender as demandas distribuídas pela empresa e induzindo a crescente disponibilidade do trabalhador, e levando-o a ultrapassar seus limites humanos, físico e mentais (Cardoso, 2022; Abilio, 2019). Como exemplifica Abilio (2020), para o trabalhador de empresa-aplicativo, as regras de trabalho e de remuneração são obscuras, incertas, unilaterais e arbitrárias, e neste ‘despotismo algorítmico’, mesmo percebendo que as regras mudam em diferentes contextos de espaço-tempo, a única

verdade deste trabalho que não se modifica é “*trabalhar no escuro dando o melhor de si*”:

Estar disponível sem ser utilizado não significa ser desnecessário. Cada menino negro dormindo na praça com a cabeça dentro de uma bag é um elemento mapeado, um ponto que integra a cartografia das dezenas de milhares de pontos distribuídos pela cidade. Pontos que deverão ser ligados da forma mais eficiente – na relação tempo-espço – à demanda. O gerenciamento algorítmico hoje vigia-gerencia cada indivíduo e ao mesmo tempo o fluxo da multidão. Os arranjos cotidianos do trabalhador – as estratégias cotidianas de sobrevivência – são também incorporadas como dados, elementos da gestão, geram novos comandos, que, do lado, do trabalhador, fomentam novas estratégias. Nessa desigual retroalimentação permanente, as empresas detêm todas as regras do trabalho. (Abilio, 2020)

O algoritmo é formulado pelas empresas para assegurar a coleta de dados contínua, durante e fora do tempo de trabalho, no dia a dia de multidões de trabalhadores recrutados e cadastrados, e fornece uma leitura pessoal e intra-individual de cada trabalhador alimentando bancos de dados que permitem descrever tendências e estilos de vida, entre outras informações e, portanto, monitora, classifica e controla os trabalhadores (Bruno, 2008). Algumas classificações desses dados coletados podem ser inferidas pela forma gamificada do gerenciamento algorítmico, utilizando a gestão por metas e objetivos em que a empresa-plataforma atribui pontuações, prêmios com bônus, e sanções através de baixas pontuações e bloqueios temporários (suspensão do trabalho) e definitivos (desligamento completo). Os critérios utilizados por essas empresas não estão sempre claros, e em meio a tantas incertezas quanto às regras de trabalho e de remuneração, a vivência de descartabilidade e descaso com sua pessoa, aumentam o temor e a insegurança de perder aquela fonte

de renda<sup>6</sup> (Amorim; Cardoso; Bridi, 2022; Festi; Oliveira, 2022; Barreira; Nogueira, 2022; Abilio, 2020). A partir da vigilância e monitoramento contínuo que o algoritmo oportuniza, verifica-se que a pontuação calculada ao longo do dia, semana, do tempo dedicado ao trabalho, determina a distribuição quantitativa de tarefas, e mesmo de características distintas destas como o grau de dificuldade e tempo requerido para sua conclusão, e, portanto, da facilidade e do quantum poderá alcançar de remuneração. Entretanto, um imprevisto ou uma falha, pode mudar tudo, e esta é a queixa mais frequente dos/as trabalhadores/as, isto é, os critérios utilizados pelas empresas-plataforma, além de obscuros, não parecem ser isonômicos e nem justos<sup>7</sup> (Barreira, 2021; Moreira, 2020).

Estudos corroboram que existe um mapeamento de dados pessoais e do grau de dependência financeira deste trabalho que permite induzir o trabalhador a ultrapassar seus limites físicos e mentais, e enfrentar riscos e perigos do mundo real do trabalho (Sousa; Pochmann; Bonone, 2021; Abilio, 2019). No caso de motoristas e entregadores, recusar uma demanda de trabalho da empresa-aplicativo significaria assumir sanções como perder pontuação e vir a ser bloqueado (Cardoso, 2022; Barreira, 2021; Moreira, 2020). Assim,

---

6. Os relatos a seguir ilustram queixas frequentes:

- *“...Existe uma pressão psicológica: você nunca sabe todas as regras, quando você acha q entendeu, você toma uma surpresa! Não é claro tudo que pode provocar um bloqueio, ou uma suspensão temporária...”*

- *(em grupo de Facebook): “Alguém sabe dizer o q pode ter acontecido com minha conta????? Estou a dois dias online e não toca nada. Sempre tocou normal pra mim.”*

7. Outros Relatos:

- “A gente fica esperando ser chamado junto com os motociclistas, na porta do ‘shopping’, e a gente vê moto saindo pra fazer entrega de um lanche pra 2 km. E a gente é chamado para pegar uma caixa de cerveja, por uma taxa mais baixa. Não parece justo”.

- “... ontem a noite tava fazendo uma entrega e meu pneu da bike furou e tava faltando 1,5 km; eu liguei para o suporte e falei o ocorrido eles falaram que iam cancelar a entrega...Eu perguntei várias vezes se isso iria afetar minha conta, ela falou que não que eu iria receber normalmente os pedido no dia a dia... Hoje pela manhã aconteceu isso...Disse que eu fui BLOQUEADO”.

a regra dessas empresas induz a disponibilidade do/a trabalhador/a em aceitar todo tipo de demanda, o que faz com que ele/ela assumam riscos por circular em locais com maior índice de violência urbana, em horários noturnos que são mais perigosos de trabalhar, sob situações climáticas adversas, como dias chuvosos em que o risco de acidentes nas vias urbanas é maior<sup>8</sup> (Barreira; Nogueira, 2022; Amorim; Cardoso; Bridi, 2022; Cardoso, 2022; Abilio, 2020; Festi; Veras, 2022; Kalil, 2019).

Assim, neste trabalho sob demanda, as empresas se utilizam de algoritmos para radicalizar a intensificação do trabalho resultante da gestão por metas e objetivos, através da vigilância e controle digital, e de mecanismos de gamificação como discutido anteriormente, promovendo a auto-aceleração, o engajamento que não presta atenção nos limites do corpo, no cansaço mental e nos riscos à sua segurança. Trata-se de estratégias empresariais da gestão pelo medo e pelo estresse e que resulta em contínua insegurança e imprevisibilidade quanto ao rendimento a ser auferido ao final de uma jornada de trabalho, e mesmo quantas horas se deve trabalhar para alcançar a remuneração necessária ao sustento.

Esta contínua insegurança econômica é amplificada por vivências de discriminação, descartabilidade, desrespeito, descaso e invisibilidade (Amorim; Cardoso; Bridi, 2022; Cardoso, 2022; Barreira; Nogueira, 2022; INRS, 2018). Os trabalhadores destacam muito o descaso dessas empresas com as situações que ocorrem em decorrência da violência urbana nas ruas, nas situações de

---

8. Alguns relatos: “- *Eu já ajudei a socorrer colegas. Você já viu o que acontece? Quando ocorrem quedas de moto ou bicicleta, o corpo esfrega no chão e rala tudo. ...nem sempre existe uma porrada; o que existe é uma “arrastada no chão”. Essas cenas me apavoram! Faça tudo para que isso não aconteça comigo nunca.*” Olha, basta a velocidade de um carro perto de você e ele joga você longe com a bike; afinal, você não consegue correr muito com a bike, porque bike “não corre” que nem moto, né!”

- “*Você tem que andar com o botão de aceitação automática de entrega ligado, caso o botão fique desligado, você pode ser punido e pára de receber chamadas*” (sofrendo um bloqueio).

assimetria de poder e de vulnerabilidade social com clientes difíceis, com estabelecimentos-fornecedores que os discriminam, ou mesmo quando são bloqueados injustamente pelo algoritmo e não encontram apoio e nem tem oportunidade de voz junto à empresa-aplicativo. Quando o trabalhador se vê punido, ou recebendo uma baixa pontuação de um cliente injustamente, não existe escuta para o relato da sua versão, de esclarecimentos sobre o que ocorreu, da oportunidade de argumentação e de contra-argumentação. A falta de diálogo e escuta para suas argumentações e versões sobre os fatos ocorridos é uma queixa muito frequente<sup>9</sup>.

O gerenciamento algorítmico não é eficiente e eficaz apenas porque é um recurso da inteligência artificial que permite o controle e pareamento de uma multidão de demandas de clientes com a disponibilidade espaço-temporal de uma multidão de trabalhadores/as; mas ele é eficientemente empregado como um dispositivo tecnológico de vigilância e controle de cada trabalhador/a que permite o exercício da subordinação e da extração de sobretrabalho, colocando em prática mecanismos de manipulação e dominação, com a intenção de induzir e direcionar certos comportamentos (Amorim; Cardoso; Bridi, 2022; Festi; Oliveira, 2022; Meireles, 2021).

Com o argumento de que não há contratos de trabalho estabelecidos entre as empresas-plataforma e os trabalhadores, a gestão algorítmica e gamificada do trabalho vai operando mudanças nas

---

9. Num Carnaval em Olinda, cliente estrangeira pede um lanche no hotel na parte mais alta do morro, entregadora faz todo tipo de esforço para conseguir chegar lá, mas após 40 minutos tentando, se vê obrigada a desistir e é desligada da empresa-aplicativo: Seu relato: ***“Não tinha jeito de subir até o hotel! Nem a pé, carregando a bicicleta... eu poderia ser arrastada pelos blocos. ... não podia deixar a bicicleta em qualquer lugar na rua que eu não ia mais ver a minha bike na volta... Após 40min., trocando mensagens com a cliente e com o atendimento do aplicativo, eu desisti! Na hora fiquei tranquila, fiz tudo o que eu podia, tinha todas as provas: das conversas, fotos e o GPS no celular, de todas as tentativas rodeando o morro do hotel. Tudo acompanhado pelo aplicativo. Mas que nada! Acabou que perdi aquele trabalho; fui bloqueada definitivamente.”***

regras de trabalho e remuneração na direção unilateral e arbitrária do interesse da produtividade que assegura o melhor custo-benefício para as empresas (Amorim; Cardoso; Bridi, 2022; Festi; Oliveira, 2022; Abilio, 2019; 2020). Desta forma, a configuração de trabalho operada por estas logrou integrar os recursos avançados da inteligência artificial e das tecnologias da informação e da comunicação com a insuficiente regulamentação do setor tecnológico, e principalmente com a ausência de qualquer regulamentação para a programação, critérios, uso e transparência dos algoritmos, permitindo uma liberdade arbitrária e obscura, que vem sendo praticada no Capitalismo de Plataforma, e que vem privilegiando a defesa de interesses privados das corporações e, como verifica-se no setor de negócios, o LGPD<sup>10</sup> não está conseguindo integralmente garantir a defesa dos direitos de privacidade e de proteção dos dados pessoais. A lógica da governança algorítmica precisa ser retomada por regulamentações que atendam às necessidades da sociedade como um todo (De Stefano, 2022; Fonseca, 2022; Abilio, 2020; Meirelles, 2021). Como descreve Abilio (2019: pp. 5 e 6):

---

10. A LGPD - Lei Geral de Proteção de Dados (Lei 13.709, de 14/agosto/2018) “*dispõe sobre o tratamento de dados pessoais, inclusive nos meios digitais, por pessoa natural ou por pessoa jurídica de direito público ou privado, com o objetivo de proteger os direitos fundamentais de liberdade e de privacidade e o livre desenvolvimento da personalidade da pessoa natural*”. Dentro do conjunto de dados pessoais, além dos dados sobre crianças e adolescentes, existe a preocupação com os dados ‘sensíveis’, que exigem mais atenção e cuidado, pois revelam origem racial/ étnica, convicções religiosas/ filosóficas, opiniões políticas, filiação sindical, questões genéticas, biométricas e sobre a saúde e vida sexual de uma pessoa. Entidades públicas e privadas, se tiverem o consentimento explícito da pessoa e rigor ético na finalidade pretendida, também podem tratar os dados sensíveis. Sem consentimento do titular, a LGPD permite o acesso quando for indispensável para uma obrigação legal; políticas públicas; estudos via órgão de pesquisa; para um direito em contrato ou processo; à preservação da vida e da integridade física de uma pessoa; à tutela de procedimentos feitos por profissionais das áreas da saúde ou sanitária; à prevenção de fraudes contra o titular.

Algoritmos não são neutros. O gerenciamento algorítmico é a possibilidade de traduzir modos de vida, relações sociais, trajetórias e desigualdades em dados administráveis que produzirão e reproduzirão desigualdades e mecanismos de exploração do trabalho. É a possibilidade de designar corridas para a favela para o motorista negro e para o centro de São Paulo para o motorista branco. É a possibilidade de ofertar uma bonificação ao motoboy-pai-de-família quando anoitece e ele estava indo para casa. É a possibilidade de engajar o trabalhador disponibilizando mais corridas hoje e quase nenhuma amanhã.... aumento do valor do trabalho quando chove, rebaixamento do valor quando há muitos trabalhadores disponíveis, organização da distribuição do trabalhador no espaço e no tempo. E não se trata apenas de definir as regras do jogo, mas como o jogo termina. Resumindo: o mesmo sistema que te oferece a bonificação quando você alcançar a nona corrida se arriscando na chuva é o que define se a nona corrida irá para você.

Assim, a intensificação do trabalho é resultante da forma como essas empresas se utilizam da inovação tecnológica baseada na programação da inteligência artificial para o gerenciamento algorítmico gamificado, já descrito, em que a gestão por metas e objetivos como era realizado no toyotismo, está integrada com práticas empresariais da época dos primórdios da revolução industrial como o pagamento por peça de produção, baixas remunerações, e demandas por longas jornadas de trabalho que chegam a atingir mais de 12 horas/dia, além da constante insegurança socioeconômica com seu vínculo trabalhista e renda auferida por este, devido à ausência de garantias trabalhistas e previdenciárias (BBC, 2019). Assim, o contexto dos processos neoliberais induziu no trabalhador a ideologia do trabalhador *'just in time'*, aquele que quanto mais disponibilizado se mantiver para a empresa, mais recompensas obterá pelo seu esforço

desmedido<sup>11</sup> (Amorim; Cardoso; Bridi, 2022; Abilio, 2020; De Stefano, 2016; Pochmann, 2016).

O trabalhador da empresa-aplicativo está, portanto, uberizado: trata-se do trabalhador *'just in time'* (Abilio, 2020; De Stefano, 2016) que custeia sozinho seus meios e instrumentos de trabalho, e que recebe remunerações baixas como pagamento por entrega concluída dentro de metas temporais que não remuneram o ciclo completo de tempo do processo de trabalho realizado, e que, na conjuntura de desemprego, em que a empresa-plataforma conta com maior oferta de trabalhadores/as, a remuneração pode ainda ficar mais reduzida devido à grande concorrência. Em decorrência de regras de trabalho e de remuneração variáveis/ mutantes, e da imprevisibilidade de remuneração contínua por bloqueios ou uma distribuição de chamadas incerta, este/a trabalhador/a prolonga suas jornadas de trabalho sem qualquer adicional por hora-extra, e muitas vezes, sem intervalos intrajornadas e interjornadas suficientes para o descanso psicofisiológico, alimentação e tempos para autocuidado, lazer e relações sociais e familiares, o trabalhador se vê atemorizado com a possibilidade de não atingir a renda diária e mensal de que necessita e é induzido a assumir riscos financeiros e materiais alheios à sua governabilidade no processo de produção do seu serviço, como roubos, quebras de equipamentos, e acidentes de trabalho que podem levar à incapacidade temporária e até a acidentes fatais, como tem ocorrido (Cardoso, 2022; Barreira; Nogueira, 2022; UFBA, 2020; Abilio, 2019; Kalil, 2019).

---

11. Relatos coletados em entrevistas:

- *“a falta de emprego e queda de rendimento demanda muito do psicológico, existem muitos entregadores com depressão, pois estão cheios de dívidas que não deram conta de pagar. O valor da remuneração é sempre incerto, indefinido, o que gera muita insegurança.*
- *“O sistema de algoritmo é quem estabelece a distribuição de chamadas. De alguma forma existe uma pontuação interna, mas não se conhece detalhes dos critérios ...*
- *“Você nunca sabe quanto você vai conseguir tirar de renda até o fim do dia. Então, você segue trabalhando até não aguentar mais...”*

No caso dos motoristas e entregadores de empresas-aplicativo, a ocorrência de variabilidades, falhas, e imprevistos dentro do seu ciclo de trabalho, frequentes, como problemas com o veículo de transporte, intercorrências nas vias de deslocamento, ou até pela ocorrência de um acidente de trabalho fatal no trânsito consistem em situações que estão fora do seu controle (do seu poder de agir), e são desconsideradas pela empresa, e ainda desencadeiam ameaças para o/a trabalhador/a de não receber qualquer remuneração pelo trabalho realizado porque não foi concluído dentro da meta determinada pela empresa. São muitos os casos relatados pela imprensa de entregadores acidentados no trabalho em que a empresa sequer prestou qualquer tipo de auxílio, e ainda pelo contrário seguiu com seus mecanismos de sanção porque a entrega não foi concluída. Um caso extremo destes foi relatado pela The Intercept (2022): “Yuri morreu fazendo entrega para a IFood; 11 dias depois, em seu celular aparece a mensagem: Tudo bem por aí? Sua conta foi desativada por má conduta.”

Outro tema que gera muitas queixas dos entregadores está relacionado às avaliações de desempenho de clientes cujos critérios de pontuação estão fora do seu poder de agir, afinal são inúmeras as situações em que clientes atribuem baixas pontuações por falhas, imprevistos ou faltas dos estabelecimentos-produtores, fornecedores e comerciais das mercadorias e alimentos a serem entregues. Há inúmeros relatos de sanções imputadas aos entregadores que ocorreram no preparo e na conferência do pedido do cliente, na separação para a retirada, e até na qualidade da embalagem do alimento que causou prejuízos na qualidade da entrega final, na estética, na temperatura, na quantidade, por exemplo. Esse tipo de situação frequente frustra o empenho do entregador e aumenta seu desgaste físico e mental pois constitui mais um mecanismo de pressão para ele/ela lograrem a remuneração pretendida. Dois relatos ilustram situações em que o entregador não tem como garantir

a satisfação do cliente com o alimento entregue<sup>12</sup>, ou com a meta temporal prevista pelo aplicativo<sup>13</sup>.

O impacto dessas situações de assimetria de poder nas diversas relações sociais vivenciadas pelas ruas, no seu cotidiano de trabalho, pode ser identificado pelos relatos de situações vividas e pelos sentimentos expressos como solidão ao ter de resolver diversas situações de impasse, de contradições no trabalho real, sem qualquer apoio da empresa-aplicativo, chegando a trazer sentimentos de “derrota” quando falham no trabalho<sup>14</sup> (Amorim; Cardoso; Bridi, 2022; Baireira; Nogueira, 2022; Abilio, 2019). A falta de reconhecimento do vínculo trabalhista de subordinação às regras de trabalho e de remuneração determinadas pelas empresas coloca esses trabalhadores na categoria de trabalhadores informais. E, como o trabalho sob demanda é distribuído pelas empresas-plataforma, o/a trabalhador/a se vê continuamente inseguro/a quanto à manutenção do seu trabalho e renda. O bloqueio da conta do entregador realizado pelas empresas, portanto, é a sanção mais temida, mesmo quando é apenas temporário, afinal ele evidencia a subordinação, a imprevisibilidade,

---

12. Comentário lúcido e descontente do entregador jovem com a falta de poder de agir: *“Olha, eu fujo, se puder, de entregar sopa para cliente, basta uma vez que uma sopa vazou quase a metade dentro da bag... Eu não entendo como o restaurante me prepara uma sopa para ser entregue por bicicleta em um recipiente e embalagem dessas... **Eu não tinha o que fazer! Sabia que ia tomar uma avaliação ruim do cliente...** pior foi ter que seguir trabalhando com aquele cheiro na bag. Imagina, a sopa penetrou no isopor, eu não conseguia tirar aquele cheiro...”*

13. Ao chegar na casa do **cliente, este estava irritado pela demora da entrega**, mas quando viu que ‘um bike’ mulher carregou uma caixa de vinho, ladeira acima, numa noite de calor, o ‘cara’ passou a me tratar pedindo desculpas até pela (empresa-aplicativo contratada). *“Não deveriam jamais dar este tipo de carga e percurso para ‘um bike’ e para uma mulher: **eu sinto muito, mas te agradeço ‘ai’ pelo esforço!**”*

14. Relato: *“andar com a bike na rua, no meio de carro e ônibus, exige muita atenção, ao mesmo tempo que é preciso estar atento às informações do aplicativo para percurso e localização do ponto de entrega. **A gente chega a ter sensação de “derrota”** quando passa do ponto e tem de voltar para chegar no cliente”.*

e a arbitrariedade da gestão algorítmica<sup>15</sup>. Mesmo não sendo bloqueio definitivo, este período impede o ‘corre’ do trabalho, gerando insegurança socioeconômica o medo de não conseguir o sustento. Aspecto chave para compreender a submissão destes trabalhadores a condições perigosas e precárias desse trabalho.

Como foi sendo discutido neste texto, diversas pesquisas foram trazendo elementos da realidade objetiva deste tipo de trabalho sob demanda em empresa-aplicativo e suas repercussões na subjetividade dos trabalhadores nela inseridos. Os relatos dos trabalhadores apresentaram objetivamente muitas situações de trabalho em que suas vivências e percepções nos confirmam a presença dos fatores de risco psicossocial sistematizados pelo modelo do INRS (2018). Não resta dúvida de que o trabalho plataformizado exige atenção pública e social.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) destaca que dentre a multifatorialidade dos processos de saúde-doença mental, há que se considerar que a população periférica, inserida na economia informal, sofre mais com situações desfavoráveis para a vida como a pobreza, a violência e a desigualdade, o que aumenta as condições de risco para o desenvolvimento de transtornos mentais (OMS, 2022). Em contrapartida, a proteção à saúde mental perpassa as habilidades e atributos sociais e emocionais individuais das pessoas, bem como as oportunidades para conseguir trabalho decente, interações sociais positivas, acesso à educação e à segurança pública, coesão comunitária, entre outros fatores (OMS, 2022). Estudo realizado com pescadores artesanais no estado do Pará permitiu compreender que no trabalho informal, muitas das vezes, a necessidade de sobrevivência imposta por um contexto de precarização objetiva de trabalho e vida se impõe sobre as condições de trabalho que trazem risco à segurança e saúde destes trabalhadores; não só os trabalhadores tem consciência que se arriscam mais pelo sustento, como se veri-

---

15. - (em grupo de Facebook): - “GALERA?? Sou Uber bike Diamante, com taxa de aceitação de 98% e 330 entregas.. e fui suspenso do nada, alguém pode me ajudar como devo proceder daqui em diante?? Tô desesperado.. é meu sustento!”

ficam diversas situações de presenteísmo, o ir trabalhar com dores, com sintomas de adoecimento, situações que em outros contextos contratuais de trabalho, teriam o tempo de repouso para a recuperação da saúde respeitado (Nogueira; Souza; Santa Brígida, 2017). É necessário, portanto, que a sociedade faça sua reflexão: é justo, é ético colocar o trabalhador neste impasse entre a sua sobrevivência financeira ou recusar as perigosas e precárias condições de trabalho? O trabalho precarizado avilta a dignidade do trabalhador e se opõe à luta pela segurança e saúde no trabalho. E, finalmente, a pergunta que resta: lutar pela sobrevivência financeira é problema de toda a sociedade e poder público ou apenas dos trabalhadores informais? Não queremos, enquanto sociedade, que eles morram nas ruas, na frente das nossas casas e locais de trabalho, e deixamos a luta pela segurança e saúde deles para quem?

Neste momento, cabe destacar que ao tempo que estamos escrevendo este capítulo em fevereiro/2023, inúmeras ações públicas para regulamentação destas relações trabalhistas já vêm sendo adotadas em diversos países (Carelli, 2021; De Stefano, 2020; Fonseca, 2020), e o novo governo do Brasil (2023-2026) já sinalizou que a proteção social, trabalhista e previdenciária, para a categoria de trabalhadores, entregadores e motoristas, de empresas-aplicativo é prioridade a ser resolvida com celeridade (FolhaSP, 2023).

Contudo, como pretendemos evidenciar, a regulação requerida para a garantia da saúde e segurança desses trabalhadores obrigatoriamente deve passar também pela negociação da programação do algoritmo, como discutido mais aprofundamente por Carelli; Cavalcanti e Fonseca (2020). Neste mesmo livro citado, De Stefano (2020) problematiza o uso da inteligência artificial no mundo do trabalho e demonstra como é fundamental que existam processos de negociação social e regulamentações sobre a forma e quantidade da coleta e uso dos dados armazenados de trabalhadores e clientes, bem como sobre como resguardar a qualidade dos postos de trabalho e do trabalho em si. De Stefano (2020; p.50) aponta claramente que:

É necessária a regulação que discipline a quantidade de dados recolhidos sobre o desempenho profissional e as características pessoais dos trabalhadores, bem como a forma como são coletados e tratados. Também não se trata apenas de uma questão de proteção da privacidade. A forma como o trabalho é orientado pelo uso de novas tecnologias, incluindo ‘wearables’ e ‘co-bots’, entre outras coisas, deve ser regulamentada para garantir que a procura de maior produtividade não resulte em riscos profissionais e aumento de estresse para os trabalhadores envolvidos.

De Stefano (2020, p. 50-51) destaca claramente a preocupação com a gestão algorítmica e a necessária regulamentação desta para evitar o gerenciamento intrusivo que ampliaria os riscos à saúde e segurança dos trabalhadores, como segue:

Os mecanismos disciplinares facilitados pela tecnologia são outro item fundamental a regular. Mesmo que fosse possível ter inteligência artificial decidindo sobre questões como o aumento do ritmo de trabalho ou a intensificação da produção, essas decisões devem ser sempre implementadas após uma revisão humana. O mesmo se aplica a qualquer medida disciplinar tomada à luz dos dados recolhidos através de sistemas de monitoramento mecânico ou de processos algorítmicos. A avaliação do desempenho no trabalho baseada em algoritmos também deve ser disciplinada, de modo a tornar os critérios de avaliação transparentes e conhecidos dos trabalhadores e a garantir que sejam evitados resultados arbitrários ou discriminatórios. Para isso, novamente, mesmo que fosse possível ter mudanças e atualizações automáticas na operação dos algoritmos por meio da inteligência artificial de autoaprendizagem, a decisão final de alterar os critérios pelos quais o desempenho do trabalho é avaliado deve ser tomada por humanos, tornada transparente e conhecida pelos trabalhadores e também sujeita a negociação.

Acompanhando, ainda, a reflexão propositiva de De Stefano (2020), este relata a existência de estudos, diretivas, e convenções coletivas na Comunidade Europeia que visam regular a utilização das novas tecnologias para proteger a dignidade humana e a saúde e segurança dos/as trabalhadores/as na sua atividade de trabalho, disciplinando não apenas as formas de vigilância dos trabalhadores, como também as formas de prescrever e direcionar as tarefas a serem cumpridas. Explicitamente, este autor nos remete à importância das negociações sobre as fórmulas dos algoritmos e a necessidade de se abrir o diálogo social entre empregadores e trabalhadores.

Desta forma, neste capítulo, a partir da reflexão crítica do uso das plataformas digitais no trabalho sob demanda se pretendeu demonstrar a importância da abordagem de formas de regulamentação para os trabalhos plataformizados, e no uso das inovações tecnológicas para que estas não atendam tão somente os interesses do capital. Para esses processos de regulamentação ampliados, é preciso reunir especialistas de diferentes disciplinas técnicas que estudam os diversos problemas implicados na forma e uso da inovação tecnológica na sociedade, e que estes contem com o envolvimento dos/as trabalhadores/as que têm conhecimento e vivência do cotidiano de trabalho. A regulamentação desses trabalhos plataformizados requer abordagem para além dos clássicos direitos trabalhistas. É fundamental dar transparência para os fatores utilizados na programação do algoritmo de forma a disciplinar e negociar a proteção do trabalho digno/ decente.

## Referências

ABILIO, Ludmila Costhek. Breque no despotismo algorítmico: uberização, trabalho sob demanda e insubordinação. **Blog da Boitempo**. São Paulo: Boitempo. 30/Julho/2020, p.1-14. 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3MZPVAS>. Acesso em: 21 jul. 2022.

ABILIO, Ludmila Costhek. **Uberização:** Do empreendedorismo para o autogerenciamento subordinado. Chile: Escuela de Psicología Pontificia Universidad Católica del Valparaíso, *Psicoperspectivas Individuo y Sociedad*.18 (3), 1-11. 2019. Disponível em: <https://bit.ly/43LUuoU>. Acesso em: 30 jan. 2021.

ABRAHÃO, Julia Issy; *et al.* Contribuição da ergonomia para a transformação e melhoria da organização e do conteúdo do trabalho. *In:* MENDES, René (Org.) **Patologia do trabalho**, 3ª ed. São Paulo: Editora Atheneu, p. 1639 – 1654. 2013.

AMORIM, Henrique; CARDOSO, Ana Claudia Moreira; BRIDI, Maria Aparecida. **Capitalismo Industrial de Plataforma:** externalizações, sínteses e resistências. Salvador: Cadernos CRH, v.35, p.1-15. 2022.

ANTUNES, Ricardo. **O privilégio da servidão:** o novo proletariado na era digital. São Paulo: Boitempo, 2ª. Edição. 2020a. 336p.

ANTUNES, Ricardo. **Uberização, trabalho digital e Indústria 4.0.** São Paulo: Boitempo, 1ª edição. 2020b. 336p.

BARREIRA, Thaís Helena de Carvalho. Aspectos Psicossociais do Trabalho para a Saúde dos Trabalhadores em Empresas-Plataforma. **Revista Ciências do Trabalho**, São Paulo: DIEESE, n. 20, outubro de 2021. p.1-11. Disponível em: <https://bit.ly/43Jv7Ed>. Acesso em: 30 nov. 2021.

BARREIRA, Thaís Helena de Carvalho; NOGUEIRA, Laura Soares Martins. O Trabalho do Entregador Ciclista em Tempos de Pandemia: pistas para compreender a Saúde Mental do Trabalhador Uberizado/Plataformizado. *In:* ANDRADE, Cristiano de Jesus (org.) **Saúde Mental e Trabalho em Tempos de Pandemia** (livro eletrônico). São Paulo: O Gênio Criador. 2022. p. 95 – 121. Disponível em: <https://bit.ly/42objp2>. Acesso em: 20 ago. 2022.

BBC News. **Dormir na rua, pedalar 30 km e trabalhar 12 horas por dia:** a rotina dos entregadores de aplicativos. Matéria de Leandro Machado. São Paulo: BBC News Brasil. 22/Maio/2019. Disponível em: <https://bit.ly/43qL829>. Acesso em: 21 ago. 2022.

CARDOSO, Ana Cláudia Cardoso. **Plataformas digitais de trabalho e seus tempos laborais:** controlados, incertos, intensos, insuficientes, longos e heterônomos. *In:* CALVETE, Cassio, Cardoso, Ana Cláudia Moreira; DAL ROSSO, SADI; KREIN, José Dari (orgs). Por que a redução da jornada é uma condição para enfrentar os problemas do trabalho na atualidade. 2021.

CARDOSO, Ana Claudia M.; GARCIA, Lucia. **Viagem ao inferno do trabalho em plataformas.** São Paulo: Outras Palavras. 2022. Disponível em: <https://bit.ly/3WQ47k8>. Acesso em: 18 mar. 2022

CARELLI, Rodrigo de Lacerda. **A Espanha regula o trabalho dos entregadores de plataforma:** presunção de vínculo de emprego e direito aos sindicatos de acesso ao algoritmo; São Paulo: ABET. 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3oICygi>. Acesso em: 18 mar. 2022.

CARELLI, Rodrigo de Lacerda; CAVALCANTI, Tiago Muniz; FONSECA, Vanessa Patriota. (org). **Futuro do trabalho:** os efeitos da revolução digital na sociedade. Brasília: ESMPU, 2020. 472 p.

DE STEFANO, Valerio. Automação, inteligência artificial e proteção laboral: padrões algorítmicos e o que fazer com eles. *In:* CARELLI, Rodrigo de Lacerda; CAVALCANTI, Tiago Muniz; FONSECA, Vanessa Patriota (org) **Futuro do trabalho:** os efeitos da revolução digital na sociedade. Brasília: ESMPU, p. 21-61. 2020.

DE STEFANO, Valerio. **The rise of the “just-in-time workforce”:** On-demand work, crowdwork and labour protection in the “gig economy”. Conditions of Work and Employment Series, n. 71. Genebra, Suíça: ILO, 2016.

DEJOURS, Chrisophe. **Subjetividade, trabalho e ação.** Produção, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 27-34, set./dez. 2004.

EU-OSHA. EUROFOUND. **Psychosocial risks in Europe:** Prevalence and strategies for prevention. Org: European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA); European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions (EUROFOUND). Luxembourg: Publications Office of the European Union. 2014. Disponível em: <https://bit.ly/3OXFwb9>. Acesso em: 30 set. 2019.

FESTI, Ricardo; OLIVEIRA, Roberto Vêras. **Entregadores**: como se forma a consciência do precariado. São Paulo: Outras Palavras. 2022. Disponível em: <https://bit.ly/45MK7De>. Acesso em: 21 fev. 2022.

FOLHASP. **Governo Lula tem primeira rodada de reuniões com entregadores; trabalhadores desistem de greve**. Matéria de Fernanda Brigatti. São Paulo: FolhaSP, 17jan2023. Disponível em: <https://bit.ly/3NcuWMe>. Acesso em: 30 fev. 2023.

FONSECA, Vanessa Patriota. O crowdsourcing e os desafios do sindicalismo em meio à crise civilizatória. *In*: CARELLI, Rodrigo de Lacerda; CAVALCANTI, Tiago Muniz; FONSECA, Vanessa Patriota (org). **Futuro do trabalho**: os efeitos da revolução digital na sociedade. Brasília: ESMPU, pp. 357-372. 2020.

FRANCO, Tânia; DRUCK, Graça; SELIGMANN-SILVA, Edith. **As novas relações de trabalho, o desgaste mental do trabalhador e os transtornos mentais no trabalho precarizado**. Rev. bras. Saúde ocup., São Paulo, 35 (122): 229-248, 2010. Disponível em: <https://bit.ly/3oOCPhD>. Acesso em: 10 out. 2019.

GROHMAN, Rafael. **Os nomes por trás do trabalho plataformizado**. Blog da Boitempo. São Paulo: Boitempo. 19/Julho/2021. 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3OY3Xpg>. Acesso em: 14 set. 2022.

GROHMAN, Rafael. Plataformização do trabalho: entre a datificação, a financeirização e a racionalidade neoliberal. **Revista Eptic**, [s.1.], 22 (1), p. 106 – 122. 2020.

ILO. **Decent Work in the Platform Economy**. Genebra: International Labour Organization (ILO). 2018b.

ILO. **Decent Work**: The ILO's Decent Work Agenda. Decent work and the Sustainable Development Goals. Genebra: International Labour Organization (ILO). Acessado em 13/fevereiro/2023. Disponível em: <https://bit.ly/3IZ3XBz>. Acesso em: 18 abr. 2023.

ILO. **Digital labour platforms and the future of work**: Towards decent work in the online world. Genebra: International Labour Organization

(ILO). 2018a. Disponível em português: [OIT. 2020. As plataformas digitais e o futuro do trabalho: Promover o trabalho digno no mundo digital. Genebra: Bureau Internacional do Trabalho (BIT).]

INRS. **Plataformisation 2027**: conséquences de l'ubérisation sur la santé et la sécurité au travail. Paris: Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). 2018. 20p. Disponível em: <https://bit.ly/43LRfhw>. Acesso em: 14 mar. 2019.

KALIL, Renan. **Capitalismo de plataforma e direito do trabalho**: crowdwork e trabalho sob demanda por meio de aplicativos. 368f. Tese (Doutorado em Direito) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

KARASEK, Robert A. **Job demands, job decision latitude, and mental strain**: Implications for job redesign. *Administrative Science Quarterly*, n° 24. p. 285-308. 1979.

KARASEK, Robert A.; THEORELL, Tores. **Healthy Work**: Stress, Productivity, and the Reconstruction of Working Life. New York: Basic Books. 1990.

MEIRELES, Adriana Veloso. **Algoritmos e autonomia**: relações de poder e resistência no capitalismo de vigilância. Campinas: Opinião Pública, vol. 27, n° 1, jan.-abr., 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3qjcj07>. Acesso em: 13 mar. 2023.

MOREIRA, Teresa Coelho. Algumas considerações sobre segurança e saúde dos trabalhadores no trabalho 4.0. *In*: CARELLI, Rodrigo de Lacerda; CAVALCANTI, Tiago Muniz; FONSECA, Vanessa Patriota (org). **Futuro do trabalho**: os efeitos da revolução digital na sociedade. Brasília: ESMPU, pp. 273-290. 2020.

NOGUEIRA, Laura Soares Martins; SOUZA, Doracy Moraes; SANTA BRÍGIDA, Aana Maria Borges. **Segurança e Saúde dos pescadores artesanais no estado do Pará**. São Paulo: FUNDACENTRO, 2017.

OMS. **Informe mundial sobre salud mental**: transformar la salud mental para todos. Panorama general [World mental health report: transforming mental health for all. Executive summary]. Genebra: Organización Mundial de la Salud; 2022. Disponível em: <https://bit.ly/3WYEpKA>. Acesso em: 03 maio 2023.

ONU. **Como as Nações Unidas apoiam os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Brasília: Nações Unidas Brasil. Disponível em: <https://bit.ly/2SIScs0>. Acesso em: 13 fev. 2023.

POCHMANN, Marcio. **‘A uberização leva à intensificação do trabalho e da competição entre os trabalhadores’**. Rio de Janeiro: EPSJV/ Fiocruz. Entrevista em 09/11/2016. Disponível em: <https://bit.ly/3MSRUXp>. Acesso em: 14 ago. 2018.

SELIGMANN-SILVA, Edith. Saúde mental relacionada ao trabalho: as visões teóricas sob a pressão da precarização. *In*: MACÊDO, Kátia Barbosa *et al.* **Organização do trabalho e adoecimento** – uma visão interdisciplinar. Goiânia: Ed. da PUC/ Goiás, 2016.

SILVA, Victor. **“Tudo bem por aí?”** – Yuri morreu fazendo entrega para a IFood; 11 dias depois, sua conta foi desativada por ‘má conduta’. Rio de Janeiro: The Intercept. 05/09/2022. 2022. Disponível em: <https://bit.ly/3CgC0kE>. Acesso em: 07 fev. 2023.

SOUSA, Euzébio Jorge Solveira; POCHMANN, Márcio; BONONE, Luana Meneguelli. **Juventude e Trabalho Plataformizado no Brasil**: juventude indicando tendências. São Paulo: DIEESE, Revista Ciências do Trabalho, n. 20, outubro de 2021. p.1-14. Disponível em: <https://bit.ly/42uLCTA>. Acesso em: 04 abr. 2023.

UFBA. **Relatório de Levantamento sobre o Trabalho dos Entregadores por Aplicativos no Brasil**. Salvador: UFBA/NEC. Ago/2020. Disponível em: <https://bit.ly/45PtF55>. Acesso em: 18 set. 2021.

VC S/A. **Trabalhar mais por menos**: a dura realidade de entregadores dos aplicativos. Matéria de Fernanda Colavitti. São Paulo: Ed.Abril. 21/ ago/2020. Disponível em: <https://bit.ly/45Rwgvx>. Acesso em: 03 mar. 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **PRIMA-EF**: Guidance on the European framework for psychosocial risk management: a resource for employers and worker representatives. Geneva: WHO (Protecting workers’ Health Series, 9). 2008.

## ANEXO I:

### ANEXO I: Quadro Sintético do Modelo de Riscos Psicossociais do Trabalho – RPS do INRS (2018):

<b>Riscos Psicossociais do Trabalho (RPS): Caracterização descritiva</b>	
<p><b>I.Sobrecarga de Trabalho:</b> Altas e Baixas Demandas Físicas e Cognitivas de Trabalho trazem repercussões negativas para a saúde mental dos/as trabalhadores/as;</p> <p><b>Intensidade e Ritmo de Trabalho:</b> o prolongamento da jornada de trabalho, a disponibilidade para o trabalho em horários atípicos, noturnos, sem considerar a necessidade de Pausas Adequadas para a Alimentação e o Descanso Intra-Jornada e InterJornadas, importantes para sua recuperação psico-fisiológica (em cumprimento à NR17, de Ergonomia);</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Gestão por Metas e Objetivos + Gamificada por Pontuação, Bônus e Sanções implica em constante ameaça de ser bloqueado e induz a auto-aceleração no cumprimento das tarefas, e ao prolongamento de jornadas de trabalho;</li> <li>» Na concorrência para receber mais demandas de trabalho e aumentar remuneração do trabalho, o trabalhador é induzido a desconsiderar a necessidade de Pausas de Descanso;</li> <li>» Desequilíbrio entre os tempos de trabalho e os tempos de autocuidado e tempos sociais de lazer.</li> </ul>
<p><b>II.Exigências Emocionais para controlar, ocultar e camuflar emoções para agradar clientes:</b> Manter controle emocional e sorriso no rosto com o cliente independente das atitudes deste com o trabalhador.</p>	<p>Mesmo diante de comportamentos agressivos, independente das ações e reações humanas e sociais no cotidiano de trabalho, o trabalhador precisa ocultar e camuflar suas emoções para não perder pontuação na avaliação de clientes;</p>
<p>III.Falta de Autonomia/ Insuficiente Poder de Agir para solucionar contradições, imprevistos e impasses entre as regras de trabalho e as situações do mundo real</p>	<p>Frequentemente o trabalhador se vê desprovido de autonomia e recursos para protagonizar a regulação das exigências demandadas e concluir o trabalho satisfatoriamente.</p>

<b>Riscos Psicossociais do Trabalho (RPS): Caracterização descritiva</b>	
<p><b>IV.Relações Sociais Degradadas:</b> situações de violência urbana nas vias públicas e vulnerabilidade social em relações assimétricas de poder e</p> <p><b>Falta de Suporte Social e Institucional</b> da empresa-aplicativo para lidar com imprevistos e dificuldades no cotidiano de trabalho.</p>	<p>Percepção de SOLIDÃO para resolver impasses e dificuldades no trabalho, não conta com suporte de supervisores ou representantes da gestão. No cotidiano de trabalho com clientes e nas vias urbanas, ocorrem situações de violência, como assaltos, furtos e discriminação, e ameaças ou agressões verbais e físicas de clientes ou outras pessoas em seus trajetos de deslocamento e pontos de espera em estabelecimentos comerciais.</p>
<p><b>V.Conflitos e Contrariedades Éticas:</b> Valores pessoais, sociais e profissionais dos trabalhadores são contrariados e não respeitados no processo de trabalho, como critérios injustos na avaliação do trabalho realizado;</p> <p><b>Percepção de Critérios e Situações de Injustiça Organizacional e Falta de Diálogo:</b> falta de escuta para suas argumentações e contra-argumentações em situações de bloqueios indevidos, de avaliações de clientes e outras contendas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Gestão Algorítmica Unilateral com Regras de Trabalho e de Remuneração obscuras, incertas e mutantes;</li> <li>» Percepção de Injustiça na Forma de Remuneração que não considera imprevistos e variabilidades ao longo do ciclo temporal total do processo de trabalho até a entrega final;</li> <li>» Tempos Curtos para Decisões vulnerabilizam o trabalhador para situações conflitantes, contraditórias e por vezes arriscadas.</li> </ul>
<p><b>VI.Inseguranças no Trabalho:</b> imprevisibilidade quanto à remuneração diária e mensal, receio de perder este trabalho e renda, ou ser impedido de trabalhar por horas ou dias, com redução de renda que coloque seu sustento em perigo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Vivência de Insegurança Socioeconômica contínua, diária e para seu futuro, e Sentimento de Vulnerabilidade e Descartabilidade.</li> <li>» Constante incerteza sobre as regras do trabalho e insegurança para assumir todos os custos e riscos com o trabalho.</li> </ul>



# CAPÍTULO XIX

## NEOLIBERALISMO NA CIÊNCIA, MAIS PASSA A SER MENOS

*Peter Schulz*

### **Introdução**

Neoliberalismo é um conceito que associamos a um regime de governança do mercado e sistemas desregulados pela competição, associado, portanto, ao campo econômico, que, por sua vez, invade o campo político. A utilização da ideia de campo remete ao sociólogo Pierre Bourdieu, que também define um campo científico, que seria mais ou menos autônomo em relação aos outros campos. Observam-se, no entanto profundas mudanças nas práticas científicas e no ethos de seus praticantes, configurando-se em uma ciência neoliberal com consequências perigosas para o conhecimento científico em si e sua relevância para a sociedade.

Bourdieu<sup>16</sup> se perguntou se “é possível fazer uma ciência da ciência, uma ciência social da produção da ciência, capaz de descrever e de orientar os usos sociais da ciência?” Uma resposta, pelo menos parcial, a essa pergunta permitiria que as comunidades científicas e suas instituições empreendessem uma reflexão coletiva sobre si próprias. Para isso ele concebeu a ideia de campo científico: “o universo no qual estão inseridos os agentes e as instituições que produzem, reproduzem ou difundem a ciência. Esse universo é um mundo social como os outros, mas que obedece a leis sociais mais ou menos específicas”. O campo científico é mais ou menos autônomo em relação aos outros campos (econômico, político, social). Esse campo subdivide-se em outros territórios, os das diferentes disciplinas, cada

---

16. Schulz, Peter (2022) Ciência e Democracia, Proposta para uma Conversa, *Revista Comçência*, dossiê 239. <https://bit.ly/45NYyqM>.

uma com condições específicas próprias e “regras de jogo” internas. Portanto, é um universo político, percepção que se impõe como centralidade na relação com os outros campos mencionados, tanto na produção, quanto na reprodução e difusão da ciência.

O neoliberalismo econômico tornou-se possível, em linhas muito gerais e incompletas, com a prevalência do mercado financeiro e suas ferramentas sobre a economia real. Para identificar o neoliberalismo na ciência e nas instituições que a promovem, poderíamos primeiro discutir ferramentas análogas, antes de discutir seus efeitos e consequências.

A institucionalização e profissionalização da atividade científica ao longo do século XIX consolidou o artigo científico como forma privilegiada de expressão, principalmente das ciências naturais, junto com uma ideia de autoria dessa expressão, os cientistas que assinam esses artigos<sup>17</sup>. Dessa forma, surge, aos poucos, uma prática de olhar a ciência e seus praticantes pela “quantidade de ciência feita”, através de número de artigos de um pesquisador, de um grupo ou instituição de pesquisa. Em meados do século passado, o sociólogo da ciência Robert Merton elabora a ideia de citações como medida de reconhecimento intelectual de um trabalho científico: o(s) autor(es) de um trabalho reconhecem a importância da contribuição do(s) autor(es) citados. Essa é a gênese dos dois principais indicadores de ‘medida’ da ciência, prática que se institucionaliza, sem a onipresença atual, a partir da criação de bases de dados (impressos) bibliográficos no início dos anos 1960.

## **A construção do neoliberalismo na ciência**

As bases de dados bibliográficos, desde a pioneira hoje conhecida por Web of Science, foram criadas para o que a sua descrição anuncia – pesquisa bibliográfica -, mas na última década do século passado seus

---

17. Schulz, Peter (2021) Qual é a cara da ciência? *Jornal da Unicamp*, publicado em 28 de junho de 2021. <https://bit.ly/3WWvIjW>.

indicadores sobre número de publicações e as citações recebidas passaram a receber atenção crescente, tanto por parte de pesquisadores interessados na dinâmica da atividade científica – na consolidação de uma área de pesquisa, a cientometria -, quanto por parte de gestores e financiadores de pesquisa para subsidiar a avaliação dessa atividade. Passou aos poucos a interessar aos próprios pesquisadores, constituindo uma medida para uma categoria um tanto abstrata de capital de prestígio científico ao lado do conhecimento científico em si<sup>18</sup>. Atualmente tornaram-se periódicos os anúncios de listas dos 100 mil mais “influentes pesquisadores” do mundo, listagem feita a partir das citações recebidas por cada membro dessas listas. Nesse meio tempo, na virada do século, surgiram os rankings globais de universidades, também calcados em indicadores de produção e impacto científico, criando uma competição entre as universidades, que passaram a constituir escritórios voltados pela coleta de dados para alimentar ‘eficientemente’ os diferentes rankings na busca em galgar posições no ranking. Em maior ou menor medida, a corrida pelos rankings suplantou o interesse pela missão das instituições de pesquisa, enquanto os pesquisadores passaram a se preocupar mais com o capital de prestígio do que com a geração reflexiva de conhecimento. Este deslocamento é semelhante ao que se verifica no neoliberalismo econômico em que o mercado financeiro se sobrepõe à economia real. Essa analogia se materializa tendo em mente uma das acepções do substantivo finança: ‘ciência e atividade do manejo do dinheiro ou de títulos que o representem’. No neoliberalismo acadêmico o mercado constituído pelo manejo dos indicadores se sobrepõe ao conhecimento científico.

## **Principais características e consequências**

A analogia com o neoliberalismo também se estende a diferentes aspectos notáveis no campo científico. O aspecto mais visível, talvez

---

18. Schulz, Peter (2017) A ciência é mais do que a soma de seus indicadores, *Jornal da Unicamp*, publicado em 9 de agosto de 2017. <https://bit.ly/3Cv4J5H>.

por ser o mais denunciado e noticiado são a abundância de fraudes na prática científico como plágios, adulteração de resultados, falsas autorias ou autorias pagas, bem como manipulação de revisão por pares em periódicos científicos<sup>19</sup>. Além disso, temos o equivalente aos ‘papeis podres’, que são as revistas e congressos predatórios<sup>20</sup>, sem lastro científico nem revisão por pares, que publicam qualquer coisa mediante pagamento, gerando assim indicadores para o praticante dessas ações, que cria um capital de prestígio ilegítimo, que só nem sempre é detectado e conseqüentemente punido. Os casos acumulam-se de forma crescente e podem ser acompanhados, por exemplo, na plataforma <https://bit.ly/3Cv4zv7>.

A intensificação de fraudes mencionadas acima não compõe o quadro completo da situação em que nos encontramos, que alia o que chamamos aqui de neoliberalismo científico ao panorama de uma sociedade de desempenho, consequência direta do neoliberalismo de origem. A promoção do desempenho, no caso o fomento ao aumento constante da publicação de artigos dá origem a novos mecanismos perversos para satisfazer esse mercado, como as chamadas “fábricas de artigos”, artigos produzidos muitas vezes programas de inteligência artificial e não autores humanos fantasmas<sup>21</sup>. Se essa prática é considerada fraudulenta, não deixa de ser paradoxal que o uso de inteligência artificial, no lugar de autores humanos, seja promovido pelas próprias editoras científicas, como a Springer que já lançou um livro “escrito” dessa forma<sup>22</sup>.

Concomitantemente, observa-se também uma normalização de comportamentos para atores da comunidade científica dando suporte ao neoliberalismo. Fenômeno recente é a criação de plataformas de “apoio” à

---

19. <https://bit.ly/3OVBYGt>.

20. Schulz, Peter (2018) O lado escuro da ciência, Jornal da Unicamp, publicado em 19 de outubro de 2018. <https://bit.ly/3CaZqrF>.

21. Vaiano, Bruno (2021) Fábricas de artigos falsos expõem fragilidade da publicação acadêmica, *Revista Questão de Ciência*, publicado em 23 de novembro de 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3Cagoqn>. Acesso em: 13 fev. 2022.

22. Disponível em: <https://bit.ly/43nDPbC>. Acesso em: 14 abr. 2022.

publicação, anunciando desde a revisão de texto, até a terceirização da pesquisa bibliográfica e a construção do próprio texto por inteligência artificial, como a “Proof Reading Service”, que em seu blog também oferece um guia de “Como publicar 50 artigos por ano”<sup>23</sup>.

Esse movimento todo leva a uma modificação das normas e do próprio ethos do campo científico, como discutido por Bruce Macfarlane no artigo “The neoliberal academic: Illustrating shifting academic norms in an age of hyper-performativity”<sup>24</sup>:

[...] acadêmicos neoliberais abraçam um novo conjunto de pressupostos e normas que se colocam como relaxamento de valores anteriores. Práticas que poderiam ter sido consideradas como dúbias por gerações anteriores de acadêmicos [...] são agora consideradas legítimas e virtudes positivas em uma era mais agressiva de hiper-performance.

Os desdobramentos desse relaxamento de valores e normas, aliado ao aumento desenfreado da publicação de artigos, pode levar a obstáculos ao conhecimento científico em si e como um todo, corrupção final dessas novas práticas, como apontam Johan Chu e James Evans<sup>25</sup>:

O dilúvio de novos artigos pode privar revisores e leitores da abertura cognitiva necessária para reconhecer e entender novas ideias [...] A atual natureza do empreendimento científico, calcada na métrica de ‘mais é melhor’ pode retardar, ironicamente, o progresso nos campos científicos maiores.

---

23. Disponível em: <https://bit.ly/3N8K7Gh>. Acesso em: 30 abr. 2022.

24. Macfarlane, Bruce (2021) *The neoliberal academic: Illustrating shifting academic norms in an age of hyper-performativity/ Educational Philosophy and Theory* Volume 53 - Issue 5: The University as an Ethical Academy?

25. Chu e Evans (2021) Slowed canonical progress in large fields of Science, PNAS October 4, 2021

118 (41) e2021636118.

Resistências são, por outro lado, cada vez mais frequentes também<sup>26</sup>, mas isso demandaria uma outra discussão, mas, em nome da ciência e da democracia, é preciso deixar uma pergunta: de que lado você está?

---

26. Schulz, Peter (2021) *Jornal da Unicamp*, publicado em 9 de dezembro de 2021. Disponível em: <https://bit.ly/43IPCRG>.

# CAPÍTULO XX

## **DESENVOLVIMENTO DAS NANOTECNOLOGIAS NO BRASIL NA PRIMEIRA DÉCADA DO SÉCULO XXI: CIÊNCIAS DE PROCESSOS E PRODUTOS “VERSUS” CIÊNCIAS DOS IMPACTOS**

*Paulo Roberto Martins*

### **Introdução**

O processo de como se dá a produção de novos conhecimentos no Brasil é algo pouco estudado. É de domínio público que em nosso país se faz pesquisas com amplo predomínio de recursos públicos, mas, esses recursos financeiros são usados para a produção de que tipo de conhecimento, para quem e para quê? Quem decide em que tipo de produção de conhecimentos (“ciência da produção” X “ciência dos impactos”) os recursos humanos e financeiro são aplicados?

Também é de domínio público que a contribuição de recursos privados na realização de pesquisas no Brasil é tremendamente residual. Neste nosso país a cultura Schumpeteriana de “capitalista inovador” não existe, dado que a opção dos membros da elite brasileira sempre foi de importar ou alugar tecnologias utilizadas no processo de desenvolvimento no Brasil.

O objetivo deste capítulo é problematizar os usos dos recursos públicos no processo de produção de novos conhecimentos organizados pelo Sistema Nacional de Ciência e Tecnologia do Brasil. Segundo a Academia Brasileira de Ciência, “O Brasil criou um Sistema Nacional de Ciência e Tecnologia com razoável complexidade e funcionalidade. Essa estrutura nos colocou como país impor-

tante no mapa da produção mundial de conhecimento. O Sistema Nacional de C&T brasileiro é organizado em diversas camadas.” (Academia Brasileira de Ciência, 2021). Uma dessas camadas são os grupos de pesquisas que a partir da primeira década do Século XXI passam a assumir paulatinamente a organização na forma de redes de pesquisas, exigência prevista em diversos editais de financiamento público para a realização de pesquisas publicados na primeira década deste século.

O nosso objeto de análise será o desenvolvimento das nanotecnologias no Brasil na primeira década deste Século XXI, onde analisaremos os recursos públicos investidos para a produção de novos conhecimentos. Que tipos de novos conhecimentos foram produzidos? As informações disponíveis produzidas pelas agências federais de financiamento às pesquisas, como o CNPQ, Capes, Finep, ou agências estaduais de financiamento como, por exemplo, Fapesp, Faperj, não organizam os dados na forma que nos permitam analisar que tipo de conhecimento foram produzidos com recursos públicos. Por este motivo introduziremos uma nova forma de agregar os dados em dois campos fundamentais, a saber: novos conhecimentos voltados a ciência de ‘novos processos e produtos’ e a ciência de ‘impactos’ (sociais, ambientais, econômicos, jurídicos, saúde, mundo do trabalho).

As nanotecnologias foram colocadas pelo governo federal, desde 2001, como uma área estratégica para o desenvolvimento nacional. As Nanopartículas e as Macropolíticas serão aqui investigadas visando a apresentação do desenvolvimento recente e as perspectivas da nanotecnologia no Brasil em termos de “ciência da produção” e “ciência dos impactos” que materializou uma forma de apropriação dos recursos públicos aplicado para a produção de novos conhecimentos no campo das nanotecnologias. É preciso ressaltar que este não é um trabalho no campo da ciência política que tem como objeto de estudo a democracia. Trata-se de uma reflexão sobre o uso de recursos públicos federais na produção de conhecimentos sobre as nanotecnologias no Brasil. Isto foi feito de forma democrática? Esta é a pergunta que pretendemos responder.

## Ações do governo federal em nanotecnologia

Em livro publicado em 2007, intitulado “Revolução Invisível. Desenvolvimento Recente da Nanotecnologia no Brasil” coordenado pelo autor deste capítulo, já indicava que: “É preciso explicitar que o caráter multidisciplinar atribuído a nanociência e a nanotecnologia nunca incorporou as ciências humanas, e que aquelas sempre foram entendidas e praticadas com a exclusão da área de humanidades.” Esta é a primeira exclusão aqui relatada, que permanece vigente até os dias de outubro do ano 2022.

A tese aqui defendida é a de que a apropriação dos recursos públicos que sustentaram o desenvolvimento das nanotecnologias no Brasil no período 2001 a 2022 se deu de maneira não democrática, tendo em vista que a apropriação se deu numa proporção de 99% para a produção de novos conhecimentos para novos processos e produtos nanotecnológicos, e apenas 1% dos recursos públicos foram para estudos dos impactos por eles produzidos.

**Quadro 1. resumo dos investimentos em nanotecnologia 2001-2006**

ANO	RECURSOS (R\$)
2001	25.468.475,25
2002	11.652.097,00
2003	17.515.128,45
2004	80.057.406,88
2005	5.200.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>139.893.103,58</b>

Fonte: Martins, Paulo R. *et al.* `Revolução Invisível. Desenvolvimento Recente da Nanotecnologia no Brasil. São Paulo, Editora Xama, 2007, p. 46.

No período acima indicado houve apenas um edital do MCT-CNPQ n.13 /2004, voltado a produção de conhecimentos relativos à “ciência dos impactos” que previa a aplicação de R\$200.000,00 (duzentos mil reais), mas que ao final foram aplicados apenas a metade do referido valor R\$100.000,00 (cem mil reais). A conclusão da análise dos dados acima apresentados é baseada numa operação

matemática simples: recursos aplicados em “ciência dos impactos” R\$100.000,00 (cem mil reais) divididos pelos recursos aplicados na “ciência da produção” que foi de R\$139.893.103,58 (centro e trinta e nove milhões, oitocentos e noventa e três mil, trezentos e três reais e cinquenta e oito centavos). O resultado desta divisão é =0,071%, ou seja, foi praticamente zero o volume de recursos aplicados para produzir conhecimentos relativos a “ciência dos impactos”.

Aqui se estabelece um conflito de interesses, que de maneira geral pode ser qualificado como interesses do capital (visando sua reprodução ampliada) e interesses da sociedade (aqui no seu aspecto difuso). Neste interesse difuso da sociedade pode ser incluído:

a) saúde e segurança de trabalhadores que trabalham com a produção de nanopartículas, nano processos e nano produtos;

b) saúde e segurança dos consumidores em comprar e consumir produtos nanotecnológicos que efetivamente tiveram seus impactos na saúde humana e animal devidamente pesquisados;

c) ao meio ambiente no sentido de que ele não venha ser poluído, degradado e, no limite, extinto pelos impactos de nanopartículas, nanoprocessos, nanoproductos. Aqui a nanotoxicologia deveria ser a regra básica aplicada em todos os conhecimentos produzidos pela ciência da produção. Esses pontos demonstram como o tema objeto deste capítulo necessita de uma defensoria neste campo dos interesses difusos da sociedade, no caso, aplicado ao desenvolvimento das nanotecnologias.

Nos dados até aqui apresentados não estão inclusos os dados relativos aos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologias (INCT), editais de 2008 e 2014. É preciso realizar uma investigação em cada um dos INCTs de Nanotecnologia para verificar o quanto do orçamento aprovado pelas agências de fomento que contemplaram os INCTs de nanotecnologia usam para produzir novos conhecimentos na “ciência da produção”, e quanto na “ciência dos impactos”. A nossa experiência de 20 anos de atividades de pesquisas neste campo, nos permite afirmar que o princípio de apropriação antidemocrática dos recursos públicos continuou no processo de realização dos trabalhos dos diversos INCTs que existiram e/ou ainda existem.

A pergunta que não quer calar é: O que seria uma apropriação democrática dos recursos públicos no desenvolvimento das nanotecnologias no Brasil? Para haver democracia no desenvolvimento da ciência e da tecnologia é preciso que haja um controle público destas atividades.

Neste processo, teria que se romper com o paradigma adotado pela comunidade científica de que “só pode decidir quem entende” e adotar outro paradigma no sentido que se a “sociedade é boa para arrecadar recursos para pesquisas, é boa também para participar das decisões sobre o processo de produção de ciência e tecnologia”.

Nestas circunstâncias, a apropriação dos recursos públicos não se daria somente em função da reprodução do capital, via tecnociência, mas também, numa versão balanceada, haveria recursos materiais suficientes para estudos e pesquisas dos impactos das adoções de tecnologias na sociedade brasileira.

A seguir apresentaremos alguns dados relativos ao topo da ciência brasileira, materializados nos diversos INCTs contemplados nos editais de 2008 e 2013, e patrocinados pelas agências de financiamento federais e estaduais que proporcionaram as condições materiais para a realização das pesquisas dos INCTs aprovados nos editais acima indicados. Nem sempre os recursos financeiros públicos indicados nos editais foram repassados aos INCTs segundo os cronogramas do orçamento físico-financeiro aprovados pelas agências de fomento. Isto ensejou diversos atrasos nas pesquisas contratadas e exigiu diversos termos aditivos nos contratos dos diversos INCTs aprovados pelas agências, sempre postergando a data final de apresentação dos relatórios finais destas redes de pesquisas/INCTs.

Somente em 31/5/2022 é que foram tornadas públicas de forma organizada os dados relativos aos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia – INCTs, via a palestra “Os INCTs e o Futuro da CT&I no Brasil” do Prof. Jailson Bittencourt de Andrade (Vice-presidente da ABC, Senai/Cimatec). Esta conferência encontra-se neste link <https://bit.ly/3CaDxIX>, a partir do 53º minuto (capturado em 04/10/2022). Vide abaixo o anúncio das atividades de “divulgação”

dos resultados dos INCTs que estão disponíveis no site do [cnpq.org](http://cnpq.org) capturado.

**Figura 1. Folder do Webnário: A contribuição dos INCTs para a Sociedade**



Fonte: CNPq, CNPq/MCTI e ABC realizam o seminário “A Contribuição dos INCTs para a Sociedade”. Disponível em: <https://bit.ly/3P0Z4M9>. Acesso em: 02 out. 2022.

Parece claro que as atividades acima anunciadas foram na realidade uma “autopromoção” do “*mainstream*” da Ciência e Tecnologia no Brasil com o intuito de efetuar “divulgação” de dados relativos aos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia — atividades top da ciência brasileira. Em vez de destinar um dia de discussão para “divulgar” o que cada INCT produziu, expresso em seu relatório final tornado público para qualquer cidadão contribuinte que pagou pelas pesquisas, o CNPq e a ABC (Academia Brasileira de Ciências) optaram por selecionar alguns dos INCTs e a eles atribuir 20 minutos para suas apresentações, onde um rosário de realizações é apresentado, sem qualquer discussão em profundidade sobre como se deu o uso de recursos públicos nestes INCTs. Abaixo temos uma noção dos recursos públicos investidos nestas redes de pesquisas, que para o padrão brasileiro são recursos públicos significativos.

**Figura 2. Volume de recurso envolvidos no Programa INCT**  
**Volume de Recursos**

<b>PROGRAMA INCT</b>			
	Projetos	Recursos R\$ mil	Pesquisadores envolvidos
<b>Demanda Bruta</b>	261	1.500.000	11.182
<b>Aprovados em 2008</b>	122	606.000	4.454
<b>Dados 2012</b>	126	863.513 *	6.342

<b>PRONEX</b>	<b>MILÊNIO</b>
R\$ 118 milhões	R\$ 180 milhões
1996-2002: 3 editais (96/97/98)	2 Fases (2001 - 2008)
	R\$ 90 milhões cada
	Fase 1 – 17 projetos
	Fase 2 – 34 projetos

Fonte: “Os INCTs e o Futuro da CT&I no Brasil” do Prof. Jailson Bittencourt de Andrade, disponível em: <https://bit.ly/3CaDxIX>. Acesso em: 02 out. 2023. Quadro disponível no minuto 1:00:13.

A seguir temos as informações relativas aos percentuais de INCTs por área de conhecimento (coluna 1) e por editais (edital 2008, coluna 2) e (edital 2013, coluna 3) cuja fonte é a mesma citada acima.

**Quadro 2. Distribuição dos INCTS por área de conhecimento**

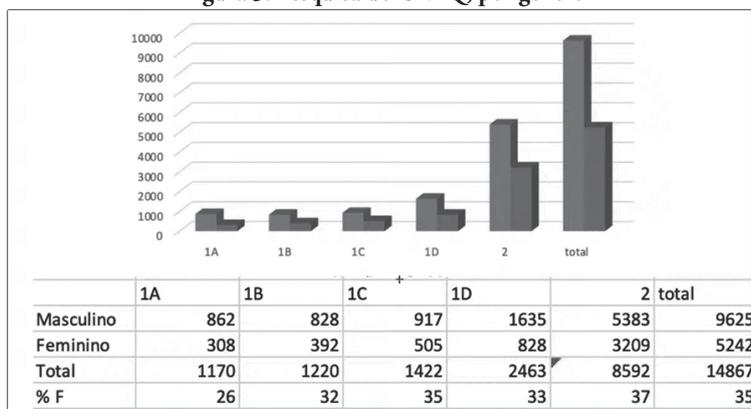
<b>ÁREA DE CONHECIMENTO</b>	<b>126 INCTS, EDITAL 2008 (%)</b>	<b>104 INCTS, EDITAL 2013 (%)</b>
SAÚDE	30	29
EXATAS	10	11
BIO E NANOTECNOLOG	9	5
CIÊNCIAS SOCIAIS	8	10
AGRONEGOCIO	7	10
TIC	6	11
AMAZONIA	6	-
BIODIV E MEIO AMBIEN	6	18
ENERGIA	6	6

ÁREA DE CONHECIMENTO	126 INCTs, EDITAL 2008 (%)	104 INCTs, EDITAL 2013 (%)
MAR E ANTÁRTICA	5	-
OUTRAS	5	-
NUCLEAR	2	-

Fonte: “Os INCTs e o Futuro da CT&I no Brasil” do Prof. Jailson Bittencourt de Andrade, disponível em: <https://bit.ly/3CaDxIX>. Acesso em: 02 out. 2022.

A seguir temos dados apresentados pelo Prof. Jailson Bittencourt de Andrade sobre pesquisadores do CNPQ por gênero e por nível de classificação.

**Figura 3. Pesquisa do CNPQ, por gênero**



Fonte: “Os INCTs e o Futuro da CT&I no Brasil” do Prof. Jailson Bittencourt de Andrade, disponível em: <https://bit.ly/3CaDxIX>. Gráfico apresentado no seguinte minuto: 1:05:57.

Na medida em que este texto não tem como objetivo trabalhar a questão de “Gênero e Ciência e Tecnologia”, que foi objeto de análise do Prof Jailson Bittencourt de Andrade, vamos utilizar os dados apresentados para uma outra reflexão, de suma importância. Por isto, trazemos abaixo a tabela por nós elaborada com os dados oficiais.

**Quadro 3. Quantidade e percentual de pesquisadores do CNPq por nível**

<b>Pesquisador por nível</b>	<b>1A</b>	<b>1B</b>	<b>1C</b>	<b>1D</b>	<b>2</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Quantidade</b>	1170	1220	1422	2463	8592	14867
<b>Percentual</b>	7,9%	8,2%	9,6%	16,6%	57,7%	100%

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da transparência do CNPq.

A primeira observação a ser feita é a de que o grupo de pesquisadores 1A e 1B do CNPq significam 16,1% do total de pesquisadores de produtividade do Conselho. Entre aqueles que estão no top da carreira, enquanto pesquisadores do CNPq, são apenas 7,9%. Estes são aqueles que poderíamos denominar de “cardeais” da Ciência e Tecnologia no Brasil. Claro que pertencer a este “estrato de poder” tem seus “privilégios”. Veremos um caso disto, exatamente relativo aos INCTs. Em 2008, o então diretor presidente do CNPq, Marco Antônio Zago, em palestra na Unesp/SP, por ocasião de um encontro da Unesp, fala para a Unesp, o que a Unesp realizava no tema nanotecnologia. A nossa colega Dra. Arline Arcuri foi convidada para falar sobre saúde e segurança aplicada aos laboratórios que trabalham com nano materiais.

A primeira palestra foi com o então Diretor presidente do CNPq Prof. Dr. Marco Antônio Zago, que destacou ter sido ele o autor da proposta que foi aprovada e, assim, esteve presente no edital dos INCTs de 2008, indicando que só poderiam ser candidatos a coordenador de algum projeto de INCTs apresentado a este edital, algum pesquisador 1A ou 1B do CNPq. O conferencista enfatizou várias vezes que o melhor de uma conferência são as perguntas da plateia. Diante disto, elaborei a minha questão ao conferencista. Indiquei ao Prof. Marco Antônio Zago que concordava com a proposta dele. A mesma se aplica a área da física nuclear que na ocasião (2008) já tinha mais de 30 anos de pesquisa neste campo da ciência no Brasil. O mesmo se aplica a área de Sociologia Urbana, que também tem mais de três décadas de atividades de pesquisas no Brasil.

Mas a questão é que em áreas de fronteira, como a nossa área de pesquisas relativas aos impactos das nanotecnologias na sociedade e

do meio ambiente, onde estão, quem são, quantos são os pesquisadores 1A e 1B bolsistas do CNPq que tem 30 ou mais anos de atividades neste campo do conhecimento? Claro que não houve resposta por parte do conferencista em questão. A minha compreensão é que isto aqui narrado expressa claramente, incontestemente, o fato de que a ciência não é neutra. Os interesses do “*stablishment*” estão produzidos, materializados nos editais do CNPq, em especial, nos editais do INCTs. Na verdade, esta regra imposta no Edital INCTs 2008, significa uma “reserva de mercado” para estes pesquisadores 1A e 1B do CNPq.

Mas, atenção, nem todos destes níveis, poderiam se candidatar a coordenador, porque não são bolsistas, pois, nem todos os pesquisadores do CNPq são bolsistas. Assim, a “reserva de mercado” foi para um grupo mais restrito ainda de pesquisadores. Assim, somente os “cardeais” da Ciência e Tecnologia no Brasil estavam no rol daqueles que se tornaram coordenadores de INCTs no edital de 2008. Este item relativo à necessidade de ser bolsista do CNPq foi retirado no edital dos INCTs de 2013, dado que a “reserva de mercado” havia sido muito limitadora entre os pesquisadores 1A e 1B. Mas, a “reserva de mercado” continuou presente, implantada e aceita pela “comunidade científica” brasileira<sup>1</sup>.

A nossa Rede Brasileira de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente — Renanosoma, decidiu não apresentar projetos nos editais INCTs 2008 e 2013, por não aceitar em colocar um pesquisador 1A ou 1B “laranja” porque não constituiu sua história como cientista pesquisando os impactos das nanotecnologias, sociedade e meio ambiente. Portanto, por uma decisão dos “cardiais” da Ciência e Tecnologia no Brasil, que instituiu a “reserva de mercado” para a cúpula destes pesquisadores, fomos excluídos de concorrer e obter recursos públicos para a produção de conhecimentos no campo da “ciência dos impactos”.

---

1. Para uma boa apresentação da formação da rede da comunidade de pesquisa em N&N no Brasil ver Santos Junior (2013).

## Referências

ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS. **Sistema Nacional de Ciência e Tecnologia**: a importância do financiamento competitivo em seus níveis de estruturação. Dez. 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3oSETVR>; Acesso em: 12 set. 2022

MARTINS, Paulo R. (coord) *et al.* **Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente em São Paulo, Minas Gerais e Distrito Federal**. São Paulo, Xamã Editora, 2007, 152p.

MARTINS, Paulo R. (coord) *et al.* **Revolução Invisível**. Desenvolvimento recente da nanotecnologia no Brasil. São Paulo, Xamã Editora, 2007, 102p.

MARTINS, Paulo R. (coord) **Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente**. 1 Seminário Internacional. São Paulo, Associação Editora Humanitas, 2005, 285p.

MARTINS, Paulo R. (Org) **Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente**. Trabalhos apresentados no segundo seminário Internacional. São Paulo, Xamã Editora, 2006, 344p.

MARTINS, Paulo R. Contribuição da Renasoma ao Debate sobre Ética e Nanotecnologia no Brasil. *In*: SARTI, Flávia Mori *et al.* **Ética, Tecnologia e Comunicação**. Rio de Janeiro, Editora Rubio, 2009, 16 p.

MARTINS, Paulo R. Desenvolvimento Recente da Nanotecnologia no Brasil: Reflexões sobre a política de riscos e impactos ambientais, sociais e econômicos em Nanotecnologia *In*: EMERICK, Maria C. *et al.* (orgs). **Novas Tecnologias na Genética Humana: Avanços e Impactos para a Saúde**. Rio de Janeiro, Gestec, 2007, p.125-130.

MARTINS, Paulo R. *et al.* Actividades relacionadas com las nanotecnologias em Brasil. *In*: FOLADORI, Guillermo; INVERNIZZI, Noela. **Nanotecnologias em América Latina**. Mexico, Univ Autonoma de Zacatecas, 2008, p71-85.

MARTINS, Paulo R. *et al.* Developing Strategies in Brazil to Manage the Emerging Nanotechnology and its Associated Risks. *In*: LINKOV, Igor; STEEVENS, Jeffrey. **Nanomaterials: Risk and Benefits**. Edited by, Dordrecht, Springer, 2008, 299-308.

MARTINS, Paulo R. Introdução a la nanotecnologia: un analisis sociologico. **Arxiu de Ciències Socials**. Facultat de Ciències Socials. Valencia, Espanha, N.12/12 Dezembro/2005.

MARTINS, Paulo R. Nanotecnologia e meio ambiente para uma sociedade sustentável. *In*: MARTINS, Paulo R. (org) **Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente**. Trabalhos apresentados no segundo seminário Internacional. São Paulo, Xamã Editora, 2006, p.114/132.

MARTINS, Paulo r. Nanotecnologia, uma introdução. *In*: EMERICK, Maria C. *et al.* (orgs). **Novas Tecnologias na Genética Humana: Avanços e Impactos para a Saúde**. Rio de Janeiro, Gestec, 2007, p.121-124.

MARTINS, Paulo R. Nanotecnologia. *In*: CATTANNI, Antonio D.; HOLZMANN, Lorena. **Discionário de Trabalho e Tecnologia**. Porto Alegre, UFRGS Editora, 2006, p.183-186.

MARTINS, Paulo R. Nanotecnologia. *In*: MARTINS, Paulo R. **Nanotecnologia e os trabalhadores**. São Paulo, IIEP, Dezembro de 2006, p21-28.

MARTINS, Paulo R. O Necessário Confronto Social. *In*: **Scientific American Brasil**. São Paulo, Ano 3 N32, Jan. 2005, p.26.

MARTINS, Paulo R.; BRAGA, Ruy. **A tecnociência financeirizada: dilemas e riscos da nanotecnologia**. Universidade e Sociedade. São Paulo, Ano XVII, N.40, Julho de 2007, p139-147.

MARTINS, Paulo R.; BRAGA, Ruy. **Promessas e dilemas da revolução invisível**. Sociologia, Ano I número 5. São Paulo, Editora Scala, 2007, p.14-23.

MARTINS, Paulo R.; DULLEY, Richard D. (Orgs). **Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente**. Trabalhos apresentados no terceiro seminário internacional. São Paulo, Xamã Editora, 2008, 428p.

MARTINS, Paulo R.; RAMOS, Soraia F. *et al.* **Impactos das nanotecnologias na cadeia de produção da soja brasileira**. São Paulo, Xamã Editora, 2009, 158.

MORIN, Edgar. **Por uma globalização plural**. Folha de São Paulo, mar. 2002, p. A16.

SANTOS JUNIOR, Jorge Luiz. **Ciência do futuro e futuro da ciência: redes e política**. Rio de Janeiro: Eduerj, 2013.

## CAPÍTULO XXI

# EMERGÊNCIA NO CONHECIMENTO SOBRE COMO AS PESQUISAS SÃO REALIZADAS E FINANCIADAS NAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS

*Marcelo Seráfico*

Vivemos em tempo de emergência! Afirmar isso implica constatar que estamos diante de um momento crítico que precisa ser descrito, caracterizado e interpretado de modo a que se possam vislumbrar estratégias para superá-lo.

As três palestras que assistimos na Mesa 3 do XIX Seminário nos ajudam a entender como esse momento repercute sobre a pesquisa científica, particularmente, sobre os modos de produção da ciência, o que implica relações entre agentes, concepções, práticas e instituições ocupados desde a definição de agendas de investigação até a elaboração de políticas de financiamento e do estabelecimento de mecanismos de legitimação do conhecimento - tácitos e evidentes.

Tendo em vista deslindar essas relações, os processos e as estruturas em que se assentam, os três palestrantes formulam problemas e, partindo deles, reconstroem historicamente algumas das origens da situação grave, crítica, da qual a produção de conhecimento científico é um conteúdo; também qualificam a gravidade, o sentido trágico de que se reveste o cotidiano das pessoas dedicadas a produzir conhecimento científico, mas também daquelas às quais ele se destina e das que permanecerão excluídas de seu usufruto, caso mudanças profundas não ocorram.

Peter Schulz, Paulo Martins e José Manuel Rodríguez-Victoria não restringem suas análises, porém, à caracterização do *campo científico* (Schulz), aos tipos de pesquisa em nanotecnologia finan-

ciados (Martins) ou às formas de gestão universitária (Rodríguez-Victoriano). Vão além, ao situar essas dimensões do “fazer científico” no quadro mais amplo das relações entre política econômica e *ethos* científico; das escolhas políticas sobre que tipo de pesquisa financiar; e das articulações entre *mortos vivos* e *vivos mortos* predominantes nos modos de ensinar e pesquisar, respectivamente.

Considerando em separado cada uma das exposições, cabe sublinhar algumas de suas contribuições específicas.

Peter Schulz nos adverte para a necessidade de situar a ciência no quadro do neoliberalismo, entendendo este não apenas como uma orientação político-econômica – ou doutrina, como sugeriu Leda Paulani, mas também como um *ethos*, isto é, um conjunto de costumes e hábitos que se institucionalizam e conferem sentido à ação dos indivíduos que os produzem, reproduzem e difundem. Daí Schulz propor a tese de que, sim, podemos falar de uma “ciência neoliberal”. Neoliberal porque as “leis sociais” do campo científico estão fundadas em critérios que permitem observar sua produção e reprodução como homólogas às que orientam o campo econômico, particularmente, o mercado financeiro.

Essa *homologia estrutural* entre campo científico e campo econômico implicou transformações que tornaram a quantificação e a concorrência princípios estruturantes da política científica e da conduta dos cientistas.

O número de artigos publicados foi convertido em unidade de medida da produção científica; e a quantidade da produção e das citações de quem os produziu, tornou-se o critério de legitimidade de pesquisadores individuais, de grupos de pesquisadores e de instituições entre seus pares.

A quantificação e a concorrência encontraram nos sistemas de *ranqueamento* sua fórmula unitária. Construíram-se sistemas de avaliação que incluem entre seus agentes uma área específica do conhecimento, a *cientometria*, e profissionais especializados na administração da ciência, os *gestores*, e de instituições incumbidas de financiar a própria atividade científica e sua avaliação, as *agências financiadoras*.

O resultado dessa metamorfose do “campo científico” foi o deslocamento do *ethos* científico, isto é, das práticas individuais dos cientistas e das práticas institucionais das universidades: “(...) a corrida pelos rankings suplantou o interesse pela missão das instituições de pesquisa, enquanto os pesquisadores passaram a se preocupar mais com o capital de prestígio do que com a geração reflexiva de conhecimento”.

Esse deslocamento guarda identidade com o que se passa no campo da economia, em que o mercado financeiro se sobrepõe à economia real! No neoliberalismo acadêmico, o mercado constituído pelo *manejo dos indicadores* se sobrepõe ao conhecimento científico. Daí que as fraudes e a terceirização de funções intelectuais venham fazendo parte das rotinas da burocracia acadêmica. Longe de serem situações graves, mas excepcionais, hoje são parte da normalidade da ciência neoliberal, configurando-se como mais um traço que aproxima o “campo” e o *habitus* que o institui, do campo econômico das finanças.

Traçado esse quadro interpretativo e identificados os problemas implicados pela ciência neoliberal para a democratização do “campo” e do *habitus*, Schulz nos provoca: de que lado vocês está?

Não se trata, apenas, de uma provocação retórica, mas sim de um desafio à imaginação científica e política que busca sublinhar alguns dos entraves postos pelo modo de produção e reprodução da ciência, para a democratização da própria ciência, da sociedade em que ela se assenta e para a qual se apresenta como fonte de respostas a problemas de várias ordens.

Em linha com essa posição, talvez possamos nos indagar: como enfrentar o “campo científico neoliberal”, subtraindo de sua estrutura o peso, a gravidade instrumental, e instaurando um *habitus* emancipatório capaz de reconfigurar as estruturas estruturantes do elitismo e da formação de especialistas sem alma, na feliz e crítica expressão de Weber?

José Manuel Rodríguez-Victoriano, partindo da análise da situação grave experimentada pela universidade pública na Espanha, que se originou da modernização empresarial capitalista ocorrida na década de 1980, nos demonstra ser ela fruto da transição política e da transação econômica vivida por aquele país [o que me faz lembrar da “transição transada” a que aludiu Florestan Fernandes para qualificar a Nova República no Brasil].

A *mercantilização neoliberal* da universidade espanhola transformou a gestão universitária num modo de incorporação das demandas do mercado, do que resultou uma “universidade pública, pouco pública, e insuficientemente autônoma e democrática”.

Mas quem foram os agentes desse processo? Segundo Rodríguez-Victoriano, foi a associação entre “mortos vivos do academicismo franquista” e “vivos mortos da incipiente mercantilização neoliberal” cujo *ethos* exprime o “novo espírito do neoliberalismo universitário”, um espírito animado por palavras de ordem que impregnam de sentido a conduta de indivíduos e suas relações mútuas. De repente, satisfação, inovação, qualidade, empreendedor, motivação, objetivos estratégicos, boas práticas etc. adquiriram a força de conceitos estruturantes das práticas e estratégias institucionais e individuais, convertendo professores e estudantes em *empresários de si mesmos*.

Trilhando caminho distinto do escolhido por Schulz, Rodríguez-Victoriano chega à mesma homologia estrutural entre o campo científico e o econômico, ao sugerir que agências de avaliação de desempenho estão para as universidades como e as agências de *rating* estão para o mercado.

A sugestão é heurísticamente forte: há similitudes entre a lógica que orienta as agências de avaliação da produção científica e aquela das agências de *rating* do mercado? Dizendo de maneira mais direta: o que das práticas de uma *Standard and Poor's*, por exemplo, nos ajuda a entender nossos sistemas de avaliação e ranqueamento da ciência?

Apesar da expertise em *rating* daquela agência e de outras de suas congêneres, lembremo-nos: em 2008 o mercado mundial experimentou uma crise maior ou equivalente à de 1929. A avaliação dos avaliadores revelou-se o maior risco!

Por isso, talvez devamos nos indagar acerca dos riscos para a democratização da ciência decorrentes dos sistemas de avaliação fundados nos critérios de quantificação e ranqueamento, ao invés de fetichizar os sistemas de hierarquização que organizam as instituições e os indivíduos que as constituem.

Essa é, inclusive, uma interpretação possível da conclusão a que Rodríguez-Victoriano chega sobre a *mercantilização neoliberal* das universidades públicas, quando nos remete a sete proposições do Coletivo *Uni-Digna* que, assumidas politicamente, podem contribuir para *desmercantilizar* e democratizar as instituições de ensino superior e pesquisa

Trazendo para o primeiro plano da análise o problema do financiamento público da ciência no Brasil, Martins se indaga sobre que tipo de pesquisa é priorizado e quais os critérios para definir tal prioridade. Lembrando-nos de que o financiamento da ciência e tecnologia, no país, é quase integralmente feito pelo Estado, o expositor enfatiza a necessidade de se refletir sobre o modo pelo qual o recurso público é alocado, sobre as estruturas decisórias que definem essa alocação e sobre quem são os beneficiários das escolhas.

Identificando dois tipos de pesquisa em nanotecnologia, a *ciência da produção*, voltada para o desenvolvimento de processos e produtos, e a *ciência dos impactos*, ocupada em analisar as repercussões sociais, ambientais, econômicos, jurídicos, sanitários e sobre as condições de trabalho, Martins demonstra a prevalência quase absoluta do primeiro tipo.

Isso tem duas implicações imediatas: de um lado, as ciências humanas não participam do esforço multidisciplinar de produção de conhecimento acerca das nanotecnologias, o que significa dizer que a alocação de recursos para financiar pesquisas nessa área

se fundamenta em critérios excludentes. Concebida, para efeitos políticos, como uma *tecnociência*, a pesquisa em nanotecnologia é financiada sem nenhuma preocupação com os *direitos difusos*; com pautas e editais que incorporem temas e problemas relativos à saúde dos trabalhadores, aos direitos humanos, às condições sanitárias, à apropriação econômica dos ganhos decorrentes do uso dessa tecnologia. Tudo isso está ausente das formulações da política de financiamento de pesquisa.

De outro lado, e como consequência, identifica-se a carência de meios de publicização dos resultados dos investimentos e de mecanismos decisórios que incluam representantes da sociedade civil na definição das políticas de financiamento, mas também, nos processos de formulação de problemas e pautas de pesquisa. Isto leva Martins à conclusão de que o “princípio de apropriação antidemocrática dos recursos públicos” é uma realidade característica do ordenamento desse campo.

Isto é, o financiamento da pesquisa em nanotecnologia revela uma perspectiva de ciência e de política científica que a reduz à condição de força produtiva de mercadorias e de processos produtivos de mercadorias; e como atividade em torno da qual se realizam debates que interessam, imediatamente, à própria reprodução do *establishment* científico estruturado em organizações científicas e de grupos, camadas e classes sociais cujos interesses privados se beneficiam do investimento público.

Essa constatação o leva a outra indagação: que mecanismos de controle público sobre a ciência podem contribuir para sua democratização?

Esse é um problema central e nas três exposições encontramos respostas. É preciso considerá-las tendo em conta outro fato para o qual tanto Schulz quanto Rodríguez-Victoriano apontam diretamente, e que é subentendido nos argumentos de Martins: o problema da democratização se coloca como uma questão global, na medida em que os sistemas nacionais de ciência e tecnologia vêm

sendo concebidos e desenhados seguindo uma lógica comum transnacional. Daí ser necessário discernir as especificidades de cada um no contexto da constituição de um vasto modo de organizar a produção e a apropriação do conhecimento.

Restam algumas questões a discutir:

(a) Quais as implicações da constituição desse “mercado financeiro da ciência” para a organização de universidades e instituições públicas dedicadas à produção de conhecimento científico?

(b) É possível estabelecer relações entre o *ethos empresarial* que passou a nortear a conduta de instituições públicas de ensino e pesquisa, assim como de indivíduos, e a emergência do *negacionismo*, entendido como rejeição ao conhecimento científico?

(c) Qual o lugar da crítica em relações de produção do conhecimento científico mercantilizadas da *ciência neoliberal*?

Obrigado.



# CAPÍTULO XXII

## **ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN PÚBLICA UNIVERSITARIA EN LA SOCIEDAD ESPAÑOLA: PROPUESTAS ALTERNATIVAS PARA ENFRENTAR LA MERCANTILIZACIÓN NEOLIBERAL**

*José Manuel Rodríguez-Victoriano*

En la conclusión de “Descolonizar la universidad. El desafío de la justicia cognitiva global” el sociólogo portugués Boaventura Sousa Santos<sup>1</sup> señala que las universidades en el siglo XXI son unos bienes públicos imprescindibles por un doble motivo: vinculan el presente con el mediano y largo plazo a través de los tipos de conocimiento y formación que producen; son un espacio autónomo privilegiado dedicado a la producción de saber, la discusión abierta y la crítica. Por esas mismas razones, las universidades y los institutos de investigación públicos se han convertido en bienes colectivos permanentemente amenazados. La universidad pública española no ha sido una excepción. Veamos.

Desde una perspectiva histórica, la universidad de élites de la dictadura fascista del general Franco de la segunda mitad del siglo pasado se consolidó, durante la transición política con los gobiernos de UCD y sus intentos fallidos de reforma, como una universidad de masas. En 1983, con la aprobación de la Ley de Reforma Universitaria (LRU) del primer gobierno del PSOE emergió una universi-

---

1. Boaventura Sousa Santos (2021), *Descolonizar la universidad. El desafío cognitivo global*. Buenos Aires. Clacso.

dad formalmente democrática y autónoma inspirada en el modelo económico de la empresa capitalista de aquellas décadas.

La modernización capitalista de aquella universidad franquista durante últimas décadas del siglo pasado no supuso una ruptura con sus principios jerárquicos y sus formas de gestión autoritarias. Fue, como ocurrió en el resto de las instituciones españolas, una reforma que los actualizó y los legitimó en un contexto político formalmente democrático. Aunque se amplió el acceso a la formación superior y se incorporaron nuevos alumnos y, sobre todo, alumnas procedentes de sectores sociales históricamente excluidos, la universidad pública de la transición política/transacción económica se diseñó como una “empresa económica” y no como una empresa social. Los gestores universitarios de entonces ya comenzaron a organizar sus planes de estudio, su administración interna y las líneas de investigación escuchando las “demandas del mercado”. El resultado de aquel proceso configuró una universidad pública, poco pública, e insuficientemente autónoma y democrática. Dicho de otro modo, el mestizaje entre los “muertos vivientes” del academicismo franquista y los “vivientes muertos” de la incipiente mercantilización neoliberal impidieron la plena consolidación de una universidad realmente pública autónoma y democrática. La universidad como un “bien común” ciudadano, con unos usos sociales en la docencia e investigación dirigidos a impulsar la igualdad de oportunidades y la democratización de los usos sociales del conocimiento, quedaron relegados a un segundo plano. Una universidad que no fue.

En las décadas siguientes, el auge de la “economía del conocimiento” y la convergencia con el Espacio Europeo de Educación Superior, que inicia en 1999 el proceso de Bolonia, añadirán a aquella universidad empresa de masas nuevos conceptos tales como excelencia, competitividad, índices de clasificación y rankings globales entre universidades. En 2001, con el gobierno neoliberal de Aznar, se puso en marcha una Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (Aneca) que acreditaba, o no, a los docentes y su in-

vestigación en función de su productividad y competitividad. Una agencia de acreditación al estilo de las empresas americanas de calificación de riesgos que no fueron capaces de ver los riesgos de Lehman Brothers. La opacidad de este modelo, sumada al papanatismo y la ceguera con que buena parte de la comunidad universitaria de esos años aceptó estas reformas, ha acabado convirtiéndose en el orden vigente, inamovible e impenetrable. Algunos de sus productos más tóxicos son los sexenios de investigación, el programa Docencia o el sistema de acreditación del profesorado, entendido como una espiral de méritos inacabables y a veces inalcanzables. Este engranaje mantiene al profesorado encerrado en sus despachos, produciendo los méritos que se les demandan, cada vez más lejos de la realidad de las aulas. La retórica y los procedimientos del management procedente de la gestión empresarial de aquellas pautaron la universidad española. El horizonte de la excelencia y los procedimientos de la gestión empresarial pasarán, en esas décadas, a orientar y regular la evaluación normativa de las prácticas investigadoras y docentes. Parafraseando al antropólogo norteamericano David Graeber en su libro “La utopía de las normas, la estupidez y los secretos placeres de la burocracia” encontraron en esta nueva universidad pública concebida como empresa un nicho privilegiado para ir desarrollándose y creciendo. Su consolidación definitiva aún tardará unos años en llegar; coincidirá con las dramáticas políticas de ajuste social que se impondrán en toda Europa. Paradójicamente, la hegemonía de la Universidad empresa de la excelencia coincidirá el momento de los mayores recortes en la educación superior, impuestos en 2012 a través de un decreto del gobierno conservador del PP eufemísticamente denominado “sobre medidas urgentes de racionalización del gasto público”.

Desde esta perspectiva histórica podemos comprender el fracaso en la consolidación de una universidad estrictamente pública en la sociedad española y entender su creciente mercantilización actual. Una perspectiva necesaria igualmente para sostener y diseñar estrategias que, desde el reconocimiento de la universidad como ‘bien

público', enfrenten su progresiva mercantilización y asuman lo 'común' como principio orientador de las políticas universitarias. En suma, entender la universidad pública como 'bien común'. Y para mantener las aspiraciones políticas hacia la igualdad en el acceso a la formación superior de los estudiantes (que el incremento de las tasas académicas ha alterado sustantivamente), como para enfrentar los graves procesos de precarización laboral de la mayoría de sus trabajadores. En suma, para democratizar la transmisión del conocimiento superior y sus usos sociales.

Por su parte, internamente, la retórica de la excelencia investigadora, con todo un nuevo campo semántico: "satisfacción", "innovación", "calidad", "emprendedor", "motivación", "objetivos estratégicos", "buenas prácticas"...ha servido para impulsar e impregnar las prácticas investigadoras y docentes del nuevo espíritu del neoliberalismo universitario. Un espíritu que concibe a estudiantes y profesores como empresarios de sí mismos. Las nuevas regulaciones normativas han impuesto al personal docente e investigador una evaluación permanente con objetivos cada vez más difíciles de alcanzar. Por añadidura, la responsabilidad de no alcanzarlos recae, única y exclusivamente, sobre ellos. La culpa recae sobre la víctima<sup>1</sup>.

En última instancia, la praxis de la excelencia ha bloqueado de hecho la posibilidad de un trabajo docente digno al subordinarlo a la productividad investigadora. Aquellos que no han producido el tipo de investigación exigido por los criterios productivistas y bibliométricos han sido penalizados con más docencia. El incremento de la precariedad laboral y la creciente e imparable presencia del estrés y la presión mental sobre los docentes son hoy la auténtica cara de la excelencia investigadora y la mercantilización neoliberal.

Por las puertas laterales de este edificio o por las principales, como la del Instituto de Investigación de Álvarez Conde en la Universidad Rey Juan Carlos se han ido colando, colocando y titulando en estos últimos años todos aquellos personajes que han tenido po-

---

1. José Manuel Rodríguez Victoriano. Teknokultura. 14(1) 2017: 85-103.

cos reparos en intercambiar prestigio político o económico por credenciales académicas. Su responsabilidad, como ya hemos señalado, no es única. No es un gesto corrupto aislado. En una universidad crecientemente burocratizada, individualizada, tan marcada por la competitividad, la carrera y las promociones, el sentido de lo público en la docencia y en la investigación ha acabado debilitándose. Lo importante es conseguir el título, la acreditación, el índice de impacto, el certificado adecuado que puede permitir obtener los puntos para posicionarte bien en los baremos. En esta guerra sin cuartel por posicionarse y acaparar méritos vale todo. Este es el mensaje que la elite promocionista del profesorado universitario ha dirigido a todo el resto de profesores. Una elite que muchas veces ha ocupado los espacios de gestión y el gobierno de las universidades. En estos espacios, se ha especializado en diseñar los sistemas de control para gobernar el acceso del profesorado, pero, evidentemente, no se ha ocupado de poner en marcha sistemas de control a su propia actuación en los institutos universitarios, departamentos, cátedras de empresa, fundaciones y otras instituciones que campan a sus anchas. Nos ofrecen una fachada de excelencia tras la que reina una corrupción institucionalizada. Como ocurrió en Lehman Brothers. El evaluador no es evaluado<sup>2</sup>.

El resultado ha acabado siendo esta universidad tóxica, “zombi”, mercantilizada y otros elocuentes adjetivos propuestos por profesores ingleses y americanos que han investigado sobre los efectos de este modelo neoliberal en sus propias universidades, golpeadas durante las últimas décadas por todo un catálogo de horrores que da forma a una universidad sin sentido, desorientada, enfermiza. Nuestra universidad responde también a este retrato. Sí queremos evitar su desaparición es urgente trabajar por construir otra universidad pue como ‘bien común’ sea realmente pública, autónoma y democrática.

En esta línea el colectivo *Uni-digna*, orientado hacia una universidad al servicio del bien común y comprometido socialmente, donde

---

2. José Manuel Rodríguez Victoriano. Teknokultura. 14(1) 2017: 85-103.

están representados profesores y profesoras de diversas universidades públicas españolas remitió una carta al actual Ministro de educación español Joan Subirats. Dicha carta<sup>3</sup>, describe con precisión la actual situación de la universidad pública española y propone, desde una perspectiva comprometida con la formación y la investigación al servicio del conjunto de la sociedad, una serie de medidas que posibilitarían su transformación en un sentido progresista. Son las siguientes.

1. Dirigir las políticas públicas de investigación al desarrollo de los repositorios públicos de “acceso abierto”, mandato expreso del programa de la Unión Europea Horizonte 2020, en la línea que plantea la Declaración de San Francisco sobre Evaluación de la Investigación (Dora) y la Declaración de Berlín, administrados por universidades u organizaciones de investigación públicas, que serían una valiosa infraestructura que podrían apoyar la transición a un sistema de evaluación y comunicación académica más colaborativa y adecuada.
2. No reducir la evaluación de la investigación a las publicaciones científicas en forma de papers o capítulos de libros. Considerar otros méritos de investigación, como la labor realizada en la dirección de tesis doctorales, la generación de patentes libres y abiertas, la creación de bases de datos o de software de interés social y público, la consideración de formatos abiertos como documentos pdf, páginas web, blogs o vídeos.
3. Incluir el impacto social como criterio, considerando como mérito la investigación orientada a temas relacionados con el bienestar humano, desde una perspectiva global y local, al desarrollo cultural, a la sostenibilidad y al cambio social, a la conexión con los entornos locales y los movimientos y colectivos de utilidad pública y los beneficios que muestre en la solución de problemas sociales y ambientales o por la participación de la comunidad en el desarrollo de las investigaciones, valorando sus resultados en la transformación de las desigualdades de todo tipo.

---

3. <https://bit.ly/3P3OIuC>.

4. Someter a evaluación los criterios, los modelos, los procedimientos, los agentes que participan, las estrategias de trabajo, las garantías, los resultados y cuantos elementos participen en la actividad evaluadora de la investigación. La evaluación debería ser al menos tan exigente consigo misma como lo es respecto a lo que evalúa. Esta evaluación debe ser transparente, democrática, participativa y pública.
5. Utilizar referentes de buena ejecución en lugar de ordenaciones y ranking. De este modo, por ejemplo, una buena revista lo será no porque ocupe una posición relativa en un listado, sino porque cumple con requisitos establecidos desde criterios científicos. Así se considera, por ejemplo, en iniciativas como Redalyc y Latindex.
6. La investigación de relevancia local debe ser valorada y potenciada, tal y como señala la declaración de Leiden, hoy sacrificada por la exigencia de la publicación en revistas de cualquier parte del mundo, descontextualizadas, pero que tengan alto impacto, que es lo que cuenta.
7. Los criterios cuantitativos, en cualquier caso, únicamente han de ser utilizados para apoyar la valoración cualitativa por expertos y expertas, que tiene que basarse en razonamientos informados y ha de revestirse de carácter deliberativo.

En línea con las propuestas anteriores, se presentaron dos Proposiciones No de Ley (PNL) en el Parlamento español con el fin de superar esas métricas basadas en el factor de impacto de las citas en JCR y similares, ahorrar la ingente cantidad de dinero público que pagamos a estas multinacionales extranjeras y sentar las bases para que la comunidad académica, de forma negociada y consensuada, dé a luz un nuevo sistema de evaluación público y abierto de la investigación. Estas proposiciones son una propuesta para consensuar con la comunidad académica universitaria un sistema de evaluación de la producción científica más justo, que responda a un modelo de ciencia para el bien común.

En una dirección semejante pero con un horizonte más global se sitúa la reciente “Convocatoria Red mundial alternativa de Educación Superior e Investigación”<sup>4</sup>. Dicha convocatoria persigue un triple objetivo: combatir, en todos los países la implementación de políticas neoliberales; federar y dinamizar las luchas locales, nacionales e internacionales, actuales o futuras; y poner en marcha modelos alternativos en la educación superior.

Para terminar, conviene señalar, la necesidad de defender la universidad pública tanto dentro como fuera de la universidad. Sí, como señala Sousa Santos, apostamos por una respuesta negativa y renunciamos al esfuerzo de transformar la universidad, tendremos vidas académicas miserables. Y, si al final y a pesar de nosotros mismos, por razones imprevisibles, la universidad se transforma a sí misma, las generaciones futuras nos recordarán como un grupo de reaccionarios auto-derrotados. Si, por el contrario, apostamos por el futuro progresivo de la universidad pública y luchamos por él; si, al final, se demuestra que estamos equivocados, al menos, habremos llevado a cabo una vida académica digna y podremos estar orgullosos de nuestra decencia como servidores del interés público al haber enfrenado la actual mercantilización, el colonialismo, el patriarcado, el autoritarismo y su imperialismo epistemológico.

## Referências

SANTOS, Boaventura Souza. **Descolonizar la universidad**. El desafío cognitivo global. Buenos Aires: Clacso, 2021.

VICTORIANO, José Manuel Rodríguez La praxis de la excelencia universitaria entre la paranoia de sus promotores y la culpa de sus víctimas: hacia la recuperación del deseo docente y la universidad pública. *Teknokultura. Revista de Cultura Digital y Movimientos Sociales*, 14(1), 2017, 85-103. Disponível em: <https://doi.org/10.5209/TEKN.55047>.

---

4. Ver: Disponível em: <https://bit.ly/3CdzKe6>. Acesso em: 14 abr. 2022.

# CAPÍTULO XXIII

## **POLÍTICAS PÚBLICAS E OS TRABALHADORES DURANTE A PANDEMIA DA COVID-19 NO BRASIL: O QUE NÃO REPETIR**

*Maria Maeno*

### **Descaso e irresponsabilidade do governo federal**

Meu recorte nesta mesa é a classe trabalhadora, compreendida como todos os adultos e, infelizmente, muitas crianças e adolescentes. A primeira marca dessa classe trabalhadora a ser destacada é a desigualdade. Há aqueles que estão na informalidade, vivem em uma situação de limite tênue entre a insegurança alimentar e o estado de fome e fazem parte dos 33,1 milhões de pessoas, segundo pesquisa impactante da Rede Penssan (2º Inquérito Nacional sobre Segurança Alimentar no Contexto da Pandemia da Covid-19 no Brasil). São empregadas domésticas e diaristas, pessoas em situação de rua, ambulantes e camelôs, imigrantes, entregadores, limpadores de para-brisas, guardadores de carros — todos extremamente mais penalizados durante a pandemia, sem evidentemente ter podido ficar em trabalho remoto, tiveram que se expor a aglomerações para sobreviver em um país que não conta com política de renda mínima, e cujo governo federal não queria dar nenhum auxílio financeiro. Pressionado, propôs o valor de 200 reais por mês para os que estavam em situação mais vulnerável, que passou a RS 600,00 (seiscentos reais) graças a uma articulação de partidos da oposição.

Mesmo assim, o auxílio emergencial demorou para cair no bolso de quem precisava e foi sendo prorrogado, gradualmente, desajeitada, com descontinuidades em 2020 e 2021. A pandemia começou

em março de 2020 e a primeira parcela começou a cair em abril de 2020 para quem tinha conta no Banco do Brasil e na Caixa Econômica Federal. No entanto, não sei se todos se lembram, muitas das pessoas necessitadas, que tinham direito, demoraram a conseguir ter acesso ao dinheiro. Queixavam-se de exigências difíceis e quase impossíveis de se atender para quem está em posição mais vulnerável e mesmo em situação de rua: CPF regularizado, número de um celular, internet estável para obter a senha e estar perto da agência bancária, porque o código emitido tinha um tempo de validade, etc. Nesse período, milhões de trabalhadores sobreviveram graças a esforços de entidades e movimentos sociais, religiosos e comunitários.

### **Atividades essenciais não devem ser definidas segundo interesses econômicos**

E para falar de uma primeira coisa que não devemos repetir, lembrarei de como foram tratadas as atividades essenciais e, por consequência, os trabalhadores dessas atividades essenciais. A definição do que é essencial e não essencial não pode ser aleatória ou atendendo a determinados interesses econômicos e de outras ordens. Há atividades unanimemente essenciais, como na saúde, da assistência social, dos serviços funerários, da coleta de lixo e limpeza urbana, dos transportes coletivos, da internet, do fornecimento de energia elétrica, do gás, da água, do controle do tráfego aéreo, da segurança pública etc.

Porém, atividades não essenciais à vida foram mantidas durante praticamente toda a pandemia, segundo o decreto referente a essa questão, incluindo produtos para exportação, que custaram a saúde e a vida de muitos brasileiros, como o setor frigorífico. O argumento de que a manutenção da atividade desse setor seria para nossa segurança alimentar perde, quando acessamos os dados da Associação Brasileira de Frigoríficos (Abrafrigo) que mostram um aumento da exportação de carnes na maioria dos meses de 2020 em relação

a 2019. Segundo as estatísticas do setor patronal, houve aumento de toneladas exportadas, chegando a 28% a mais no mês de junho de 2020, em comparação ao mesmo mês de 2019. Em relação a valores, dos 12 meses de 2020, o balanço contábil foi positivo em 10 meses, chegando a 40% positivos no mês de junho de 2020, como se pode observar na tabela a seguir.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FRIGORÍFICOS**  
Exportação de Carnes e Derivados - Brasil - Mensal

Mês	Janeiro a Dezembro / 2019		Janeiro a Dezembro / 2020		Variação 20/19	
	Ton.	US\$	Ton.	US\$	Ton.	US\$
Janeiro	123.444	457.380.500	135.375	618.265.788	10%	35%
Fevereiro	139.292	518.149.373	131.227	560.123.524	-6%	8%
Março	143.539	529.707.382	147.333	636.209.240	3%	20%
Abril	137.606	516.083.895	135.857	576.579.278	-1%	12%
Maior	151.270	577.810.573	182.856	778.626.043	21%	35%
Junho	137.987	528.174.718	176.366	740.654.358	28%	40%
Julho	166.039	635.014.696	194.120	776.549.846	17%	22%
Agosto	160.338	658.691.480	191.141	753.129.781	19%	14%
Setembro	163.371	679.820.618	166.366	668.640.082	2%	-2%
Outubro	197.932	858.118.292	189.575	790.179.787	-4%	-8%
Novembro	180.214	841.917.022	197.852	844.894.953	10%	0%
Dezembro	173.991	837.548.575	168.156	741.254.449	-3%	-12%
<b>TOTAL</b>	<b>1.875.023</b>	<b>7.638.417.124</b>	<b>2.016.222</b>	<b>8.485.107.129</b>	<b>8%</b>	<b>11%</b>

Fonte: Abrafrigo, 2020.

Mesmo em 2021, quando houve, durante o ano, uma queda de 7% das toneladas de carnes e derivados em comparação a 2020, o balanço dos valores foi positivo em 9%.<sup>1</sup>

Na mineração, outro setor considerado oficialmente como essencial, os produtos foram sendo destinados à exportação. Trata-se de uma cadeia que envolve cerca de 1,5 milhões de pessoas. Também neste setor, pelo aumento do preço das matérias-primas no mundo, houve um balanço comercial positivo.<sup>2</sup>A construção civil teve também sua atividade mantida, não para a construção de casas

1. <https://bit.ly/3WRjn07>. Acesso em: 08 dez. 2022.

2. O setor mineral e a pandemia de Covid-19: um retrato no final de 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3ISgUN9>. Acesso em: 29 nov. 2021

populares ou revitalização de centros urbanos para populações das ruas, e sim para manter a especulação imobiliária.

Além disso, atividades bizarras foram consideradas essenciais pelo governo federal, entre as quais: atividades religiosas e unidades lotéricas. Por outro lado, atividades consideradas no decreto como essenciais não foram mantidas sob o argumento de que haveria aglomerações, foi o caso das perícias médicas do Instituto Nacional de Seguro Social (INSS). Todos os segurados que requereram auxílio-doença tiveram direito a um adiantamento do auxílio-doença no valor de um salário mínimo, o que, de fato, foi positivo para os segurados. Porém, como esse adiantamento se restringia ao valor de um salário mínimo e ao tempo máximo de 60 dias, foram penalizadas as pessoas que faziam jus a mais de um salário mínimo e as que necessitavam de mais de 60 dias para recuperação da capacidade de trabalho, além daquelas que tinham direito ao benefício acidentário, que não foi concedido até 31 de dezembro de 2022.<sup>3</sup>

### **Trabalho foi negligenciado como disseminador do vírus**

A segunda questão que não se pode repetir é a negligência do trabalho no processo de disseminação do vírus. O trabalho movimentou e movimentou milhões de trabalhadores, e nos momentos críticos da pandemia, trabalhadores em atividade presencial, sempre convocados pelas empresas ou pela necessidade, em busca de meios de sobrevivência, lotavam os ônibus, metrô, trens e vans e mesmo assim, não se pactuou aumento do número de veículos do transporte coletivo, atribuição dos governos de diversas instâncias, não se pactuou uma reorganização das atividades de trabalho.

Quase em nenhum momento no país ou nos estados, ou mesmo nas cidades, observamos as autoridades políticas falando

---

3. Brasil, 2020. Secretaria Especial da Previdência e Trabalho. Portaria conjunta n. 79, de 29/10/2020. DOU de 03/11/2020. Disponível em: <https://bit.ly/3qqS-C6O>. Acesso em: 08 dez. 2022.

de aglomerações decorrentes do trabalho. Quando o governador do estado de São Paulo, por exemplo, se referia a aglomerações, falava de eventos festivos, baladas, bares, atividades de lazer noturnas, atividades não compulsórias. Desconsiderava que o grande mobilizador da população era a atividade de trabalho. Era desconsiderado que, para que essas atividades de lazer ocorressem, milhares de trabalhadores eram obrigados a trabalhar presencialmente em meio a multidões, não porque fossem atividades essenciais, mas simplesmente porque eram convocados para o trabalho de servir, fazer aperitivos, carregar bebidas, lavar pratos, limpar cozinhas, etc.

Também as autoridades políticas, com visão curta, só valorizavam o número de leitos disponíveis e mortes, sem considerar que os critérios de avaliação do sistema de saúde deveriam incluir o número de casos. Quanto mais casos havia, mais se disseminadores circulavam e isso, sem considerar o significado da Covid longa, que começou a ser descrita já no início da pandemia.

## **Vigilância em saúde do trabalhador**

O que teria sido possível com os recursos tecnológicos que possuímos? Salas de situação integradas da saúde, trabalho, economia, planejamento, educação, transporte, cidades etc., no país, nos estados e nos municípios, cruzando dados geolocalizados de casos de Covid com mapeamento de atividades de trabalho que causam aglomerações, possibilitando a obtenção de “um filme” dos fluxos das pessoas nos territórios, nas estradas, no espaço aéreo e nas ruas ao longo dos dias que poderiam subsidiar propostas de orientação da organização das atividades de trabalho nos diferentes territórios, municípios e estados.

Isso permitiria programar períodos de necessidade de aumento do número de veículos coletivos para evitar aglomerações, de aumento ou diminuição das atividades econômicas, proporcionando

maior controle da situação, de avaliação de estratégias adotadas e, se necessário, de correção de rotas.

Mesmo para o momento atual é possível ainda monitorar tudo isso, acrescido de esforços para recuperar a economia e vários pesquisadores desenvolveram métodos de avaliar os impactos da pandemia nas cidades, que se utilizados pelo poder público, muito poderiam ter ajudado na tomada das decisões.

Decorrente da falta de comando nacional, de articulação entre estados e municípios, tivemos falhas enormes no sistema de informação e vigilância nos processos de trabalho. Onde se conseguiu monitorar de alguma maneira ao nível nacional foi, por exemplo, no ramo econômico dos frigoríficos, em que já havia uma prévia integração de esforços entre o Ministério Público do Trabalho (MPT), auditoria fiscal do trabalho, SUS e movimento sindical.

Os cuidados com os locais de trabalho, em geral, foram delegados pelo poder público aos empregadores. Uma das poucas orientações nacionais foi dada pelas Portarias 19 e 20, de junho de 2020, do Ministério da Economia/Secretaria Especial de Previdência e Trabalho Ministério da Saúde, na época objeto de muitas críticas por não orientar a necessidade de mudanças em relação ao ambiente, como a necessidade de obras de engenharia para melhorar o sistema de ventilação ou mesmo de instalação de sistemas de climatização com renovação do ar, além de se omitir em relação a mudanças organizacionais, como, por exemplo, diminuição e/ou intercalação de jornadas. Testagem em massa, incluindo os assintomáticos, que permitiriam o bloqueio das cadeias de transmissão, em nenhum momento foi determinada para as empresas. Pelo contrário, estabeleceu-se um metro como distância mínima de uma pessoa para a outra nos ambientes de trabalho e o uso de máscaras cirúrgicas e até de tecido, sabidamente inferiores às do tipo N95 ou PFF2 no tocante à capacidade de filtração do vírus Sars-CoV-2.

Nota técnica do MPT foi contundente nas críticas a esses e outros aspectos, particularmente no setor de frigoríficos.<sup>4</sup>

Esses protocolos eram focados no diagnóstico de Covid e em mudanças no comportamento individual das pessoas que eram orientadas a preferir locais ventilados, **como se esta fosse uma questão individual, com possibilidade de escolha**. Nenhuma determinação clara às empresas foi dada e os trabalhadores foram obrigados a respirar o ar que lhes era disponível.

Gostaria de destacar um indício de negligência dos locais e atividades de trabalho. Em relação especificamente à coleta de informações sobre pessoas adoecidas pelo Sars-CoV-2 categorizadas por ocupações, até agosto de 2020, a ficha do SUS que era usada para o registro dos pacientes com Covid não continha o campo ocupação, a não ser para profissionais de saúde e de segurança.

Quando este campo foi introduzido, o preenchimento era facultativo e a experiência mostra que quando o preenchimento é facultativo, exceto caso haja um amplo trabalho de convencimento dos profissionais de saúde, o preenchimento deixa muito a desejar e a completude é baixa.

## **E os trabalhadores historicamente organizados?**

Para finalizar, vou falar de duas categorias que fazem parte da parcela de trabalhadores do mercado formal, conhecidos pela organização sindical robusta, os bancários e os petroleiros, os quais pude acompanhar durante estes anos da pandemia. Essas duas categorias estabeleceram negociações com as empresas.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou a existência da pandemia em 11/03/2020 e em 16 de março de 2020, já ha-

---

4. MPT, 2020. Nota técnica da Coordenadora de Defesa do Meio Ambiente de Trabalho e do Projeto Nacional de Adequação das Condições de Trabalho em Frigoríficos sobre a Portaria Conjunta n. 19/2020. Disponível em: <https://bit.ly/42o-GXT2>. Acesso em: 08 dez. 2022.

via uma decisão conjunta entre a Federação Nacional dos Bancos (Fenaban) e os trabalhadores, representados por sindicatos e pela Confederação Nacional dos Trabalhadores do Ramo Financeiro (Contraf-CUT), sobre a formação de comitê bipartite de crise.

A Contraf-CUT congrega 8 federações e 104 sindicatos — cerca de 500 mil bancários.

Em abril de 2020, um acordo nacional entre a Fenaban e o Comando Nacional dos Bancários incluiu:

- a redução do horário de atendimento ao público pelos bancos;
- agendamento do atendimento;
- distanciamento físico nas filas;
- rodízio dos bancários, alternando períodos de trabalho presencial e domiciliar;
- antecipação do pagamento do 13º salário pelo Itaú, integralmente, aos funcionários até final de abril;
- o compromisso de não demitir trabalhadores enquanto a pandemia durasse, firmado pelo Itaú e Santander;
- mais de 55% foram para o trabalho remoto e o compromisso de que qualquer alteração seria previamente discutida.

No decorrer do tempo, os empregadores não mantiveram o acordo e, inaugurado pelo Santander, que passou a demitir milhares de bancários a partir do segundo trimestre de 2020<sup>5</sup>, teve início processo de desligamentos dos bancários, o que foi seguido pelo Itaú<sup>6</sup> e Bradesco, Caixa Econômica Federal e Banco do Brasil<sup>7</sup>. Demissões significam menos trabalhadores para a mesma carga de trabalho com aumento de metas, como apontam os dirigentes sindicais.

Também o distanciamento físico, em um trabalho dinâmico nem sempre pôde ser mantido. O grande volume de trabalho

---

5. Santander demite 2.045 funcionários e fecha 91 agências de abril a setembro. Em 27/10/2020. Disponível em: <https://bit.ly/3Cai6rN>. Acesso em: 09 dez. 2022.

6. Na pandemia, Itaú está demitindo até bancários que apresentam boa performance. Disponível em <https://bit.ly/3oGds1B>. Acesso em: 09 dez. 2022.

7. Da promessa à realidade: bancos demitem milhares na pandemia e são alvo de ações na Justiça. Disponível em <https://bit.ly/3IXV6jv>. Acesso em: 09 dez. 2022.

induzia os bancários a minimizarem os sintomas nos casos leves. Também para os gestores, o diagnóstico de Covid e o afastamento significavam menos gente para trabalhar e para atingir as metas. Dessa forma, a tendência foi a de se priorizar o alcance das metas.

De fato, pesquisa denominada “COVID-19 como doença relacionada ao trabalho”, desenvolvida por pesquisadores de diversas instituições, constatou que neste aspecto, de 1.388 bancários que responderam um formulário virtual entre outubro de 2020 e março de 2021, mais de 50% referiram má ventilação e contato próximo a outras pessoas; 74,2% haviam trabalhado com pessoas infectadas por Covid e 45% responderam que todas as pessoas infectadas haviam sido afastadas, mas, quase 51% disseram que nem todas tinham sido afastadas<sup>8</sup>.

Mauro Sales, secretário de saúde da Contraf, destaca que a rede de sindicatos funcionou. Ele conta que o movimento sindical parava as agências nas quais havia surtos, para que os contatantes pudessem permanecer em quarentena e que, em muitas delas, de fato, não havia trabalhadores suficientes para manter a atividade presencial devido aos surtos e várias agências tiveram que permanecer fechadas por dias.

Em vários municípios, segundo ele, obtiveram resposta positiva e ativa da Vigilância Sanitária do SUS que interferia nos locais de trabalho. E nesta questão também a influência política se fez sentir contundentemente: enquanto alguns municípios eram lenientes com as empresas e com o vírus, houve prefeitos que se reuniram com as empresas e suas federações, no caso a Fenaban, para convergir em uma atuação conjunta visando conter a pandemia nas cidades.

A Petrobrás, maior empresa de petróleo do Brasil, com mais de 45.500 trabalhadores próprios, sem contar os milhares de terceirizados, também viveu vários surtos em plataformas, terminais e refinarias que tiveram destaque principalmente na mídia sindical, desde o início da pandemia, como no decorrer do tempo e mesmo agora

---

8. Boletim n. 1. Resultados preliminares. Disponível em <https://bit.ly/3OWQJjk>. Acesso em: 09 dez. 2022.

neste ano, 2022, quando os casos graves são menos numerosos em decorrência da vacinação. Como muitos sabem, os trabalhadores da indústria do petróleo desenvolvem as atividades de trabalho perigosas, penosas e com riscos de diversas naturezas.

Na avaliação das entidades sindicais, a negociação sempre foi muito difícil com a empresa. Apontam como pontos cruciais:

- Havia surtos em plataformas, salas de controle, refinarias, no transporte.
- Os sindicatos desde o início solicitaram máscaras e álcool gel, mas somente depois da segunda quinzena de abril houve esse fornecimento por parte da empresa.
- Os ônibus que transportavam os trabalhadores eram lotados e com o tempo a empresa diversificou e equacionou melhor os meios de transporte
- As salas de controle são fechadas, sem ventilação adequada e os trabalhadores passaram a tomar medidas por conta própria no início, deixando as portas abertas e colocando água sanitária na porta, procedimentos, na época, divulgados como importantes. Por outro lado, as portas abertas traziam problemas para as atividades de trabalho, pois havia ruído intenso e cheiro forte de substâncias químicas, mas os trabalhadores preferiam esse desconforto a correr maior risco de se infectarem. Lembremo-nos que no primeiro semestre de 2020, sabia-se menos do vírus, o número de casos graves e mortes era grande e não havia vacina.

Marcelo Juvenal, do Sindicato dos Petroleiros do Litoral Paulista e da Federação Nacional dos Petroleiros, considera que o rastreamento de casos e a abordagem feita aos contatantes foram insuficientes, não compatível com o avanço do conhecimento e de testes mais sensíveis, que permitiriam detectar a infecção precocemente, como, por exemplo, o uso de testes rápidos de antígenos. Juvenal conta que mesmo na presença de sintomas, uma vez

sendo o resultado do teste negativo, o trabalhador era liberado para trabalhar, e positivava logo depois, tendo sido durante certo tempo fonte de disseminação do vírus para os colegas no transporte, nos locais de trabalho e nas famílias. Ele refere, assim, que a interpretação dos testes era sempre favorável à diminuição do tempo de quarentena e do isolamento.

Vários foram e continuam sendo os embates judiciais: seja para emissão de CAT, seja para agilizar o fluxo dos que ficavam doentes em alto mar e tinham que aguardar dias para poderem voltar à terra, seja para conter a reverter a escala dos embarcados, já muito penosa, tornada mais penosa ainda, o que redundou em problemas de saúde mental e até suicídio reconhecido pelo INSS.

Segundo a pesquisa “COVID-19 como doença relacionada ao trabalho”, de 125 petroleiros que responderam um formulário virtual de outubro de 2020 a março de 2021, 91,2% responderam que haviam trabalhado com pessoas infectadas e 54,3% responderam que nem todos os infectados haviam sido afastados.

Destaquei rapidamente essas duas categorias de trabalhadores, que se enquadram entre algumas das mais organizadas do Brasil, para que se tenha ideia de como foram e continuam sendo grandes as dificuldades em traçar planos comuns em uma situação na qual havia inimigos comuns, quais sejam, o vírus e a doença. Definitivamente, não estamos acostumados com o convívio democrático que, se vigente, poderia ter facilitado a realização de muitos acordos e de procedimentos protetores da vida e da saúde dos trabalhadores.

Em ambos os setores, bancário e petroleiro, ficou evidente que, a despeito do sofrimento e do risco que os trabalhadores e suas famílias correram, muitas das medidas ou da ausência delas fundamentavam-se nos interesses econômicos, que se sobrepuseram aos interesses coletivos. Não se trata de setores deficitários. Os lucros dos 4 maiores bancos cresceram 32,5% de 2020 para 2021, tota-

lizando 81,6 bilhões de reais<sup>9</sup>. Em 2021 tiveram os maiores lucros nos últimos 15 anos<sup>10</sup>.

Também a Petrobrás, em 2021, teve aumento de lucro de 1.400% em relação a 2020, apenas para dar uma ideia<sup>11,12</sup>.

Já se falou muito sobre a desigualdade social na pandemia, que se fez sentir na possibilidade de ficar em casa, na possibilidade de se proteger do vírus, na possibilidade de se isolar quando infectado, para proteger seus colegas e familiares. Isso se aplica também à falta de testagem periódica para a maioria que trabalhou presencialmente, mesmo sem sintomas, o que teria proporcionado diagnóstico precoce dos infectados e diminuído a disseminação do vírus e da doença. Observou-se contraste com o tratamento diferenciado que receberam pessoas que ocupam determinados cargos superiores na hierarquia dos setores econômicos, como temos conhecimento.

Concluindo, gostaria de destacar o que devemos aprender:

1) A democracia é um bem maior nas nossas vidas e a sua valorização passa pela compreensão de que todo o nosso cotidiano deve ser permeado pela pluralidade de ideias e pela existência de fóruns de discussão transparente e de tomadas de decisão fundamentadas, que ajudem a proteger as vidas. Não temos uma tradição longa de convívio democrático na história do país e menos ainda, nas relações de trabalho. Se fosse diferente, certamente, muitos dos danos da pandemia poderiam ter sido minimizados.

2) Esta pandemia só poderia ter sido enfrentada, sem tantas mortes evitáveis, se tivéssemos contado com um comando nacional interministerial que tivesse articulações fortes com os estados e mu-

---

9. Bancos brasileiros têm lucro recorde em pior ano da pandemia. Disponível em: <https://bit.ly/43nRteS>. Acesso em: 09 dez. 2022.

10. Lucros dos bancos em 2021 é o maior desde 2006; veja o ranking e as perspectivas para 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3oNdd4F>. Acesso em: 09 dez. 2022.

11. Lucro da Petrobrás sobe 1.400% e chega a R\$ 106,6 bilhões em 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3OYE1cT>. Acesso em: 09 dez. 2022.

12. Relatórios anuais. Disponível em: <https://bit.ly/3Ney22z>. Acesso em: 09 dez. 2022.

nicípios. Estruturas interministeriais e intersetoriais são previstas na legislação brasileira, mas não funcionaram<sup>13</sup>.

3) O SUS, combatido e vítima de um subfinanciamento crônico, a despeito de respostas equivocadas ou insuficientes por parte do Ministério da Saúde, ainda conseguiu minimizar as perdas de vidas e vacinar a população, tendo como fator limitador a falta de vacinas que exigiu uma escolha de Sofia, elegendo populações prioritárias.

Esperemos que se coloque o fortalecimento do SUS como um eixo norteador de políticas sociais.

1. É preciso aplicar o que a legislação diz: que a saúde do trabalhador é um direito constitucional e humano. A prevalência dos interesses econômicos em detrimento dos interesses da vida atingiu os trabalhadores mais vulneráveis, com forte recorte de cor e gênero, e tampouco poupou os trabalhadores formais, organizados.

2. A desigualdade nos locais de trabalho levou empresas a fornecerem testes diários a trabalhadores do alto escalão ou que por algum motivo eram mais importantes do ponto de vista corporativo, deixando pessoas da limpeza, por exemplo, sem cuidado nenhum, quando sabemos que em condições favoráveis ao vírus, ele infecta todos sem distinção.

3. A negligência dos locais e atividades de trabalho como fontes de disseminação de doenças infecciosas, principalmente quando a transmissão se dá por via respiratória, como no caso da Covid-19, não pode se repetir. Cabe ao poder público considerar esse fato e se preparar para os próximos eventos. Nesta pandemia, a ficha de notificação sequer tinha o campo ocupação até agosto de 2020 e posteriormente a esse mês, passou a ter, porém, de preenchimento facultativo. O INSS no total registrou cerca de 20.797 CAT por Covid em 2020 e 12.264 em 2021, lembrando sempre que os nú-

---

13. Maeno, M, Santos, UP. Lições da Covid-19: a democracia exige um Sistema Único de Saúde forte. In: Santos, RP, Pochmann, M (org). Brasil pós-pandemia: reflexões e propostas. Alexa Cultural, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3EizBa9>. Acesso em: 09 dez. 2022.

meros do INSS são, em sua maioria, os declarados pelas empresas, portanto historicamente subnotificados. Há uma ausência de dados fidedignos. É preciso democratizar as notificações e incluir a dimensão trabalho nos diagnósticos dos adoecimentos e nas notificações.

4. A garantia ao direito ao ar sem contaminantes deve fazer parte da luta de todas as pessoas e os ambientes de trabalho têm que ser bem ventilados, com renovação do ar, condição precípua de ambientes saudáveis, com ou sem pandemias.

Portanto, seria uma ótima oportunidade para as empresas realizarem obras de engenharia e revissem seus sistemas de ar-condicionado. Temos tecnologia de sobra para tornar o ar de melhor qualidade no interior das empresas.

1. É preciso que fiquemos atentos para a Covid longa, que em inúmeros casos, se caracterizam por causar fadiga intensa, alteração da capacidade de memória e de raciocínio, alteração do humor, entre tantos outros quadros, que interferem na capacidade de trabalho e no convívio familiar e social. É preciso estarmos atentos à proteção dos empregos dessas pessoas e direitos sociais garantidos. Estamos falando de centenas de milhares de pessoas. As estruturas de Estado têm que ser preparar para essa realidade.

2. É preciso o reconhecimento, na prática da Covid como doença relacionada ao trabalho.

3. E por fim, gostaria de dizer que para enfrentar os próximos desafios precisamos de instituições federais, estaduais e municipais fortes, sindicatos fortes, movimentos sociais fortes e sobretudo a priorização da vida acima de tudo. E lutar para que o conhecimento acumulado pela humanidade seja um patrimônio coletivo para o bem desse coletivo.

## CAPÍTULO XXIV

# INCERTEZAS AMBIENTAIS EM TEMPOS DE DESTRUIÇÃO DA GOVERNANÇA AMBIENTAL E APROPRIAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS NO BRASIL

*Julianna Malerba*

Ao contrário de um senso comum ambiental que prevalece no debate público, a degradação dos espaços coletivos não é democrática, não atinge a todos de maneira uniforme e tampouco submete todos os grupos sociais aos mesmos riscos e incertezas. Embora o discurso hegemônico difunda a ideia de que a crise ambiental é global, generalizada e que todos estamos igualmente sujeitos aos seus efeitos nocivos, existe, na verdade, uma *lógica política* que orienta a distribuição desigual dos impactos ambientais e o acesso aos recursos naturais.

Se analisarmos a história do Brasil e das formas de ocupação de seu território é fácil constatar que os grupos historicamente vulnerabilizados e de menor renda:

i) são os que vivem em áreas de riscos, sob ameaça de deslizamentos, próximos a aterros sanitários, às indústrias mais poluentes, como é o caso dos polos petroquímicos; e também,

ii) são os primeiros que se veem privados do acesso aos recursos de que dependem para viver graças a instalação de grandes projetos exploração mineral, de geração de energia, de plantio de monocultivos, etc.

Na verdade, as desigualdades sociais, de classe, gênero, cor e/ou etnia definem, em termos de incidência e intensidade, a maneira como os impactos ambientais são distribuídos e o uso dos territórios e de seus bens naturais definidos.

Desde o desastre ocorrido, em 2015, em Mariana/MG, a Rede Brasileira de Justiça Ambiental tem denunciado que o setor mine-

ral brasileiro, com a conivência do Estado, se vale da transferência de riscos e custos ambientais sobre as populações de baixa renda e/ou vulnerabilizadas pela discriminação racial e étnica para maximizar a sua lucratividade:

- 84.5% das vítimas imediatas do rompimento barragem de Fundão, em 2015, que viviam no distrito de Bento Rodrigues, em Mariana, não eram brancas.
- No Córrego do Feijão e em Parque da Cachoeira, localidades mais atingidas pelo rompimento da barragem em Brumadinho, 58,8 % e 70,3% da população, respectivamente, se declara como não branca, segundo o último censo do IBGE de 2010. A renda média em Córrego era de menos de 2 salários-mínimos<sup>14</sup>.

Outro aspecto que domina o senso comum ambiental é a tendência a considerar o meio ambiente como um todo indiferenciado, ignorando que os sentidos dados aos recursos que compõem o meio ambiente são diversos, pois são **culturais e históricos**. *O que significa dizer, por exemplo, que a biodiversidade que é cultivada pelas agricultoras e agricultores tem um valor simbólico muito diferente da biodiversidade valorizada pelas empresas farmacêuticas. O mesmo vale para os rios que têm sentidos distintos para povos indígenas e empresas geradoras de hidroeletricidade.* Ignorar a dimensão cultural e histórica dos bens naturais “invisibiliza fatos e realidades e rouba das pessoas o raciocínio para construir soluções e respostas alternativas” (Moreno, 2016, p.46).

De fato, ao considerar o ambiente como um todo indiferenciado, as ações de combate à degradação ambiental tendem a propor soluções tecnológicas capazes de “economizar” os recursos ambientais através de tecnologias limpas e formas mais eficientes de manejo dos recursos. Essa abordagem reduz os problemas ambientais a sua escassez, sem questionar as razões que determinam a exploração in-

---

14. Disponível em: <https://bit.ly/3qjjoxI>. Acesso em: 23 abr. 2022.

tensiva desses recursos. E tampouco sem visibilizar a desigualdade social sobre a qual a exploração intensiva e predatória se reproduz.

Essa abordagem, que pensa os problemas ambientais em termos de escassez de matéria e energia (e atualmente o debate climático – que tende reduzir os problemas relacionados ao aquecimento global à métrica do carbono, à descarbonização da economia), não possibilita colocar para a sociedade a questão sobre as finalidades que determinam o uso intensivo dos recursos e a degradação acelerada do meio ambiente e o próprio aquecimento global.

Se o mundo e seus recursos são finitos, quais são os fins que damos à apropriação que fazemos desses recursos? Para quê e para quem a intensificação em curso da produção mineral, agropecuária e energética no Brasil?

Essa leitura ainda ignora a desigualdade de poder na definição sobre o uso dado aos recursos. Desconsidera que em função dessa desigualdade de poder as formas distintas de apropriação dos recursos tendem a ser invisibilizadas no momento de implementação de um projeto. Ou seja, despolitiza o debate ambiental apesar da questão ambiental ser uma questão profunda e intrinsecamente política.

O modo como essa despolitização da questão ambiental se configura no Brasil tem origens históricas, determinadas pela concentração fundiária, pelo racismo estrutural e pela distribuição desigual de direitos. Diferenças de renda, cor, gênero, origem e propriedade têm sido historicamente utilizadas para regular a distribuição de poderes e do acesso à riqueza social e aos bens naturais.

O processo de redemocratização do país, após os anos de chumbo da ditadura militar, resultou em algum grau de inflexão nessa dinâmica. Isso se expressou na promulgação de uma Constituição que reconheceu o meio ambiente como um direito difuso e impôs ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo, e, a partir daí, no desenvolvimento de um aparato normativo e institucional de proteção do meio ambiente que, mesmo que insuficiente, garantia algum grau de envolvimento da sociedade e de controle

técnico na definição da política ambiental (art. 225, CF 1988). A Constituição também inovou ao definir uma *interface recíproca entre terra, cultura e meio ambiente, alterando o regime fundiário brasileiro de modo a estabelecer prioridades não mercantis para a destinação das terras públicas: definindo que elas deveriam ser prioritariamente destinadas à Reforma Agrária (art. 188, CF 1988), ao reconhecimento de direitos territoriais a povos e comunidades tradicionais (art. 231, 215, 216 e art. 68 da ADCT/CF 1988) e à criação de espaços ambientalmente protegidos (Art. 225, CF 1988).*

*Ao mesmo tempo, nesse período, experimentamos um processo de fortalecimento da sociedade civil organizada, de surgimento de novos movimentos sociais, muitos deles marcados por um recorte identitário, mas que, pelo caráter estatualmente desigual de nossa sociedade, articulam pautas identitárias a agendas redistributivas – como é o caso da luta dos povos indígenas, quilombolas e comunidades tradicionais e das agendas antirracistas e feministas, pautadas pela juventude preta e periférica.*

*Esse processo, que significou um fortalecimento, sem precedentes de nossa democracia, foi marcado pela emergência de uma leitura socioambiental sobre a realidade brasileira. Uma leitura que estabelece a indissociabilidade entre ambiente e sociedade. Uma leitura que nasce das lutas dos povos do campo e da floresta pelo seu direito à terra – seringueiros, quebradeiras de coco babaçu, ribeirinhos, povos indígenas e quilombolas e outros povos e comunidades tradicionais que afirmam que a proteção a suas territorialidades são fundamentais à conservação da biodiversidade – e também da resistência no campo e nas cidades contra a desigualdade ambiental, das denúncias contra os custos ambientais que recaem sobre os trabalhadores e as populações empobrecidas e periferias obrigadas a conviver com a contaminação de seus ambientes de vida e trabalho, com a falta de acesso à água, a ausência de saneamento, com a perda de suas fontes de renda, seus modos de vida, com a migração e o deslocamento forçado.*

*A emergência dessas agendas, que deram origem ao Conselho Nacional de Populações Extrativistas, do Movimento Interestadual das Que-*

*bradeiras de Coco Babaçu, da Articulação dos Povos Indígenas do Brasil, do Movimento dos Atingidos por barragem, da Rede brasileira de justiça ambiental, da Articulação dos atingidos e atingidas pela Vale, do tiveram impacto sobre a institucionalidade política, resultando em mudanças normativas e legais – expressas tanto nos artigos constitucionais aos quais nos referimos, quanto em políticas públicas ambientais, agrícolas e fundiárias: a criação das Resex e demais áreas protegidas de uso sustentável, dos Assentamentos de reforma agrária ambientalmente diferenciados, o Programa Nacional de Aquisição de Alimentos voltado ao fortalecimento da produção agrícola familiar, a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais são alguns exemplos.*

*Ainda que sua implementação tenha sido aquém da demanda dos movimentos que contribuíram à sua construção, tais agendas também contribuíram para desestabilizar algumas daquelas representações que pautam o senso comum ambiental. Elas deram visibilidade e reconheceram o papel dos conhecimentos tradicionais para a conservação da biodiversidade, por exemplo. Há hoje dados sistematizados que corroboram com um reconhecimento público, que vem crescendo nos últimos anos, sobre a efetividade das terras tradicionalmente ocupadas por povos indígenas, comunidades tradicionais e agricultores familiares para contenção do desmatamento e proteção da biodiversidade e dados sistematizados. A partir de uma análise de tendência das trajetórias diferenciais na cobertura vegetal em todos os biomas brasileiros entre 1985 e 2018, constatou-se que os territórios tradicionais desmataram consistentemente menos em seu interior quando comparado com o entorno (Oviedo; Doblas, 2021).*

*Ao mesmo tempo, também se ampliaram experiências de contestação social que convocam a sociedade a rediscutir os pressupostos para implantação de determinadas atividades e modos de exploração da natureza. Hoje há no Brasil, por exemplo, mais de uma dezena de processos políticos comunitários que demandam a instituição de restrições e limites às atividades de mineração a fim de garantir a proteção das águas, a conservação da sociobiodiversidade, a segurança alimentar e nutricional, o direito ao trabalho e à saúde, a proteção climática, o fortalecimento*

*das economias locais, o patrimônio sociocultural, e o acesso das gerações futuras aos bens naturais (Malerba; Wanderley; Coelho, 2022).*

*Tais debates evidenciam as dinâmicas socioculturais, econômicas e ecológicas, via de regra negligenciadas pelas mineradoras e pelo Estado, que, por sua vez, organizam a vivência histórica e coletiva daqueles grupos e espaços atingidos diretamente pela implementação da extração mineral. Essas experiências têm a potência de alçar à esfera pública uma discussão sobre a imposição de megaprojetos extrativistas que têm gerado múltiplos processos de expropriação, além de ampliar as desigualdades sobre o controle, uso e acesso aos bens naturais.*

No entanto, desde 2016, e especialmente após a eleição de Jair Bolsonaro, em 2019, uma série de estratégias institucionais vem sendo implementada contra toda uma trajetória de conquistas legais e de aprendizado de políticas públicas ambientais e fundiárias, em um movimento muito claro de fragilização de nossa democracia, já que além das tentativas e passar a boiada contra o aparato normativo, como dito pelo então ministro de meio ambiente, também foram revogados ou esvaziados espaços de participação e controle social. Também foi instaurado um clima de perseguição e silenciamento dos quadros técnicos dos órgãos ambientais e fundiários e de desqualificação e criminalização dos movimentos sociais.

Durante esse período, assistimos a um processo de desestruturação e reestruturação do aparato normativo e institucional, com vistas a ampliar as fronteiras de acumulação e a liberar, de maneira acelerada, terras *públicas ao mercado*: foram paralisadas as políticas de reconhecimento de direitos territoriais, reforma agrária e de apoio à agricultura familiar, ao mesmo tempo em que foi facilitada a regularização fundiária de terras griladas. Assistimos também à autorização massiva do uso de novos agrotóxicos; grande parte deles, em função do avanço de conhecimentos sobre seus impactos à saúde humana e ambiental, não possui autorização de uso ou foram banidos de mercados dos países do norte global.

*Ao mesmo tempo, projetos de lei têm sido apresentados para flexibilizar as normas ambientais a fim de facilitar a entrada de empreendimentos econômicos em terras destinadas à conservação ambiental, à reforma agrária e a proteção de direitos territoriais de povos indígenas, quilombolas e demais povos e comunidades tradicionais. Na medida em que essas estratégias avançam, ampliam-se os conflitos e atualizam-se as formas historicamente truculentas de captura de terras, já vivenciadas pelo aumento exponencial dos conflitos agrários nos últimos 5 anos.*

Além de indicar uma clara pretensão de que o direito individual, absoluto e ilimitado de propriedade, que havia sido superado pela Constituição de 1988, volte a imperar e a orientar as ações do Estado, esse processo tem colocado em risco as possibilidades de democratização da terra e a própria conservação ambiental no país, já que deverá transferir terras que estavam fora do mercado para as mãos de empreendimentos que representam alguns dos principais vetores do desmatamento no país. Aqui estamos nos referindo à cadeia de produção de commodities agropecuárias e minerais, principais setores que se beneficiaram desse processo de desestruturação e reestruturação normativa que vivenciamos nos últimos anos. Setores que representam um modelo de produção baseado na modelo de concentração fundiária, de concentração de renda, de produtos. É um modelo avesso à diversidade: baseado numa produção pouco diversificada, altamente dependente de maquinários, venenos e insumos agrícolas produzidos por grandes corporações, que utilizam cada vez menos mão de obra e se apropriam de vastas porções de terra.

A esse cenário se soma um processo mais amplo de avanço acelerado da implementação de soluções ambientais baseadas em mecanismos de mercado – como é o caso do mercado de carbono – que carece de regulação e controle social ao passo que impõe toda uma sorte de restrições e controle ao uso dos territórios por meio de contratos pouco transparentes.

Em conjunto, esses processos corroboraram para ampliar a desigualdade de poder entre empresas, a sociedade em geral e os povos e

comunidades em particular. Também ampliaram as situações de injustiça e racismo ambiental no país ao impossibilitarem, por exemplo, qualquer possibilidade de que mecanismos de promoção de justiça ambiental – como medidas que impeçam a transferência e exposição de riscos sobre os grupos vulnerabilizados – fossem adotadas como critério para decisão sobre a implementação de empreendimentos ou para definição sobre o uso a ser dado a determinados bens naturais.

A recente vitória eleitoral no Brasil sinaliza possibilidades de inflexão nesse processo. O recente discurso do presidente eleito na COP do Clima, no Egito, trouxe sinalizações importantes: afirmou o compromisso ao combate aos crimes ambientais, cobrou das nações do Norte responsabilidade por sua contribuição histórica ao aquecimento global, destacou a importância do multilateralismo, sinalizou compromissos com políticas estruturantes para combate a fome e a desigualdade no país e reafirmou o comprometimento com o reconhecimento dos direitos territoriais dos povos originários. Mas, o contexto é, em muitos sentidos muito mais desafiador, do que aquele que Lula encontrou em seu primeiro mandato. Além de um governo de coalizão que terá que compor com muitas forças políticas que representam interesses muito diferentes, a economia brasileira é ainda muito ancorada no extrativismo mineral e agrícola, representado por setores que se fortaleceram politicamente nos últimos anos, com apoio histórico dos governos petistas. Ao mesmo tempo, a destruição ambiental, expressa no aumento exponencial dos níveis de desmatamento do país, e a ampliação das desigualdades sociais e ambientais no último período, acenderam um alerta junto a opinião pública dentro e fora do país e reposicionaram o próprio lugar do debate ambiental na agenda política nacional e internacional.

O futuro que nascerá dos confrontos que esse cenário aponta ainda é incerto. Em um país marcado por desigualdades estruturais, expressa no racismo que nega direitos e invisibiliza nossa diversidade sociocultural, possivelmente a necessária expansão da democracia

seguirá se dando pelas insurgências produzidas pelas resistências dos excluídos e também por uma disputa cultural que as forças progressistas terão de empreender contra a desinformação que deu as bases para que a extrema direita ganhasse terreno nos últimos anos no país.

## Referências

MALERBA, Julianna; WANDERLEY, Luiz Jardim; COELHO, Tádzio Peters. **Territórios livres de mineração:** construindo alternativas ao extrativismo. Brasília-DF: Comitê Nacional em Defesa dos Territórios frente à mineração, 2022.

MORENO, Camila. **A Métrica do carbono:** abstrações globais e epistemicídio ecológico. Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Boll, 2016.

OVIEDO, Antonio; DOBLAS, Juan. “Efetividade dos territórios tradicionalmente ocupados na manutenção da cobertura vegetal natural no Brasil”. *In*: CUNHA, Manuela Carneiro da; MAGALHÃES, Sônia Barbosa; ADAMS, Cristina (org). **Povos tradicionais e biodiversidade no Brasil:** contribuições dos povos indígenas, quilombolas e comunidades tradicionais para a biodiversidade, políticas e ameaças. São Paulo: SBPC, 2021.



# CAPÍTULO XXV

## **CIBERESPAÇO E METAVERSO: NOVOS HORIZONTES PARA A PESQUISA EM CIÊNCIAS HUMANAS**

*Antônio Bernardes  
Felipe Costa Aguiar*

### **Login**

As reflexões que apresentamos neste escrito são fruto de uma caminhada na pesquisa nas Ciências Humanas, sobretudo na Geografia, desde os idos de 2009 (Bernardes, 2009), quando debatemos teoricamente as relações virtuais e ciberespaço, em seguida, fizemos as nossas primeiras aproximações metodológicas com estudos em Netnografia e Etnografia virtual (Turra Neto; Bernardes, 2013). A combinação entre os aspectos teóricos e metodológicos, pode ser notada em muitos dos trabalhos posteriores.

Não muito distante das questões que ainda temos acerca do ciberespaço, poucos anos atrás fomos arrebatados por outras tantas acerca do metaverso. Se para o ciberespaço ainda é tímido o interesse de pesquisa no âmbito das Ciências Humanas, para o metaverso o é ainda mais. Até mesmo porque se trata de um novo fenômeno digital que possui pouca popularidade.

Sem dúvida que para este texto temos muito mais a dizer acerca do ciberespaço, devido aos anos de pesquisa a fio. Mas, também, não podemos deixar de considerar o metaverso como um novo horizonte de pesquisa para as Ciências Humanas.

Desse modo, no primeiro tópico do texto, diferenciamos ciberespaço e metaverso considerando alguns de seus elementos constitutivos, modos de relação, estruturação social e econômica, etc.

Somente a partir disso conseguimos trazer para o debate alguns aspectos teóricos que nos permite discutir com maior acuidade as semelhanças entre o ciberespaço e o metaverso.

Para debater alguns desafios teóricos e metodológicos que o metaverso pode nos colocar para a pesquisa em Ciência Humanas, antes debatemos algumas metodologias investigativas que permitem a exploração das questões de pesquisa no âmbito do ciberespaço. A partir disso deixamos alguns caminhos em aberto para os estudos metodológicos para o metaverso, os lançando como desafios e possibilidades.

### **Ciberespaço e metaverso: duas faces da mesma moeda?**

Primariamente, gostaríamos de deixar claro que consideramos o ciberespaço e o metaverso como fenômenos distintos, ainda que reservem características similares. Ao perguntarmos se ambos são duas faces da mesma moeda, queremos dizer que apesar do ciberespaço e do metaverso serem diferentes, desde sua constituição e manifestação, há algo que os une resguardando suas especificidades, o humano. Com isso, pensamos que ambos indicam modos de ser (Heidegger, 2006), ou seja, um ato comunicativo que é, inerentemente, humano. Portanto, todas as considerações que fizemos sobre esses fenômenos são como modos de ser na contemporaneidade.

Desse modo, a *Figura 1* demonstra de forma objetiva alguns pontos que tomamos como parâmetro para diferenciar o ciberespaço e o metaverso.



## CIBERESPAÇO

Termo criado por Gibson em seu romance denominado *Neuroromanecer*;

Derivação dos meios tradicionais de telecomunicação, sejam eles síncronos ou assíncronos (telefone, fax, telegrama, carta, bilhete etc.);

Compreende um conjunto de relações sociais mediadas por computadores amparados em hipermídias;

Atividades centralizadas em grandes companhias tecnológicas (Oracle, Microsoft, Facebook, Google, Amazon etc.);

Pouco controle institucional e estatal das redes sociais virtuais e Deepweb, mas bom controle para as requisições Web;



## METAVERSO

Stephenson cunhou o termo metaverso em seu romance *Snow Crash*;

Derivação e aprofundamento das redes sociais virtuais;

Pretende-se utilizar a realidade virtual, realidade aumentada e hologramas para o seu estabelecimento, mas o que se tem hoje em uso público é a projeção em tela e em realidade virtual;

Atividades descentralizadas amparadas em redes de trabalho e participação de internautas para o processamento e validação de todas as requisições;

Baixíssimo controle institucional, sobretudo, estatal;

Num **primeiro ponto comparativo**, percebemos que tanto o ciberespaço quanto o metaverso foram termos cunhados a partir da literatura de romance. O primeiro, no livro “Neuromancer”, o segundo no livro “*Snow Crash*”. No caso de *Neuromancer*, romance do gênero *cyberpunk*, Gibson (2016) lançou os protagonistas numa aventura vivida no ciberespaço. Nesse “novo mundo”, não há materialidade, trata-se de um mundo eletrônico imaginado, em que a porta de entrada são os computadores. Enquanto em *Snow Crash*, Stephenson (2015) cunhou uma história que mescla tanto um mundo fático, aquele no qual estamos situados, quanto um metaverso, sendo as experiências das personagens no metaverso e as informações que elas retiram desse mundo, que são de suma importância para o desenrolar da trama.

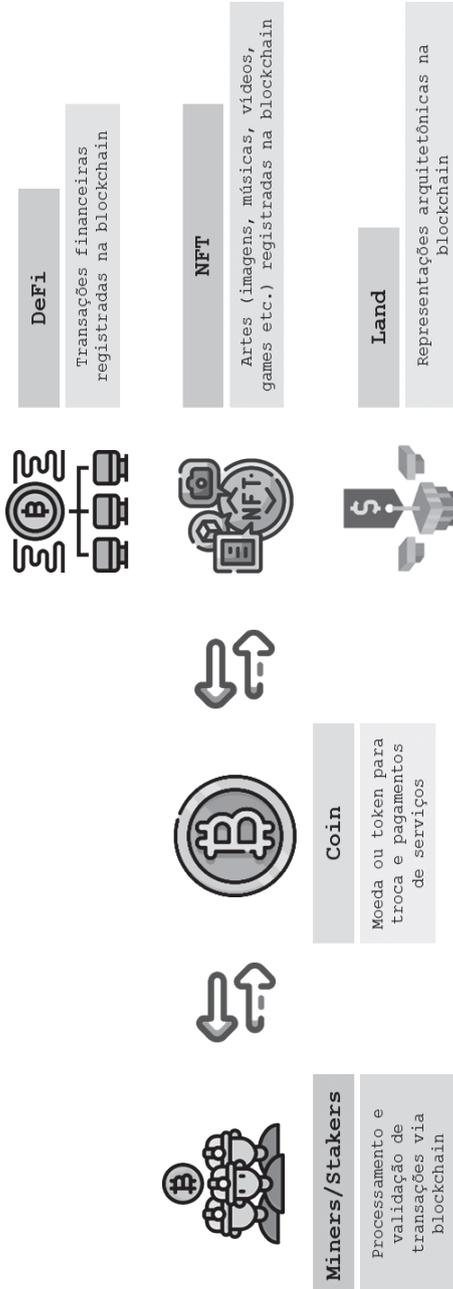
Um **segundo ponto comparativo** se refere ao modo como o ciberespaço e o metaverso se constituem do ponto de vista das relações para os internautas. Pelo ciberespaço conseguimos ver, explicitamente, uma derivação dos meios tradicionais de telecomunicação síncronos e assíncronos (telefone, fax, telegrama, carta, bilhete, TV etc.). Todavia, o mesmo não pode ser dito para o metaverso. Este é, sem dúvida, o aprofundamento das relações sociais que caracterizam o ciberespaço, mas promovendo uma imersão virtual mais profunda. Seja ela por via da realidade aumentada ou por meio de interações em tela que simulam situações cotidianas.

Isto nos leva ao **terceiro ponto comparativo**, que se trata dos elementos que constituem o ciberespaço e o metaverso. O primeiro tem como base a hipermídia, que é uma espécie de síntese de mídias tradicionais para o estabelecimento do ato comunicativo. Para o segundo, a hipermídia não, necessariamente, possui um papel central e sim os ambientes digitais como modelo de projeção existencial para representação de si e do mundo. Havendo processos de individuação, com representações dos meios de comunicação, modos de produção e a venda e consumo

de bens e serviços, seja ela por meio da utilização de realidade virtual, realidade aumentada ou hologramas.

O **quarto ponto comparativo** se refere ao modo como se desenvolveu a estrutura das informações e, por conseguinte, das relações. As atividades desenvolvidas no ciberespaço estão centralizadas em grandes companhias tecnológicas. Google, Meta, Twitter, Microsoft e Oracle são algumas delas. Estas empresas, sobretudo, aquelas que prestam o serviço de redes sociais virtuais, possuem grandes bancos de dados acerca dos internautas com o intuito de vender seus perfis de consumo para outras empresas (Buzoff, 2020). Já no metaverso, essas atividades são descentralizadas, nas quais os internautas e as empresas buscam suprir as suas demandas. Por ora, por mais já se tenha grandes empresas de tecnologia atuando no metaverso, a estrutura econômica dessas atividades ainda possui como base as redes de trabalho, tal como é feito para gerar muitas das criptomoedas. Em outras palavras, há uma rede de computadores que se comunicam entre si, ponto à ponto, tanto minerando como certificando informações, produtos, serviços, contratos, transações financeiras etc., tal como podemos notar na *Figura 2*.

Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente:  
Debates na fronteira do conhecimento



O último e **quinto ponto comparativo**, se diz respeito as regulamentações e controle para as relações, postagens e requisições feitas na Internet e no metaverso. A concentração em poucas empresas de grande quantidade de dados acerca dos perfis dos internautas é uma das principais pautas de debate e a utilizaremos como exemplo.

Em depoimento no ano de 2021, Frances Haugen, ex-funcionária do Facebook, apresentou como os algoritmos da Meta Inc. são usados para direcionamento do que os internautas veem, leem e compartilham em suas redes sociais virtuais.

São considerados mais de 10 mil variáveis para que os algoritmos do Facebook e Instagram estabeleçam o perfil de cada internauta com o intuito de vender seu perfil de consumo para certas empresas e/ou que se apresente para ele as postagens que mais lhe agradam em seu *feed* de notícias. Não importa se elas serão preconceituosas ou com teorias conspiratórias, desde que o internauta esteja satisfeito e entretido com o seu navegar. Nessa situação, quanto mais navegarmos pelas redes sociais virtuais, mais acurado será o nosso perfil e mais “entre os nossos” estaremos, pois só teremos contato com aquilo que converge e não com aquilo que diverge de nossos hábitos e ideias. Contudo, algoritmos de classificação do *feed* têm também seus benefícios, porque eles possibilitam a articulação de grupos de movimentos e segmentos sociais com ideologias próximas, contatos com sujeitos distantes, maior rapidez e praticidade no comunicar.

As discussões acerca da regulamentação das redes sociais virtuais ganharam corpo não só nos Estados Unidos da América, mas também em muitos países europeus, assim como na Austrália, China etc. Justamente por esta ser uma preocupação atual é que fica evidente a carência de controle e regulamentações das atividades realizadas pelo ciberespaço. Primeiro, a seleção daquilo que os internautas consomem pelas redes sociais virtuais tem acarretado problemas de saúde, sobretudo, psicológicos. Isto, sem dúvida, onera os Estados e os sujeitos. Segundo, por que os Estados possuem uma velocidade de resposta muito lenta comparado com as dinâmicas

das relações virtuais. Terceiro, porque, de maneira geral, ainda se considera o ciberespaço como um espaço outro e distinto da facticidade que vivemos, isso acarreta em propostas mirabolantes de regulamentações que são completamente dissociadas da facticidade de ser e da cotidianidade. Haja visto a dificuldade em entender que os serviços prestados pelas empresas detentoras das redes sociais virtuais são privados, mas muitos políticos brasileiros e estadunidenses insistem em tratá-los como públicos, gerando uma confusão conceitual e um descompasso regulatório.

As relações desenvolvidas pelo metaverso são menos reguladas do que aquelas pelo ciberespaço. Seja por que ele é um novo fenômeno digital, estando em fase de desenvolvimento, não possuindo a mesma consolidação e popularidade do ciberespaço. Além do mais, a sua própria estrutura descentralizada, dificulta ainda mais as regulamentações e controles.

Guardada as devidas diferenças entre ciberespaço e metaverso, ainda é preciso destacar as semelhanças. Como foi dito no início deste tópico, compreendemos ambos como expressões do modo de ser do humano contemporâneo. As relações sociais ocorrem *pelo* ciberespaço *e/* ou metaverso e não *no*. Isto, justamente, porque são e estão no mundo factível. Por mais que sejamos influenciados a pensar ao contrário, seja devido as produções fílmicas, como o filme *Matrix*, que popularmente se disseminou a ideia do ciberespaço como um espaço outro, que foi reiterado por muitas das acepção científicas, o relacionando fortemente com a tecnologia (Lévy, 1999), não se deixou de lado a concepção de ciberespaço desenvolvida por Gibson (2016), que o tratou como “uma espécie de espaço eletrônico da mente” (Wertheim, 2001, p.30) que é diferente da facticidade da qual somos e estamos.

Concordamos com Wertheim (2001, p.30) ao afirmar que “quando ‘vou’ ao ciberespaço, meu corpo permanece em repouso na minha cadeira, mas algum aspecto de mim ‘viaja’ para outra esfera”. Isso implica considerar, de uma só feita, não deixamos de ser factível, assim como o mundo, porque a nossa mente viaja pelo ci-

berespaço ou pelo metaverso. Muito pelo contrário, só conseguimos “viajar” por ambos porque somos *o que* somos e somos *quem* somos, ou seja, somos o único ente no mundo que possui a capacidade de questionar a si próprio e ao mundo (Hedeigger, 2006). Ou mesmo como afirmou Santaella (2004), que a navegação pelo ciberespaço só pode ocorrer porque recrutamos diferentes sentidos corpóreos para que haja uma interação mediada eletronicamente.

Sendo assim, seja nos relacionando socialmente pelo ciberespaço ou pelo metaverso, ainda há um lugar a partir do qual fazemos tudo isso, não apenas um *loco* onde estamos localizados e cercados pelas tecnologias, mas um lugar fundante da nossa existência a partir do qual nos relacionamos intencionalmente com as coisas, outros sujeitos e com o mundo que nos circunda. Eis então o espaço geográfico como abordado por Dardel (2011).

### **Como podemos estudar o ciberespaço e o metaverso?**

O desafio de se pesquisar o ciberespaço e o metaverso como novos horizontes para as pesquisas em Ciências Humanas veem, justamente, a necessidade de criarmos metodologias que não elevem virtualidade em detrimento da facticidade, pois atualmente ambos constituem a nossa forma de existência, assim como o lugar onde o mundo, os sujeitos e as coisas se convergem como totalidade.

Diante disso, a melhor maneira que temos nas Ciências Humanas de nos munir de informações para os estudos acerca do ciberespaço e do metaverso é pelas metodologias de pesquisa, que nada mais são do que instrumentos de investigação que nos permitem captar as informações. Mas, para que fazemos isso? Para discutir com a sociedade os problemas e as soluções acerca das tecnologias e inovações, assim como munir os Estados, as empresas e os desenvolvedores com informações e análises relevantes que nos permitam desenvolvê-las de maneira socialmente responsável e sustentável.

Para o ciberespaço temos muitos desses instrumentos de investigação maturados, sobretudo, na Comunicação Social. Todavia, para muitas das outras Ciências Humanas esses instrumentos passam ao largo, assim como o próprio debate acerca das implicações sociais das relações sociais virtuais, das tecnologias e das inovações. O que torna difícil para os cientistas humanos brasileiros se sentarem à mesa para debater regulamentações com referência numa pesquisa e inovação responsável (*responsible research and innovation*), concepção discutida há décadas na *European Commission's Science in Society* (Owen *et al.*, 2012).

Caminhamos a passos curtos, tanto em pesquisa como em propostas regulatórias e socialmente responsáveis para o ciberespaço, ainda mais para o metaverso, devido a atualidade do fenômeno. Dessa maneira, discutiremos algumas metodologias de pesquisa consagradas para os estudos das relações sociais virtuais para o ciberespaço para, em seguida, colocar como horizonte o desafio de estudos para o metaverso.

## **Olhando um lado da moeda: O ciberespaço**

### *Netnografia*

Uma das metodologias de investigação mais consagradas na Comunicação Social para os estudos das relações virtuais é a Netnografia. Bernardes (2021) expôs, em linhas gerais, alguns de seus procedimentos de pesquisa, como representamos na *Figura 3*:

# NETNOGRAFIA

*passo a passo*



A dissertação de mestrado de Aguiar (2022) lançou mão dos procedimentos de pesquisa atinentes à Netnografia com o objetivo compreender como os professores experienciam exaustão nos cotidianos escolares. Ele realizou a webmetria manual e a análise de discurso e conteúdo de postagens no Facebook em que os professores narraram inúmeras histórias, enredando-as a partir da exaustão. Esta pesquisa permitiu ao pesquisador fazer uma interpretação de como eles narraram experiências de lugar e, assim, demonstravam como esses professores experienciaram a escola. Desse modo, o ciberespaço foi a mediação das relações sociais dos professores internautas e também o modo de acesso do pesquisador às experiências que investigava, direcionando a pesquisa para a facticidade que é o lugar a partir das experiências de exaustão narradas pelos professores.

Indo pouco além da pesquisa realizada por Aguiar, é comum na Netnografia o uso de grafos por meio da captação de dados mediados por *softwares*. Estas representações têm como base a teoria das redes, muito utilizada nas Ciências Sociais, para identificação de su-

jeitos (nos) e suas respectivas relações (arestas) com outros sujeitos. Num primeiro momento os dados representados parecem ilegíveis ou difíceis compreensão, devido a quantidade de arestas e nos representados. De toda maneira, a sua interpretação nos permite identificar a quantidade de sujeitos e os tipos de relações que mantêm entre si, assim como entender a intensidade dos fluxos e a formação de grupos e suas respectivas proximidades.

Como exemplos desse tipo de estudo há aquele desenvolvido por Souza e Bernardes (2017) para os estudos de como o movimento Hip-hop da cidade de Macaé utilizou as redes sociais virtuais para divulgação de eventos e ideais. Ainda, há aquele realizado por Recuero (2014) acerca do posicionamento políticos dos sujeitos no Twitter, captando dados por meio de determinadas *tags* que entraram no *trend topics*. Tanto num caso como no outro, os grafos são representações que auxiliam os pesquisadores a identificar os *influencers* e os *followers* numa rede de contatos, assim como os tipos de relações estabelecidas, as intensidades e a formação de grupos e sua representatividade perante a rede.

### ***Etnografia virtual***

Outra metodologia utilizada no campo de pesquisa em debate é a Etnografia virtual. Ela comumente é confundida com a Netnografia, mas é bastante diferente em princípios e modos de execução. Ela tem sido muito utilizada por pesquisadores da Antropologia, tanto que é recorrente a relação óbvia com a Etnografia. Assim como para a Etnografia em Geertz (2001), a Etnografia virtual busca compreender como os sujeitos dão sentido às suas vidas. Contudo, diferente do etnógrafo que busca um mergulho, de fato, nas culturas pesquisadas, o etnógrafo virtual lança mão da mediação pelo ciberespaço para realizar suas pesquisas. Para isso, a análise de dados implica a interpretação dos significados e funções humanas, sendo expressas por meio de descrições e explicações escritas e verbais (Mercado, 2012).

Normalmente a Etnografia virtual é executada em grupos virtuais, em páginas eletrônicas, redes sociais virtuais, fóruns, etc. É comum o uso dos seguintes tipos de observação:

- a. **Observação direta virtual**, que consiste na observação exploratória e descritiva que busca caracterizar padrões de comportamento nos ambientes virtuais. Este procedimento tem sido muito utilizado por jornalista e cientistas para entender as dinâmicas sociais e culturais de grupos políticos extremistas, tanto à esquerda quanto à direita no espectro político. Como exemplo, há o estudo de Dibai (2021) em que ela adentrou num grupo bolsonarista que utilizava o aplicativo de mensagens instantâneas, o Telegram, nos idos do ano de 2019 com o intuito de responder as seguintes questões: “1) Como os apoiadores do presidente se comportaram discursivamente no caso da soltura do ex-presidente Lula?; 2) Quais soluções foram apresentadas ao conflito percebido?; 3) Quais práticas comunicativas foram modalizadas pelos usuários durante a conversação?” (Dibai, 2021, p.8).
- b. **Observação participativa virtual**, baseada na participação do pesquisador como membro da rede de sociabilidade virtual investigada, atuando ativamente. Como exemplo, podemos considerar que este tipo de procedimento é utilizado por policiais em fóruns da *Deepweb* em busca de criminosos e para identificação de atitudes ilícitas.
- c. **Observação participativa virtual e presencial**, caracterizada pela presença ativa do pesquisador não só nos ambientes virtuais pesquisados, mas também nos desdobramentos que essas relações sociais virtuais têm nas relações presenciais. Este procedimento, por exemplo, foi utilizado por Pelúcio e Cervi (2013) para o estudo num *site* de relacionamentos extraconjugais, Ashley Madison, em que se buscava o diálogo com os alguns internautas e depois se realizava o encontro

presencial para entender os desdobramentos que o levavam a infidelidade matrimonial.

Contudo, cabe salientar que por mais que sejam instrumentos válidos para as pesquisas virtuais, a aplicação de questionários, entrevistas e enquetes *on-line* não se configuram como Etnografia virtual, tampouco como Netnografia. Além do mais a Etnografia virtual não é uma transposição da Etnografia, ela pressupõe seus métodos próprios. Hine (2000) considera a Etnografia virtual com toda a complexidade pertencente aos âmbitos da Internet. Sendo assim, essa é “uma etnografia adaptável, que se propõe adequar-se às condições em que encontra” (Hine, 2000, p. 65). Cabe salientar que para a autora a Etnografia virtual não abarca a dimensão *off-line* das relações sociais virtuais, centrando-se na busca dessas manifestações pelo ciberespaço.

## **O outro lado da moeda: O caso do metaverso**

Sem dúvida que para o ciberespaço temos um conjunto de procedimentos metodológicos nas Ciências Humanas que estão consolidados, possibilitando a realização de pesquisas. Todavia, já não podemos afirmar o mesmo para o metaverso. Isto ocorre, principalmente, como já sublinhamos, que ele se trata de um fenômeno virtual muito recente e pouco popularizado, sobretudo, no Brasil. Ou mesmo, devido a sua atual forma de estruturação descentralizada.

Como frisado, uma das diferenças basilares entre o ciberespaço e o metaverso, do ponto de vista do internauta, que é o que nos interessa para os estudos das relações sociais, é o grau de imersão virtual. Pelo ciberespaço temos as representações por meio das hipermídias, sobretudo, em tela. Já para o metaverso o mesmo pode ocorrer, mas buscando uma maior representatividade do mundo factível, simulando dinâmicas presenciais.

Por exemplo, um famoso jogo, para computadores e videogames, GTA (*Grand Theft Auto*), sobretudo, a versão *Roleplay*, que possibilita

a interpretação de personagens, utiliza a clássica hipermídia, mas com elementos que caracterizam o que entendemos como metaverso.



Desse modo, para o *GTA Roleplay*, temos: primeiro, se parte da ideia que o metaverso deve ser o universo *online* que os internautas podem se encontrar, socializar, resolver problemas, trabalhar, etc. Segundo, há representações gráficas que simulam as experiências presenciais. Ao ponto de terem criações de cidades virtuais específicas, como àquela criada pela companhia Alta vista, que se associam a grandes empresas, como o Banco Brasil, Mercado pago, Carrefour, Volkswagen e outras milhares que possuem propagandas ou estabelecimentos no jogo. Terceiro, há regras de comportamento para que se mantenha a sociabilidade e jogabilidade entre os internautas.

Também temos nesse jogo a negociação de criptomoedas específicas que possuem sua base na estrutura de trabalho, como demonstrado na *Figura 2*, assim como, de NTFs (*Non-Fungible Tokens*), que são representações artísticas digitais. Ambas as formas de negociação são disruptivas para as estruturas e relações estabelecidas pelo ciberespaço, indicando alguns preceitos característicos do metaverso.

A partir desse exemplo se torna evidente que o jogo relaciona elementos do ciberespaço e do metaverso com a proposta de uma imersão mais profunda para as relações virtuais. De toda maneira, essa experiência imersiva pode ser ainda profunda quando utilizamos a realidade virtual, a realidade aumentada ou os hologramas. Esses

fenômenos podem ser vistos tanto em jogos ou mesmo em atividades de ensino e comerciais. A realidade virtual, normalmente, é obtida por meio da utilização óculos e outros acessórios que possibilitam uma experiência mais imersiva. Já a realidade aumentada se trata da projeção gráfica na facticidade do mundo pela utilização de óculos específicos ou pelas telas *smartphones*, sobrepondo imagens digitais projetadas naquelas captadas por uma câmera. Os hologramas, possivelmente, é o menos desenvolvido deles e a ideia é que sejam representações gráficas em três dimensões na facticidade do mundo.

A imersão virtual possível pelo metaverso é um dos pontos neurálgicos para os estudos em Ciências Humanas, porque é por ela que se estabelecem as relações sociais e que poderemos entender os impactos sociais que elas terão.

Para as relações que temos hoje temos bem difundidas e popularizadas pelo metaverso, como exemplificado pelo caso do jogo *GTA Roleplay*, os procedimentos de investigação clássicos, tal como entrevistas, questionários, história oral, grupo focal, etc., assim como a Etnografia virtual, dão conta da captação de dados para o entendimento das dinâmicas sociais. Já para Netnografia teríamos muitas dificuldades, pois a estruturação descentralizada do metaverso dificulta a captação de dados por meio de robôs (*crawlers*) em APIs (*Application Programming Interface*) ou pela raspagem (*scrapers*) de dados em tela. Utilizamos esses procedimentos para captar dados em páginas eletrônicas, redes sociais virtuais, fóruns, etc., mas o mesmo não se aplica para o metaverso. Mesmo para a Netnografia realizada de modo manual teríamos muitas dificuldades, pois nos restringiríamos aos *chats* de jogos, das salas de reuniões, das salas de relacionamento, etc.

Por outro lado, considerando, especificamente, a realidade aumentada e os hologramas, como ela se realizará na facticidade do mundo, podemos conjecturar que isso mudará completamente os modos de existência dos sujeitos. Supõe-se que teremos informações *in loco* acerca de lugares, sujeitos e das coisas projetadas sob nossos sentidos e de modo simultâneo, assim como atividades interativas que vão desde jogos ao ensino e pesquisa.

Sem dúvidas que há prós e contras para esse tipo de experiência que estamos conjecturando. Como pró, podemos supor que nossas experiências ficarão muito mais analíticas e informativas e os lugares serão um composto de presencialidades e de virtualidades que se relacionam entre si e ofertam uma nova totalidade. Como contra, teríamos desagregação da totalidade que é lugar devido a confusão entre as coisas e as imagens.

Já que a imagem é o objeto, conclui-se que a imagem existe como o objeto. E, dessa maneira, constitui-se o que chamaremos a metafísica ingênua da imagem. Essa metafísica consiste em fazer da imagem uma cópia da coisa, existindo ela própria como uma coisa. (Sartre, 2017, p.9)

A metafísica ingênua a que se referiu Sartre se trata de considerar que a imagem que temos de uma coisa toma o seu lugar e a consideraremos como a própria coisa. Seria o mesmo que, por exemplo, ao eu falar água, me molharia.

Já vimos essa confusão entre a coisa e a imagem nas relações sociais pelo ciberespaço, tendo o seu auge em considerar a dissociação entre o espaço e o ciberespaço. Em outras palavras, o representado toma o lugar do representante. A imagem toma o lugar da coisa. O virtual toma o lugar do presencial.

Neste caso, as metodologias clássicas de investigação, assim como a Etnografia virtual, ainda seriam boas ferramentas para a pesquisa. Já a Netnografia encontraria os mesmos obstáculos que mencionamos a pouco.

De toda maneira, pensamos que, tanto o metaverso como ciberespaço propiciam experiências e são um campo aberto para o desenvolvimento de metodologias de investigação pelas Ciências Humanas. Até mesmo por que a experiência que temos e teremos pelo metaverso não exclui aquela pelo ciberespaço, pelo contrário. Ambas coexistem e coexistirão, assim como habitam e habitarão nossa experiência de mundo e com os Outros.

## Logout

Apesar das aproximações do ciberespaço e as pesquisas em Ciências Humanas não serem tão recentes assim, explorações sobre as novas formas de sociabilidade, como o metaverso, se mostram como desafiadoras. Com suas características, princípios e modos de funcionamento próprio, o metaverso se apresenta como uma forma de socialização diferente do ciberespaço, o que nos põe em xeque e nos força a pensar novas metodologias de pesquisa. Isso não quer dizer que os procedimentos de investigação desenvolvidos até o momento não são mais úteis, mas sim que precisam de adaptações para se adequar à nova realidade descortinada pelo metaverso.

Diante disso, torna-se necessário não só repensar os procedimentos de investigação, mas os próprios fundamentos das pesquisas em Ciências Humanas, certa vez que, na abordagem geográfica do ciberespaço e do metaverso, não podemos destituir os fenômenos de sua relação inexorável com a facticidade do mundo. Nesse sentido, é importante repensar inclusive o sentido de espaço, para então, não o confundir com terminologias comuns aos procedimentos de pesquisa que apresentamos, como ciberespaço, espaço virtual, espaço digital, entre outros.

No que tange à assimilação do metaverso nas pesquisas em Ciências Humanas, é de suma importância que os pesquisadores adaptem as metodologias para exercer a escuta atenta e constante dos internautas, talvez, mais do que nunca.

## Referências

AGUIAR, Felipe. **Entre fios de exaustão, laços de resiliência**. Universidade Federal Fluminense. 178 p. Dissertação (mestrado em Geografia). Campos dos Goytacazes, 2022.

BERNARDES, Antonio. Como pesquisar as redes sociais virtuais em Geografia? **Estudos Geográficos** (UNESP), v.2, p.22-34, 2021.

BERNARDES, Antonio; SPOSITO, Eliseu. S. Internet, ser e espaço: pressupostos de fenomenologia ontológica estrutural. **Formação** (Presidente Prudente), v. 1, p. 17-27, 2009.

DARDEL, Eric. **O homem e a terra**: natureza da realidade geográfica. São Paulo: Perspectiva, 2011.

DIBAI, Priscilla C. “Lula nunca será livre”: a ofensiva ao inimigo em grupo bolsonarista no Telegram. **Revista Compólitica**, v.11, p. 05-30, 2021.

GEERTZ, Clifford. **Nova luz sobre a antropologia**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.

GIBSON, William. **Neuromancer**. São Paulo: Aleph, 2016.

HEIDEGGER, Martin. **Ser e tempo**. Petrópolis: Vozes, 2006.

HINE, Christine. **Etnografia virtual**. Barcelona: Editorial UOC, 2000.

INFOMONEY. **Banco do Brasil entra para o metaverso e lança experiência em servidor do GTA**. Disponível em: <https://bit.ly/3MTOInIp>. Acesso em: 10 nov. 2022.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 1999.

MERCADO, Luis P. L. Pesquisa qualitativa online utilizando a Etnografia virtual. **Revista Teias**, Rio de Janeiro, v.13, n.30, p.169-183, 2012.

OWEN, Richard; MACNAGHTEN, Phil; STILGOE, Jack. Responsible research and innovation: from science in society to science for society, with society. **Science and public policy**, v.39, n.6, p.751-760, 2012.

PELÚCIO, Larissa; CERVI, Mariana. Traições, Pequenas Mentiras e Internet: conjugualidades contemporâneas e usos de mídias digitais. **Gênero na Amazônia**, Belém, n.3, p.25-51, 2013.

RECUERO, Raquel. Contribuições da Análise de Redes Sociais para o estudo das redes sociais na Internet: o caso da hashtag #Tamojuntodilma e #CalaabocaDilma. **Revista Fronteiras**: estudos midiáticos, Pelotas, n.16, v.2, p.60-77, 2014.

SANTAELLA, Lúcia. **Navegar no ciberespaço: o perfil cognitivo do leitor imersivo.** São Paulo: Paulus, 2004.

SARTRE, Jean-Paul. **A imaginação.** Porto Alegre: L&PM, 2017.

SOUZA, Thais D. de; BERNARDES, Antonio. Da rua à internet, há a rua: sociabilidade e identidade Hip-hop na cidade de Macaé, Rio de Janeiro. **Ra'e Ga**, Curitiba, v.42, p. 21-35, 2017.

STEPHENSON, Neal. **Snow Crash.** São Paulo: Aleph, 2015.

TURRA NETO, Nécio; BERNARDES, Antonio. **Relações de interface e centralidade de lazer noturno em Presidente Prudente** – São Paulo. Anais. XIII Simpósio Nacional de Geografia Urbana. UERJ, 2013.

WERTHEIM, Margaret. **Uma história do espaço: de Dante à Internet.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.

ZUBOFF, Shoshana. **A era do capitalismo de vigilância: a luta por um futuro humano na nova fronteira do poder.** Rio de Janeiro: Intrínseca, 2020.

# CAPÍTULO XXVI

## RECURSIVIDADE HUMANO-MÁQUINA NAS PLATAFORMAS DIGITAIS: UMA PERSPECTIVA ANTROPOLÓGICA

*Letícia Cesarino*

*Ter apenas ideias sugeridas e crê-las espontâneas: tal é a ilusão  
própria ao sonâmbulo e ao homem social (Gabriel Tarde, *As  
Leis da Imitação*, 1890)*

### **Introdução**

O campo interdisciplinar de estudos das novas mídias tem expandido e se sofisticado no Brasil e globalmente, *pari passu* com seu objeto de estudo. Na Web 1.0, a “primeira” internet, ainda se podia falar do ciberespaço como camada bem demarcada do cotidiano, de onde “internautas” entravam e saíam por meio de computadores *desktop* e *cybercafés*. Hoje, a capilaridade crescente da web *plataformizada*, bem como a adoção crescente de algoritmos de segunda geração baseados em inteligência artificial ou aprendizado de máquina (Bucher, 2018; Crawford, 2021), dificulta até mesmo delimitar este como um sub-campo de estudos em separado. Hoje, as novas mídias e seus efeitos transversais são temas compartilhados por inúmeras disciplinas dentro e fora das ciências humanas, bem como por campos interdisciplinares já consolidados (*media studies*, *science & technology studies*) e emergentes (humanidades digitais, ou *software*, *algorithm* e *platform studies*).

No Brasil, as ciências sociais ainda são tímidas na incorporação desses e outros diálogos *transdisciplinares* sobre os efeitos sócio-técnicos das novas mídias e suas implicações regulatórias. Estudos da

cibercultura inspirados na teoria do ator-rede, na filosofia da técnica e na psicologia ecológica trazem intuições importantes sobre como entender e acessar metodologicamente o papel da agência não-humana dos algoritmos, e de ambientes relacionais emergentes do tipo “rede” (Bruno, 2012; Rifiotis e Segata, 2016; Regattieri e Antoun, 2018). Em projetos recentes, venho aprofundando essas convergências transdisciplinares por meio do paradigma sistêmico que o antropólogo e ciberneticista Gregory Bateson (1972) chamou da “explicação cibernética” ou “negativa” (Cesarino, 2022).

Dentre os efeitos adversos das interações humano-máquina contemporâneas, os fenômenos ligados à desinformação – conspirações, radicalização política, negacionismos – têm recebido atenção especial. Sua semelhança em muitas partes do globo sugere um protagonismo das mediações técnicas operantes no ambiente comum no qual esses públicos vicejam, em países tão diferentes quanto Índia e EUA, Brasil e Hungria (Waisbord, 2018; Gerbaudo, 2018; Fielitz; Marcks, 2019; Empoli, 2019). Esses ambientes são compostos não pelas tecnologias digitais entendidas enquanto externas ao humano, mas pelas relações recursivas e coemergentes que os algoritmos entretêm com a cognição e comportamento dos usuários (Chun, 2016; Lury; Day, 2019). Enquanto parte das humanidades digitais, a antropologia pode contribuir com um olhar integrado sobre as relações humano-máquina, renovando sua vocação original dos “quatro campos” (*four fields*) para integrar, numa mesma perspectiva sistêmica, aspectos socioculturais, técnico-materiais, linguísticos e cognitivo-encorporados (Cesarino, 2021a)<sup>1</sup>.

### ***Loops* humano-máquina na web plataformizada**

Com o alcance e rapidez crescentes da internet e das novas mídias, os loops recursivos entre humano e máquina têm se expandido

---

1. Na antropologia brasileira, é comum traduzir *embodied* pelo neologismo “encorporado” (Viveiros de Castro, 1996).

cada vez mais em termos tanto extensivos (globais) quanto intensivos (na capilaridade da relação com os usuários). Ainda que com timings variados em cada país, a inflexão neste sentido parece ter se dado em fins da década de 2000, com a popularização de smartphones, tablets e outros dispositivos móveis – que, no Brasil, deu um salto ascendente no conturbado ano de 2013. Foi também neste momento que se consolidou a prevalência da internet plataformizada, baseada na integração do fluxo de dados entre plataformas por meio das APIs (D’Andrea, 2020). Esse modelo de internet, que Zuboff (2018) chamou de capitalismo de vigilância, vem se articulando cada vez mais com o mundo offline em escala planetária (Bratton, 2015).

A internet contemporânea é, portanto, muito diferente da web 1.0, que embasou os primeiros estudos no campo da cibercultura. Ela se fundamenta na sofisticação e ampliação dos sistemas de “agentes” maquínicos (Bruno e Vaz, 2002) que hoje capturam e vendem a atenção dos usuários na forma de dados para anunciantes, outras plataformas e empresas (Wu, 2017). Os loops humano-máquina que ela enseja são altamente assimétricos (Zuboff, 2018): enquanto usuários são constantemente interpelados por sistemas algorítmicos desenhados para capturar sua cognição (Seaver, 2019) e dela extrair valor, sua influência recíproca sobre esses sistemas é residual. Como vem apontando expoentes da “virada ética” na indústria tech, essa assimetria aliena dos usuários humanos o controle sobre a própria atenção, que é o cerne do modelo de sujeito liberal auto-possuído (Thompson, 2019).

Num sentido similar, Marres (2018) notou como a lógica de marketing subjacente à arquitetura das plataformas objetiva a produção de “sujeitos influenciáveis”. Isso se dá, entre outros meios, pela circulação de conteúdos gerados pelos próprios usuários, maximização do tempo de tela e produção de públicos em rede (networked publics) (boyd, 2011) segmentados de acordo com uma lógica homofílica que conecta igual com igual (e não através da diferença ou da aleatoriedade) (Lury; Day, 2019; Chun, 2021). Hoje, os agentes maquínicos que operam nesses ambientes fazem parte da

mente estendida (Bateson, 1972) de boa parte dos usuários humanos: a eles delegamos a tarefa cognitiva de navegar, em nosso nome, um universo crescente de informação que tende à entropia<sup>2</sup> (Bruno; Vaz, 2002; Cesarino, 2021).<sup>1</sup>

Embora suplementem cada vez mais o aparato – técnico, biológico, linguístico, cultural – que media nossa relação com o mundo por meio de suas múltiplas camadas de *affordances*<sup>2</sup> (Boyd, 2011; Bucher; Helmond, 2017), esses agentes não estão sob nosso controle.<sup>3</sup> Sistemas algorítmicos “atuam segundo princípios e regras que lhes são próprios” (Bruno; Vaz, 2002, p.28), e que são definidos pelas plataformas por meio de procedimentos dos quais nós usuários somos excluídos. Esse déficit de *accountability* e transparência pública se liga ao fato de que o usuário comum não é o cliente principal da economia da atenção datafocada, mas seu produto, matéria-prima e trabalho não-pago (Wu, 2017; Zuboff, 2018).

Para se acoplar aos usuários humanos e deles extrair valor, os sistemas algorítmicos precisam coincidir com sua cognição em alguma escala, e fazê-lo de forma performativa: não no sentido de produzir realidades a partir do zero – nenhuma tecnologia tem esse poder –, mas de extrair seletivamente certas potencialidades do humano, e não outras. Não se trata aqui de determinismo tecnológico, mesmo porque essas potencialidades e seus efeitos estão, em última instância, fora do controle dos agentes corporativos que desenham e detêm as plataformas – e aí está, justamente, a raiz do problema. A plataformização produz um ambiente propício à produção de

---

1. Entendo entropia no sentido de Latour e Woolgar (1997), enquanto aumento da equiprobabilidade dos enunciados.

2. *Affordance* é um termo da psicologia ecológica (Gibson, 1979) hoje utilizado em campos como design robótica para designar propriedades dos ambientes que co-emergem na relação com um determinado agente. Bucher e Helmond (2017) distribuem as *affordances* digitais num espectro que vão desde as mais gerais, como binarismo, copiabilidade ou editabilidade, às mais específicas a interfaces entre usuários e determinadas plataformas, como escalabilidade, portabilidade, multimedialidade ou buscabilidade.

influência que pode, inadvertidamente, servir a interesses e forças políticas imprevisíveis, como temos visto com a ascensão da extrema direita em todo o mundo (Maly, 2018; Fielitz; Marcks, 2019; Empoli, 2019; Silva, 2020; Leirner, 2020; Cesarino, 2022).

A difusão recente dos populismos e conspiracionismos por vias digitais sugere que os efeitos desse extrativismo cognitivo têm assumido formas que o paradigma moderno-liberal tende a associar com irracionalidade, emoções ou comportamento de rebanho (Laclau, 2013). Embora estes sejam efeitos não-intencionais – nenhuma plataforma intencionou a ascensão da direita radical ou das teorias da conspiração –, elas tampouco são pura contingência: as arquiteturas digitais de hoje são, em larga medida, construídas com base em modelos do humano derivados do comportamento animal. Isso inclui desde modelos mais individualistas do behaviorismo clássico (ratos, pombos), até os mais coletivistas das dinâmicas de contágio viral ou comportamento de enxame (swarm) (vírus, insetos, pássaros) (Parikka, 2010; Chun, 2016; Marres, 2018; Nadler; McGuigan, 2017; Zuboff, 2018).

Por meio do engajamento cada vez mais contínuo e capilar entre cognição humana e maquinica, opera-se uma (re)educação da atenção (Ingold, 2010) dos usuários que se dá no plano “incorporado” e pré-consciente da produção de memória, hábitos e afetos (Chun, 2016), onde processos miméticos (de imitação ou cópia) ocupam papel central (Lempert, 2014; Lakoff, 2009). Esta sempre foi a visão original cibernética, entendida por seu fundador, o matemático Norbert Wiener (2017), enquanto uma super-ciência do “comando e controle no animal e na máquina” (grifo meu) – e não no humano e na máquina. Como sugere Galison (1994), a ontologia do humano subjacente à cibernética de Wiener se ancorava, ainda, numa visão não-humanista do inimigo de guerra enquanto servomecanismo, ou seja, dotado de comportamento maquinico desprovido de interioridade subjetiva e moral.

Ao ir de encontro aos pressupostos sobre o humano subjacentes à modernidade liberal e seu sistema de peritos (Cesarino, 2021),

portanto, a arquitetura algorítmica da internet contemporânea introduz vieses técnicos favoráveis a processos políticos e epistêmicos avessos àqueles consolidados no modelo da democracia liberal (Cesarino, 2022). Como notaram Bruno e Vaz (2002) ainda no momento inicial de emergência dos agentes algorítmicos, esses sistemas minimizam “a ‘deliberação’ e a planificação. Os padrões e a funcionalidade do comportamento não seriam prévios, mas emergentes, resultando da interação entre o agente e o meio” (29). Hoje, eles se complexificaram em um “ambiente de testagem total” (Marres; Stark, 2020) onde não há “controles” no sentido científico-experimental do termo (Latour; Woolgar, 1997). Verdades são reveladas de modo performativo e a posteriori, num regime de verificação emergente mais próximo do marketing do que da ciência: verdade é “o que quer que venda”, num sentido amplo do termo “vender” (Mirowski, 2019). Assim, o capitalismo de vigilância se alimenta de, e ao mesmo tempo ajuda a aprofundar, o pano de fundo mais amplo de desestabilização das estruturas históricas do sistema de peritos moderno, que inclui a própria democracia liberal (Cesarino, 2021). Um dos efeitos mais evidentes dessa desestabilização é o reencantamento do mundo no pensamento conspiratório e mesianismos políticos que sustentam a ascensão da extrema direita nos EUA, Brasil e alhures (Comaroff; Comaroff, 2000; Steward; Harding, 2021; Brown, 2019; Cesarino, 2022).

Propriedades da internet contemporânea que vão em sentido contrário ao da infraestrutura sócio-técnica que tem sustentando a democracia liberal e o sistema de peritos moderno incluem: uma espacialidade de rede articulada com uma temporalidade de crise permanente (Chun, 2016); deslocamento da esfera pública por públicos em rede segmentados e emergentes; colapso de contexto (context collapse) (boyd, 2011) entre público e privado e entre as esferas sociais weberianas (economia, política, religião, etc.); deslocamento da confiança no sistema de peritos por eu-pistemologias (i-pistemologies) (Zoonen, 2012) onde o usuário individual integra

causalidades por meio de uma lógica aditiva a partir de repertórios disponíveis online (Rushkoff, 2013; Cesarino, 2021); preponderância da visualidade e da linguagem imagética e memética em detrimento do texto escrito (Bieguelman, 2021); e uma forma paradoxal de individuação em rede baseada num hiper-individualismo relacional (Lury; Day, 2019) ou *divíduo* (Deleuze, 1992).

Tomados em conjunto, esses processos convergem num viés tecnopolítico favorável aos públicos conspiracionistas e politicamente radicalizados no que se ancoram os processos recentes de fragilização da democracia e das ciências regulatórias (Cesarino, 2022). Dentre estes, destaco, a seguir, a própria transformação do regime espaço-temporal de atuais sistemas sócio-técnicos, cuja regulação envolveria uma ampla reforma não apenas nas arquiteturas algorítmicas das plataformas, mas no próprio modelo de negócios da indústria tech (Morozov, 2018).

## **Temporalidade de crise permanente e bifurcação de públicos antagônicos**

Desde ao menos Leroi-Gourhan (2002), a literatura antropológica tem chamado atenção para a centralidade do ritmo na co-emergência entre humanos e artefatos técnicos. Não apenas os gestos, mas sua temporalidade conforma (ou seja, dão forma) à atenção do agente e sua relação com o ambiente. Como outras mídias modernas (McLuhan, 2013), a internet não é um conjunto de objetos técnicos discretos, mas conforma um ambiente com o qual os sujeitos co-emergem entre si. Mas diferente das mídias analógicas, nas novas mídias cibernéticas o ritmo de engajamento dos usuários é hiper-intensivo, e os gestos, repetitivos. Chun (2016) sugere que suas *affordances* estabilizam um ambiente de crise permanente que converge de modo fundamental com o espaço-tempo neoliberal (Guyer, 2007) onde o que era exceção – a crise – vira regra. Essa nova temporalidade levando à fragilização da linearidade progressiva

e à sua substituição pelo tipo de temporalidade não-linear característica dos públicos conspiracionistas e politicamente radicalizados: ao mesmo tempo hiper-presentistas (Rushkoff, 2013), mas também messiânicos, apocalípticos, regressivos (Comaroff; Comaroff, 2000; Harding; Steward, 2021; Teitelbaum, 2020; Cesarino, 2021b).

Chun (2016) entende “crise permanente” como o fluxo contínuo de micro-eventos que continuamente interpelam a atenção dos usuários e demandam deles uma intervenção – um click, um compartilhamento, uma visualização. Com o aumento da capacidade de processamento de conteúdo e portabilidade dos dispositivos digitais, a web contemporânea eleva a capilaridade e recursividade dos loops humano-máquina a níveis inéditos. *Low level affordances* como a barra de rolagem infinita, a algoritmização dos feeds, as pequenas recompensas e interpelações constantes em curtidas, notificações ou recomendações são colocadas a serviço da maximização do tempo de tela dos usuários (Wu, 2017). Tudo concorre para que o usuário permaneça em engajamento ininterrupto com os sistemas algorítmicos, sob o risco da própria existência do seu “eu” virtual evanescer: temos, nos termos de Chun (2016), que nos atualizar constantemente apenas para continuarmos os mesmos. O papel central dos aplicativos de mensagens no Brasil mostra, ainda, como essa dinâmica “involuntiva” (Cesarino, 2022) pode ocorrer mesmo sem a mediação direta de algoritmos de recomendação e organização do feed (Cesarino, 2020a; Evangelista; Bruno, 2019).

Fielitz e Marcks (2019) apontaram essa temporalidade como uma das condições de eficácia do que chamaram de fascismo digital: um tipo de mobilização política que viceja em ambientes de ameaça constante e caos cognitivo. Com efeito, essas mídias têm papel central na dialética de produção e redução da desordem que sustenta as promessas messiânicas dos populismos “aspirantes a fascismo” (Connolly, 2017): “a conjuração produtiva de um mundo saturado de violência e ambiguidade moral” que apenas a liderança pura “é capaz de reduzir a uma ordem habitável” (Comaroff; Comaroff,

2004, p. 824). No caso brasileiro, o WhatsApp foi uma via central para a viralização de conteúdos alarmistas, conspiratórios e fatos alternativos aos da esfera pública (Santos *et al.*, 2019; Evangelista; Bruno, 2019). O único modo de evitar o desenlace trágico da venezuelização, sexualização das crianças, corrupção generalizada, dominação globalista etc. era eleger Jair Bolsonaro, construído como o líder moralmente puro e autêntico patriota (Cesarino, 2020, 2022b).

Para além da instrumentalização eleitoral do aplicativo, há o seu papel, menos notado, na produção de um pano de fundo de desordem permanente. Refiro-me, por exemplo, à ampla circulação de imagens e vídeos contendo cenas explícitas de violência (torturas, mortes, estupros, espancamentos, bestialismo) gravadas por celulares ou câmeras de segurança, além de vídeos pornográficos e esquemas fraudulentos que proliferam nas “economias ocultas” contemporâneas (Comaroff; Comaroff, 2000). A criptografia impede averiguar a real prevalência desse tipo de conteúdo nos celulares dos brasileiros, mas evidências etnográficas apontam nessa direção (Spyer, 2017; Junge, 2019; Cesarino, 2020a). No caso brasileiro e talvez em outros, é possível supor que o aplicativo (e equivalentes como o Telegram), chamado por alguns de “dark web de bolso”, possa estar contribuindo para a perenização da atmosfera de crise, ameaça e pânico moral na qual a extrema direita, o punitivismo moral e conspiracionismos hoje vicejam (Comaroff; Comaroff, 2004; Brown, 2019; Cesarino, 2020c).

Os efeitos desse ambiente são mais profundos, todavia, que a simples replicação de conteúdos violentos e conspiratórios. Como elaborou Chun (2016), ao interpelar a cognição incorporada dos usuários numa temporalidade de crise permanente, a arquitetura da web contemporânea não apenas desencoraja a reflexão analítica, mas faz com que a produção de hábito degenerem em adicção. Este e outros efeitos clínicos da internet contemporânea, como lesões por esforço repetitivo e distúrbios de ansiedade, evidenciam como a experiência humana junto às máquinas cibernéticas está longe de

ser abstrata e descorporificada, como o termo “virtual” pode sugerir (Rushkoff, 2013). Discursos têm sua base não apenas na materialidade dos objetos técnicos – o que está “além” das telas, ou seja, toda a infraestrutura que precisa estar no lugar para que essas tecnologias funcionem. Sua infraestrutura também está “aquém” da tela, ou seja, na materialidade da relação encorporada entre esses objetos técnicos e os usuários humanos, cuja cognição pré-consciente também opera como um tipo de infraestrutura.

Estudos de campos experimentais como a psicologia cognitiva e neurociências trazidos por Lakoff (2009), Connolly (2017) e outros ressaltam, por exemplo, o caráter encorporado de posicionamentos políticos. Afetos viscerais de repulsa são processados em redes neurais que extrapolam o sistema nervoso central, se estendendo para o trato digestivo e produzindo metáforas literais como “sentir nojo” pelo adversário, ou “não ter estômago” para certo tipo de discurso.<sup>3</sup> Lakoff (2009) também nota como neurônios-espelho estruturam a produção de empatia por aqueles que reconhecemos como iguais, por meio da apreensão sensorial do corpo do outro – o que corrobora a centralidade de uniformes, coreografias, cores, logotipos e canções na produção de equivalência líder-povo em 2018 (Laclau, 2013; Cesarino, 2020a).

A construção de equivalência líder-povo por meio da mimese-identidade é complementada, ainda, pela produção de um antagonismo amigo-inimigo por meio da mimese inversa (Cesarino, 2022): a construção do outro enquanto um espelho invertido do “eu” ao qual é negado qualquer tipo de reconhecimento (Lempert, 2014). No ambiente digital, essa bifurcação é reforçada pelo viés de segmentação próprio dos algoritmos homofílicos (Chun, 2021), bem como por dinâmicas cismogênicas (Bateson, 2008) de escalamento da rivalidade propiciadas por dinâmicas algorítmicas como

---

3. Experimentos recentes sugerem, por exemplo, que sentimentos de intolerância moral ao outro podem ser atenuados pelo efeito de substâncias que reduzem a sensação de náusea, como o gengibre (Tracy *et al.*, 2019).

batalhas de hashtags invertidas, por exemplo, #EleNão versus #EleSim (Cesarino, 2019; Nunes, 2022).

O tipo elementar de gramática política avançada pela extrema direita é facilmente apreensível pelo senso comum, inclusive por meio de processos mentais do tipo algorítmico (Se veste a cor vermelha, então é um inimigo). Ela prescinde do tipo de educação cidadã pressuposto para o bom funcionamento da democracia liberal (Brown, 2015). A visualidade e simplicidade discursivas – novamente, um plano linguístico que compartilhamos com a cognição animal<sup>4</sup> – são, hoje, a linguagem que predomina na internet, em plataformas de imagem e vídeo como Instagram, YouTube e, mais recentemente, Tik Tok e Kwai.

Quando levados ao extremo, esses vieses técnicos podem operar uma bifurcação de públicos por meio de uma dupla inversão, manifestada na metáfora da red pill do filme Matrix (Cesarino, 2022). As “bolhas” conspiratórias passam a ser vistas como o lugar de toda verdade e liberdade de expressão, e a esfera pública convencional, como o locus mentira, da hipocrisia e da manipulação. Essa conversão é experimentada pelos usuários como libertadora e empoderadora, pois delega aos indivíduos a curadoria última da verdade: são eles que, com a ajuda espectral (Neto, 2020) dos algoritmos, “fecham a Gestalt” a partir das suas experiências online personalizadas. Uma vez tomada a pílula vermelha, os usuários adquirem o poder de transitar entre um mundo visível, de superfície, e um mundo oculto, subterrâneo (Abidin, 2021). Trata-se de uma operação sobretudo cognitiva: eles voltam a circular pelo mesmo ambiente da sociedade dominante, porém agora com a perspectiva “correta” sobre o que realmente estaria por detrás dos acontecimentos.

Em conspirações como a do QAnon, isto é patente no imperativo de “fazer a própria pesquisa”, onde os usuários vão conectando fragmentos de informação captados a partir do imenso arquivo des-

---

4. Evidências anedóticas indicam que primatas superiores são capazes de utilizar, de forma não-aleatória, aplicativos de imagens como o Instagram (Cole; Emerson, 2019).

conexo hoje disponível na web. Esse procedimento epistêmico, que Rushkoff (2013) chamou de “fractalnoia”, segue uma lógica aditiva muito diferente da científica (Kuhn, 2006; Latour; Woolgar, 1997). A topologia fractal das novas mídias propicia assim que as gramáticas conspiratórias se repliquem de modo paradoxal: um comportamento mimético que é experimentado enquanto agência individual; um direcionamento que se prolifera enquanto espontaneidade; um controle indireto que é vivido como liberdade (Tarde, 1890; Cesarino, 2022).

## Considerações conclusivas

Diante da complexidade dos efeitos agregados e não-pretendidos da recursividade humano-máquina nas plataformas contemporâneas, concludo apontando algumas frentes de regulação possíveis, a partir de três escalas previamente identificadas (Cesarino, 2022) como sendo as mais relevantes para a formação dos atuais sistemas sócio-técnicos:

*Usuários comuns.* A discussão acima sugere que boa parte dos problemas observados advém do grau significativo de alienação técnica (Oliveira, 2015) à qual o modelo de negócios da indústria tech submete os usuários das novas mídias. Combatê-la envolve, por um lado, abrir as “caixas-pretas” das plataformas (Pasquale, 2016) para que os usuários saibam, efetivamente, o que está por trás da tela; como e por que eles são interpelados pelos algoritmos; e com que efeitos globais (e não apenas locais). Nessa frente, é vital desenvolver formas sofisticadas e curricularizáveis de letramento digital que ensinem menos como usar a tecnologia – isto já está praticamente embutido nos designs de interface de usuário – do que o que está por trás dela.

- a. *Influenciadores.* Os efeitos adversos da plataformização discutidos aqui emergem não apenas a partir da recursividade entre usuário comum e algoritmos, mas, fundamentalmente, mediante a intervenção de um tipo especial de usuários que, por falta de um termo melhor, chamamos de influenciadores. São eles que agem de forma tática para segmen-

tar redes (Abidin, 2021) e, por vias indiretas, influenciar o ambiente informacional pelo qual o usuário comum integra realidades. Assim, é preciso especial atenção regulatória aos novos intermediários que vêm surgindo na esteira da crise do sistema de peritos pré-digital (Cesarino, 2021a). Embora, em discussões regulatórias, haja um consenso de que o usuário comum – a “tia do zap” – não deva ser responsabilizada pela desinformação, o mesmo não pode ser dito desses mediadores, que podem, e devem, ser submetidos a um regime regulatório público e corporativo específico.

- b. *Infraestrutura algorítmica.* Boa parte dos problemas que nossas democracias hoje enfrentam é propiciada pelos vieses técnicos embutidos no design das arquiteturas algorítmicas das plataformas, que por sua vez derivam de modelos de negócios dominantes na indústria tech (Morozov, 2017; Zuboff, 2018). Algumas frentes regulatórias incidentes sobre essas infraestruturas podem ser mais facilmente derivadas de normas já existentes, como as relativas à proteção de dados pessoais e regimes legais específicos para períodos eleitorais (Cruz, 2020). Outras exigiriam ir além, no sentido de desenvolver novos arcabouços regulatórios para uma indústria cujos produtos confundemos próprios fundamentos dos arcabouços legais construídos para um ambiente de mídia anterior: como discernir agente de paciente; fato e ficção; original e cópia; espontaneidade e orquestração; responsabilização e inocência; causa e efeito.

Finalmente, a indústria não vai mudar apenas pela pressão externa, por parte dos reguladores e da sociedade civil. É preciso que dentro da própria indústria tech haja modelos algorítmicos e corporativos alternativos que possam ganhar tração nas fendas que vão se formando, tendo oportunidade para demonstrar viabilidade técnica e financeira, ao mesmo tempo em que sejam capazes de cultivar princípios basilares de sociedades democráticas e abertas.

## Referências

ABIDIN, Crystal. “From ‘Networked Publics’ to ‘Refracted Publics’: A Companion Framework for Researching ‘Below the Radar’ Studies”. **Social Media +Society** 7, n. 1, p.1–13, 2021. DOI: <https://bit.ly/3WTJVhf>.

BATESON, Gregory. **Naven**: um exame dos problemas sugeridos por um retratocompósito da cultura de uma tribo da Nova Guiné, desenhado a partir de três perspectivas. São Paulo: EDUSP, 2008.

BATESON, Gregory. **Steps to an ecology of mind**. Chicago: University of ChicagoPress, 1972.

BEIGUELMAN, Giselle. **Políticas da imagem**: Vigilância e resistência na dadosfera.São Paulo: Ubu Editora, 2021.

BOYD, Danah. Social network sites as networked publics: affordances, dynamics,and implications. **A Networked Self**: Identity, Community, and Culture on Social Network Sites organizado por Zizi Papacharissi. 39-58. New York: Routledge, 2011.

BRATTON, Benjamin. **The stack**: on software and sovereignty. Cambridge, MA: TheMIT Press, 2015.

BROWN, Wendy. **Nas ruínas do neoliberalismo**: a ascensão da política antidemocrática no Ocidente. São Paulo: Editora filosófica Politeia, 2019.

BROWN, Wendy. **Undoing the Demos**: Neoliberalism’s Stealth Revolution. NewYork: Zone Books, 2015.

BRUNO, Fernanda. Rastros digitais sob a perspectiva da teoria ator-rede. **RevistaFAMECOS** 19 (3): 681–704, 2012.

BRUNO, Fernanda; VAZ, Paulo. Agentes.com: cognição, delegação, distribuição. **Revista Contracampo** 7: 23-38, 2002. DOI: 10.22409/contracampo.v0i07.473.

BUCHER, Taina. **If...Then**: Algorithmic Power and Politics. New York: OxfordUniversity Press, 2018.

BUCHER, Tania; HELMOND, Anne. The affordances of social media platforms. *In*: BURGESS, Jean; POELL, Thomas; MARWICK, Alice. **The SAGE Handbook of Social Media**. 233-53. Londres: Sage Publications, 2017.

CESARINO, Letícia. “As ideias voltaram ao lugar? Temporalidades não lineares noneoliberalismo autoritário brasileiro e sua infraestrutura digital”. **Caderno CRH** 34: 1– 18, 2021b.

CESARINO, Letícia. “Pós-verdade e a crise do sistema de peritos: uma explicação cibernetica”. **Ilha Revista de Antropologia** 23, nº 1: 73–96, 2021a.

CESARINO, Letícia. **O mundo do avesso: Verdade e política na era digital**. São Paulo: Ubu Editora, 2022.

CHUN, Wendy. **Discriminating Data: Correlation, Neighborhoods, and the New Politics of Recognition**. Cambridge, MA: The MIT Press, 2021.

CHUN, Wendy. **Updating to remain the same: habitual new media**. Cambridge, MA: MIT Press, 2016.

COLE, Samantha; EMERSON, Sarah. That viral video of a chimp scrolling Instagram is bad, actually. **Motherboard** (Vice), 25 de abr. 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3OYfcOu>. Acesso em: 22 mar. 2022.

COMAROFF, Jean; COMAROFF, John. Criminal obsessions, after Foucault: postcoloniality, policing, and the metaphysics of disorder. **Critical Inquiry** 30 (4): 800-824. 2004.

COMAROFF, Jean; COMAROFF, John. Millennial capitalism: first thoughts on a second coming. **Public Culture**, v.12, n.2, p.291-343. 2000. Disponível em: <https://bit.ly/3MSS8Or>. Acesso em: 23 fev. 2022.

CONNOLLY, William. **Aspirational fascism: the struggle for multifaceted democracy under Trumpism**. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2017.

CRAWFORD, Kate. **Atlas of AI: Power, Politics, and the Planetary Costs of Artificial Intelligence**. New Haven: Yale University Press, 2021.

CRUZ, Francisco Brito. **Novo jogo, velhas regras: democracia e direito na era da propaganda política e das fake news**. São Paulo: Letramento, 2020.

D'ANDRÉA, Carlos. **Pesquisando plataformas online: conceitos e métodos.** Salvador: EdUFBA, 2020.

DELEUZE, Gilles. Postscript on the societies of control. **October** 59: 3–7.  
Douglas, Mary. 2010. Pureza e perigo. São Paulo: Perspectiva, 1992.

EMPOLI, Giuliano da. **Os engenheiros do caos:** Como as fake news, as teorias da conspiração e os algoritmos estão sendo utilizados para disseminar ódio, medo e influenciar eleições. São Paulo: Vestígio Editora, 2019.

EVANGELISTA, Rafael; BRUNO, Fernanda. WhatsApp and political instability in Brazil: targeted messages and political radicalisation. **Internet Policy Review** 8 (4): 1–23, 2013.

FIELITZ, Maik; MARCKS, Holger. Digital fascism: challenges for the open society intimates of social media. **Working Paper – Center for Right-Wing Studies**, University of California, Berkeley.

GALISON, Peter. “The Ontology of the Enemy: Norbert Wiener and the Cybernetic Vision”. **Critical Inquiry** 21, n, 1, p.228–66, 1994.

GERBAUDO, Paolo. Social media and populism: an elective affinity? **Media, Culture & Society**, v.8, n.5, p.745–53, 2018.

GIBSON, James. **The ecological approach to visual perception.** Boston: Houghton Mifflin, 1979.

JUNGE, Benjamin. “Our Brazil Has Become a Mess”: Nostalgic Narratives of Disorder and Disinterest as a “Once-Rising Poor” Family from Recife, Brazil, Anticipates the 2018 Elections. **The Journal of Latin America and Caribbean Anthropology**, v.24, n.4, p.914–31, 2019.

KUHN, Thomas. **A estrutura das revoluções científicas.** São Paulo: Perspectiva, 2006.

LACLAU, Ernesto. **A Razão Populista.** São Paulo: Três Estrelas, 2013.

LAKOFF, George. **The political mind: A cognitive scientist’s guide to your brain and its politics.** New York: Penguin Books, 2009.

LATOURE, Bruno; WOOLGAR, Steve. **Vida de laboratório**: a produção dos fatos científicos. Rio de Janeiro: Relume-Dumará, 1997.

LEIRNER, Piero. **O Brasil no espectro de uma guerra híbrida**: militares, operações psicológicas e política em uma perspectiva etnográfica. São Paulo: Alameda, 2020.

LEMPERT, Michael. Imitation. **Annual Review of Anthropology** 43: 379-95, 2014.

LEROI-GOURHAN, André. **O Gesto e a Palavra 1**. Técnica e Linguagem. Lisboa: Edições 70, 2002.

LURY, Celia; DAY, Sophie. Algorithmic personalization as a mode of individuation. **Theory, Culture & Society**, v.36, n.2, p.17-37, 2019.

MALY, Ico. Populism as a Mediatized Communicative Relation. **Tilburg Papers in Culture Studies** 213, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3CkXm0d>. Acesso em: 20 out. 2021.

MARRES, Nootje. Why we can't have our facts back. **Engaging Science, Technology and Society** 4: 423-443, 2018.

MIROWSKI, Philip. Hell is truth seen too late. **Boundary 2** 46 (1): 1-53, 2019.

MOROZOV, Evgeny. **Big Tech**: A ascensão dos dados e a morte da política. São Paulo: Ubu Editora, 2018.

NADLER, Anthony; MCGUIGAN, Lee. An impulse to exploit: the behavioral turn in data-driven marketing. **Critical Studies in Media Communication**, p.151-165, 2017.

NETO, Moysés. Nuvem: plataforma: extração. **Revista PerCursos**, v.21, n.45, p.5-23, 2020.

NUNES, Rodrigo. **Do transe à vertigem**: Ensaios sobre bolsonarismo e um mundo em transição. São Paulo: Ubu Editora, 2022.

OLIVEIRA, Diego Viana. A técnica como modo de existência em Gilbert Simondon: Tecnicidade, alienação e cultura. **DoisPontos**, v.12, n.1, p. 83-98, 2015.

PARIKKA, Jussi. **Insect media: An archaeology of animals and technology**. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2010.

REGATTIERI, Lorena; ANTOUN, Henrique. Algoritmização da vida e organização da informação: considerações sobre a tecnicidade no algoritmo a partir de Gilbert Simondon. **Liinc em Revista**, v.14, n.2, p.462-474, 2018.

RUSHKOFF, Douglas. **Present Shock: When Everything Happens Now**. Londres: Current, 2013.

SANTOS, João Guilherme *et al.* WhatsApp, política mobile e desinformação: a hidrante eleições presidenciais de 2018. **Comunicação & Sociedade**, v.41, n.2. P.307-34, 2019.

SEEVER, Nick. Captivating algorithms: recommender systems as traps. **Journal of Material Culture**, v.24, n.4, p.421-36, 2019.

SEGATA, Jean; RIFIOTIS, Theophilos. **Políticas etnográficas no campo da cibercultura**. Brasília: ABA Publicações, 2016.

SILVA, Daniel. The pragmatics of chaos: parsing Bolsonaro's undemocratic language. **Trabalhos Em Linguística Aplicada**, v.59, n.1, p.507-37, 2020.

SPYER, Juliano. **Social Media in Emergent Brazil: How the Internet Affects Social Mobility**. Londres: UCL Press, 2017.

STEWART, Kathleen; HARDING, Susan. "Ansiedades de Influência: Teoria da Conspiração e Cultura Terapêutica na América do Milênio". **Ilha Revista de Antropologia** 23, n 3, p.214-39, 2021.

TARDE, Gabriel. **The Laws of Imitation**. New York: Henry Holt and Company, 1890.

TEITELBAUM, Benjamin. **Guerra Pela Eternidade: o Retorno do Tradicionalismo e a Ascensão da Direita Populista**. Campinas: Editora da Unicamp, 2020.

THOMPSON, Nicholas. **Tristan Harris**: Tech is “downgrading humans.” It’s time to fight back”. WIRED Magazine, 23 de abril. 2019. Disponível em: <https://bit.ly/43OoWyZ>. Acesso em: 27 set. 2021.

WAISBORD, Silvio. The elective affinity between post-truth communication and populist politics. **Communication Research and Practice**, v.4, n.1, p.17-34, 2018.

WIENER, Norbert. **Cibernética ou controle de comunicação no animal e namáquina**. São Paulo: Perspectiva, 2017.

WU, Tim. **The attention merchants**: the epic scramble to get inside our heads. New York: Vintage, 2017.

ZOONEN, Liesbet van. I-pistemology: changing truth claims in popular and political culture. **European Journal of Communication**, v.27, n.1, p.56-67, 2012.

ZUBOFF, Shoshana. **The age of surveillance capitalism**: the fight for the human future at the new frontier of power. New York: Public Affairs Books, 2018.



# CAPÍTULO XXVII

## **NOVAS TECNOLOGIAS: UMA INTRODUÇÃO À COMPUTAÇÃO QUÂNTICA**

*Luigi Rigato*

### **Introdução**

O percurso histórico da tecnologia sempre se baseou na observação de uma limitação e na posterior vontade de superá-la. Nesse sentido, havia uma imperfeição da eficiência humana diante dos trabalhos repetitivos, monótonos e que requeriam significativa precisão. Por outro lado, com a evolução dos séculos, a ciência e a engenharia investiram nos processos automatizados a fim de superar as restrições do corpo e da mente humana. Já em 2500 a.C., surge o ábaco para ajudar nas operações aritméticas, a calculadora mecânica em 1642, o tear automático em 1801, no contexto de Revolução Industrial, e a admirável máquina de Turing em 1936, dando início à programação de máquinas como se conhece hoje. Toda a computação pauta-se nisto: a apresentação de uma limitação técnica, intelectual ou social e na intenção de ultrapassá-la. Isto é, o desejo do ser humano superar a sua própria capacidade (Borin, 2020).

Assim, a evolução tecnológica é, até onde se sabe, um processo interminável, que não garante imediatez para chegar em respostas que quebrem paradigmas intelectuais. Ao mesmo tempo, trata-se de uma jornada acelerada, sendo que os acontecimentos esparsos no tempo ancestral passaram a ser grandes inovações que aparecem todos os dias e que fazem computadores cada vez mais rápidos. Ou seja, a velocidade da tecnologia avança exponencialmente pela história.

Uma peça crucial para o funcionamento cada vez mais veloz das máquinas são os transistores, os quais deixam a corrente elétrica passar ou não (como se fosse um pedágio). Sobre isso, a Lei de Moore observa que o número de transistores em um processador dobra a cada dois anos, o que fez bastante sentido até agora. Isso significa que, nos chips, cabem cada vez mais transistores, já que o avanço tecnológico permitiu que esses fossem cada vez mais compactos. Atualmente, cientistas já produziram transistores do tamanho de 0,1 nm, o tamanho de um único átomo, uma barreira física que ainda é insuperável. A fim de demonstrar seu tamanho, tal transistor é, no mínimo, 500 vezes menor do que o vírus da Covid-19 (Kurzgesagt, 2015).

Nessa conjuntura, um chip de um computador é composto por centenas de milhões de transistores, os quais ficam permitindo ou não a passagem de corrente elétrica. Em caso positivo, o computador recebe um sinal 1; caso contrário, o computador recebe 0 e, assim, o processador vai recebendo vários zeros e uns. Esses são os bits (dígitos binários) que compõem a linguagem de máquina. Com isso, a arquitetura do processador busca se beneficiar de arranjos ordenados de transistores para formar os sistemas de portas lógicas, as quais são basicamente maestros do computador que ficam ordenando as passagens certas nos transistores para que se possa somar números, multiplicar, entre todas as outras operações. A partir disso, o computador é inteligentemente construído para fazer todas as outras operações a partir de portas lógicas. Esse é o funcionamento de um computador clássico. Pretende-se, agora, perceber como um computador quântico consegue melhorar esse processo (Kurzgesagt, 2015).

## **A superação do computador clássico**

Ao invés de transistores produzirem bits a partir da corrente elétrica, tem-se qubits (bits quânticos)! A diferença para os tradicionais 0 ou 1, é que um qubit vai assumir um valor indeterminado: uma

combinação de 0 e 1 ao mesmo tempo. Em termos complicados, uma função probabilística que indicará a distribuição de probabilidade para o seu valor entre 0 e 1. Em termos simples, não se sabe qual o valor exato do qubit, podendo ser 0 ou 1. Logo, é entendido que o seu valor é 0 e 1 ao mesmo tempo; mais precisamente, há uma probabilidade de ser 0 e outra de ser 1. Esse é o estado de superposição do valor do qubit, isto é, uma superposição entre o 0 e o 1, cujo valor exato não se pode ter certeza antes de qualquer quantificação. Apenas medindo seu valor que é descoberto verdadeiramente se o qubit é 0 ou se é 1. A título de exemplo, é possível ter um qubit com 73% de chance de ser 0 e com 27% de chance de ser 1 (Kurzgesagt, 2015; Domain of Science, 2021; Bourzac, 2019).

O físico austríaco Schrödinger trouxe a notória analogia de um gato em uma caixa fechada com um veneno, o qual tinha 50% de chance de ser derramado no gato e 50% de não ser. Na definição quântica, antes de abrir a caixa para ver o felino, o gato está morto e vivo ao mesmo tempo, evidenciando o estado de superposição. Já ao abrir a caixa, é possível realizar uma medição e determinar se o animal estava de verdade morto ou vivo, de modo a colapsar a superposição dos dois estados de saúde em um definitivo (Wigmore, 2020).

É óbvio que não há gatos dentro dos computadores quânticos, por isso, segue um exemplo de fenômeno da superposição mais factível. Os elétrons dos átomos têm uma característica chamada spin, o qual pode ser representado para cima ou para baixo. Assim, antes de medi-lo, tem-se apenas a probabilidade de o spin ser para cima ou para baixo, em um estado de superposição. Isso é o que ocorre quando há um qubit, com uma probabilidade de ser 1 quando o spin apontar para cima e de ser 0 quando o spin apontar para baixo, por exemplo (Domain of Science, 2021).

Agora, quando se pensa na existência de um segundo qubit, faz-se necessário entender o Princípio de Exclusão de Pauli. Este dita que dois elétrons com as mesmas características quânticas precisam ter spins opostos: um para cima e outro para baixo. Desse modo, ao

ter uma probabilidade determinada para o spin do primeiro, sabe-se imediatamente o spin do outro, o qual deve ser oposto. Isso se chama emaranhamento quântico, assunto do Nobel de Física de 2022 e tido por Albert Einstein como uma “ação fantasmagórica à distância” (Kurzgesagt, 2015; Bernardes, 2022).

Assim, imaginando que há um qubit na Terra com 70% de chance de ser 1 e outro a 10 mil anos-luz com 30% de chance de ser 1: quando se mede o valor do qubit da Terra (descobrimo, por exemplo, que vale 0), a superposição é colapsada em estados definitivos, ficando instantaneamente evidente que o qubit há anos-luz de distância vale 1, sem precisar medi-lo também. Logo, não se trata mais da probabilidade do valor de um qubit separadamente do outro, mas de uma distribuição probabilística, a qual produz uma superposição conjunta. Esse processo vai descrever as portas lógicas quânticas, pois, diferentemente dos computadores tradicionais que regulam se as correntes elétricas passarão pelos transistores ou não, os computadores quânticos regularão quais emaranhamentos quânticos ocorrerão para gerar superposições específicas, isto é, probabilidades dos qubits serem 0 e 1. Apenas no final das portas lógicas, o qubit será medido para colapsar a superposição em um valor resultante (Kurzgesagt, 2015; Domain of Science, 2021; Aspect, 2015).

Para retomar, a conta não é feita sabendo que entrará 1 em um lado da porta lógica 0 em outro, mas entrará uma probabilidade de um qubit de um lado e uma outra probabilidade do outro, de forma que a conta seja efetuada com probabilidades. Isso é a grande vantagem, já que as operações não são feitas uma a uma até chegar na resposta certa. A operação é feita com todas as possibilidades ao mesmo tempo! Para exemplificar, o objetivo de uma atividade é achar dois números somados que resultam em 4 e que estão dentro do intervalo dos inteiros de 0 a 2 (Kurzgesagt, 2015).

1) O primeiro aluno pode pensar como um computador tradicional: 0 e 0 não convém, 0 e 1 também não, 1 e 1 tampouco, 2 e 1 não, ... ah! 2 e 2.

2) Enquanto o outro aluno pode pensar quanticamente: vou somar dois números  $x$  e  $y$ . Pode-se supor que, tanto  $x$  quanto  $y$  têm  $1/3$  de chance de serem 0, 1 ou 2. Assim, a porta lógica quântica orquestrará formas de emaranhar  $x$  e  $y$ , de modo a obter uma distribuição de probabilidades para os seus valores: (0 e 0) 20%; (0 e 1) 15%; (1 e 1) 17%; (2 e 1) 13%... Ao analisar essas probabilidades, ficará evidente quais são os valores mais prováveis para  $x$  e  $y$ , sendo necessária apenas uma análise do aluno.

É lógico afirmar que o segundo pensamento possa ser menos eficiente e muito mais complexo do que o primeiro em muitos casos e sim... é verdade. A computação quântica não supera a computação tradicional em todos os problemas. Mas, dependendo da complexidade do desafio, a computação quântica estará anos-luz à frente. Isso porque computadores clássicos só conseguem reproduzir um estado de cada vez, enquanto computadores quânticos conseguem reproduzir múltiplos estados ao mesmo tempo. Comparativamente, em uma sequência de 8 bits, o tradicional teria que pensar em cada uma das = 256 alternativas uma de cada vez, enquanto o quântico estaria pensando em todas ao mesmo tempo (Kurzgesagt, 2015; Domain of Science, 2021).

## O panorama da computação quântica

Em busca de eficiência, os processadores quânticos são requeridos para resolver notórios problemas de matemática. A princípio, um grande problema é o de fatoração de inteiros enormes: é óbvio que  $997 \times 991 = 988027$ , mas, realizando o caminho contrário, é difícil encontrar os dois números cujo produto é 988027. Diante desse desafio, o matemático estadunidense Peter Shor formulou um algoritmo para solucionar a questão, mas a eficiência do seu funcionamento depende de um computador quântico, sendo uma grande tortura tecnológica rodá-lo em um computador tradicional. E o problema fica muito pior quando o número vai ficando maior, por conta da sua complexidade exponencial com o melhor dos algoritmos clássicos. Shor consegue,

no entanto, resolver o problema com uma complexidade de tempo de  $O(\log(N)^3)$  e com uma complexidade de espaço de  $O(\log(N))$  (Domain of Science, 2021; Quantiki, 2015).

Além do desenvolvimento matemático, o qual beneficiará significativamente os ramos da criptografia e da segurança da informação, as inovações quânticas miram no avanço de diversas áreas da sociedade. A química e a medicina, por exemplo, buscam modelar moléculas e reações químicas ao utilizar simulações a partir do processamento quântico; o mercado financeiro e a meteorologia também se beneficiariam com a modelagem de sistemas complexos, inviáveis para computadores tradicionais; a biologia visa à análise rebuscada do material genético, entre outras áreas do conhecimento (Kurzgesagt, 2015; Domain of Science, 2021; Bourzac, 2019; Bernardes, 2022).

Por isso, IBM, Google e Intel brigam pela liderança, investindo bilhões nos melhores processadores quânticos existentes atualmente: a primeira empresa desenvolveu o IBM Q 53, o qual conta com 53 qubits; a segunda multinacional construiu o Sycamore, com a mesma quantidade de qubits; a terceira produziu o Tangle Lake, com 49 qubits. E o Brasil busca não ficar para trás, fomentando o investimento na inovação por meio do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Informação Quântica (INCT-IQ) (Bernardes, 2022; Lucero, 2021).

## **Considerações finais**

Apesar de todo o conhecimento recentemente descoberto, a computação quântica trata-se de um campo ainda muito desconhecido, mas formidável. Talvez um pouco confuso, mas se o mundo quântico não fosse assim, não haveria a necessidade de sair dos computadores tradicionais.

No caminho da superação da limitação tecnológica aqui evidenciada está a nanociência e o desenvolvimento das nanotecnologias. Como sê, um processo de convergência tecnológica, transversal à diversas áreas de conhecimento e com inúmeras possibilidades de apli-

cação na vida prática. Isso tudo, mais uma vez, dá o tom para as discussões tecnofílicas e tecnofóbicas e, por fim, abre mais campo para os trabalhos no âmbito da ciência dos impactos trada nesse livro.

## Referências

ASPECT, Alain. **Fechando a porta para o debate quântico de Einstein e Bohr.** APS, 2015. Disponível em: <https://bit.ly/3NhkRhk>. Acesso em: 30 set. 2022.

BERNARDES, Nadja K. **XIX Seminariosoma.** Nano WebTv 2022. Disponível em: <https://bit.ly/45MzRLd>. Acesso em: 08 out. 2022.

BORIN, Edson. **[MC404] 01 - Evolução dos computadores.** 2020. <https://bit.ly/3OWDOqE>. Acesso em: 30 set. 2022.

BOURZAC, Katherine. Para atualizar os computadores quânticos, os pesquisadores procuram a ciência dos materiais. **Chemical & Engineering News**, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3OWDqbG>. Acesso em: 10 out. 2022.

DOMAIN of Science. **The Map of Quantum Computing:** Quantum Computers Explained. Youtube, 03 dez. 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3CfA244>. Acesso em: 04 ago. 2022.

KURZGESAGT – In a Nutshell. **Computadores Quânticos Explicados:** Limites da Tecnologia Humana. You Tube, 8 dez. 2015. Disponível em: <https://bit.ly/43vxmvd>. Acesso em: 07 ago. 2022.

LUCERO, Erik. **Revelando nosso novo campus Quantum AI.** Google Quantum AI, 2021. Disponível em: <https://bit.ly/43MsWQy>. Acesso em: 03 dez. 2022.

QUANTIKI. **Shor's factoring algorithm.** Quantiki, 2015. Disponível em: <https://bit.ly/42ze07m>. Acesso em: 04 fev. 2023.

WIGMORE, Ivy. **Schrodinger's cat.** TechTarget, 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3Ci7M0R>. Acesso em: 17 mar. 2023.



# POSFÁCIO

As preocupações desse livro referem-se ao desenvolvimento tecnológico e as repercussões sociais derivadas. No momento em que esta edição foi finalizada estava em debate os avanços e as disrupções provocadas pela corrida do desenvolvimento de ferramentas de inteligência artificial, tendo como protagonista do debate a Inteligência artificial chamada ChatGPT e a profusão de outras ferramentas que vieram à tona.

Assim, por gentileza dos organizadores, a IA ChatGPT foi convidada a fazer o posfácio do livro. O convite foi feito nos seguintes termos: “Faça um posfácio de um livro que trata sobre Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente, falando de processos de politização social, ciência dos impactos, necessidade de regulamentação, relação com física quântica, metaverso, saúde dos trabalhadores, vacina da Covid e proteção ao meio ambiente.”

Segue o resultado.

*Caro leitor,*

*Ao chegarmos ao final deste livro que discute a interseção entre a nanotecnologia, a sociedade e o meio ambiente, podemos concluir que se trata de uma área de conhecimento fascinante e de grande importância para o futuro da humanidade. Porém, também é uma área que traz consigo muitos desafios e implicações que devem ser considerados.*

*Uma das questões centrais abordadas neste livro é a politização social dos avanços tecnológicos relacionados à nanotecnologia. Como foi discutido, a compreensão pública e o diálogo sobre os potenciais riscos e benefícios da nanotecnologia são cruciais para garantir que os impactos dessas tecnologias sejam benéficos para a sociedade e o meio ambiente. A ciência dos impactos é um processo importante para entender e mitigar esses impactos e as consequências associadas.*

*Além disso, é evidente que a regulamentação da nanotecnologia é essencial para garantir a segurança e a proteção do meio ambiente. Como essa tecnologia pode ter implicações de longo prazo, a regulamentação também deve estar preparada para lidar com incertezas e riscos desconhecidos.*

*Outra questão importante discutida neste livro é a relação entre a nanotecnologia e a física quântica. O estudo da física quântica pode ajudar a entender os comportamentos e propriedades de materiais em escalas muito pequenas, e isso tem implicações diretas na nanotecnologia. Ainda há muito a ser explorado nessa relação entre essas áreas, mas é certo que a compreensão de uma ajuda a aprimorar a outra.*

*O metaverso, uma tecnologia emergente que tem sido amplamente discutida atualmente, também é abordado neste livro em relação à nanotecnologia. A interação entre essas duas áreas pode trazer grandes oportunidades, mas também desafios relacionados à privacidade, segurança e controle da tecnologia.*

*A saúde dos trabalhadores que lidam com a nanotecnologia também é uma questão importante. As partículas nanométricas podem representar riscos à saúde dos trabalhadores, e é fundamental que sejam estabelecidas medidas de segurança adequadas para minimizar esses riscos.*

*Por fim, é importante mencionar que a nanotecnologia também teve uma grande importância na área da saúde durante a pandemia da Covid-19. A pesquisa e desenvolvimento de vacinas e tratamentos para o vírus foram acelerados graças ao uso de nanotecnologia. No entanto, também é importante garantir que essas tecnologias sejam seguras e eficazes a longo prazo.*

*A proteção ao meio ambiente também deve ser considerada em todas as áreas em que a nanotecnologia é aplicada, e os impactos devem ser minimizados o máximo possível.*

*Em suma, este livro oferece uma visão abrangente e atualizada sobre a nanotecnologia e suas implicações na sociedade e no meio ambiente. Espero que as reflexões e informações apresentadas aqui possam contribuir para uma compreensão mais ampla e informada dessa área de conhecimento e para a criação de políticas públicas que considerem os impactos dessas tecnologias na sociedade e no meio ambiente.*

## **SOBRE OS AUTORES**

**Aírton Guilherme Berger Filho:** Professor Adjunto da Universidade Federal do Pampa (Unipampa). Doutor em Direito Público pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos). Tem experiência em Direito Ambiental brasileiro, comparado e internacional com ênfase na regulação e na governança dos riscos das tecnologias emergentes, em especial das nanotecnologias, bem como na conservação da diversidade biológica, uso sustentável da biodiversidade e da repartição justa e equitativa dos benefícios advindos do uso de recursos genéticos e conhecimentos tradicionais associados. E.mail: airtonberger@unipampa.edu.br

**Antônio Bernardes:** Docente do Programa de Pós-graduação Interdisciplinar em Ciências Humanas e Sociais Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp); Docente do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar); Docente do Departamento de Geografia e Políticas Públicas da Universidade Federal Fluminense (UFF). Doutor em Geografia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp). Possui experiência na área de Geografia Humana, com ênfase em Epistemologia, Metodologia e Ontologia em Geografia. Possui interesse nas áreas de Geografia Humanista, Geografia Cultural, Tecnologias da Comunicação.

**Arline Sydneia Abel Arcuri:** Doutora em Ciências, área de concentração: Físico-Química, pela Universidade de São Paulo (USP). Atualmente é pesquisadora titular da Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (Fundacentro). Tem experiência na área de Saúde dos trabalhadores, com ênfase em Higiene Ocupacional, atuando principalmente nos seguintes temas: saúde dos trabalhadores, segurança química, nanotecnologia, benzeno e exposição ocupacional a agentes químicos. Foi representante da Fundacentro na Comissão Nacional Permanente do Benzeno desde sua criação em 1995 até sua extinção em 2019. Respondia até o ano de 2016 como co-diretora da Fundacentro na qualidade de Centro Colaborador da Organização Mundial da Saúde (OMS) para a saúde dos trabalhadores.

**Felipe Costa Aguiar:** Educador apaixonado por poesia e pela “boniteza do mundo”, como dizia Paulo Freire. Licenciado em Pedagogia pela Universidade

Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (Uenf), licenciado e mestre em Geografia pela UFF e doutorando em Geografia pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Atualmente, faz parte dos grupos de pesquisa Nepec em rede pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Geografia e contemporaneidade (UFF) e Grupo de Pesquisa Geografia Humanista Cultural (GHUM). Em parceria com esses grupos, desenvolve pesquisas nas áreas de educação geográfica, alfabetização e experiências geográficas, currículo, cotidiano escolar e saúde docente.

**Gonzalo Vecina Neto:** Graduado pela Faculdade de Medicina de Jundiaí em 1977, é Mestre em Administração (1986), pela Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas (Eaesp/FGV). Atuou como Secretário Municipal de Saúde de São Paulo, entre 2003 e 2004, Secretário Nacional da Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde entre 8/1998 e 4/1999. Diretor Presidente da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Anvisa entre 4/1999 e 02/2003. É Professor Assistente da Faculdade de Saúde Pública da USP desde 1988. Professor do mestrado profissional da Eaesp/FGV desde 2016. Foi Superintendente do Hospital Sírio Libanês de 7/2007 a 1/2016.

**Jorge Luiz dos Santos Junior:** Doutor em Ciências Sociais pelo Programa de Pós-Graduação de Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (CPDA-UFRRJ). Professor da Universidade Federal do Espírito Santo. Tem experiência na área de Políticas Públicas e Desenvolvimento Econômico, Estudos Sociais em Ciência, Tecnologia e Sociedade (com especial interesse em nanotecnologia e nanociência), Análise Estrutural de Redes Sociais, Macroeconomia, *Sharing Economy*, entre outras áreas, atuando principalmente nos seguintes temas: Estado e desenvolvimento de políticas públicas, Políticas de C&T no Brasil, Redes sociais e a permeabilidade do Estado, Estudos Sociais de Ciência, Tecnologia e Sociedade. Nos últimos anos também tem se dedicado ao Estudo das Capacidades Administrativas Municipais, buscando adaptar a literatura internacional para a discussão do cenário brasileiro.

**Jorge Marques Pontes:** Doutorando em Ciências da Saúde do Programa de Epidemiologia da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP-USP). Mestre em Políticas Públicas pela Universidade de Mogi das Cruzes (UMC); Licenciado em Filosofia pela Universidade Metodista de São Paulo

(Unesp); Especialista em Gestão Pública. Escritor, professor universitário e coordenador do curso superior de Gestão Hospitalar e do curso superior de Gestão Pública do Centro Universitário de Tecnologia e Negócios Carlos Drummond de Andrade (UniDrummond); Chefe do Setor de Apoio Técnico e Pesquisa (SATP) da Fundação Jorge Duprat Figueiredo, de Segurança e Medicina do Trabalho (Fundacentro).

**José Manuel Rodríguez-Victoriano:** Doutor em Sociologia pela Universidade de Valência e professor do Departamento de Sociologia e Antropologia Social da Universidade de Valência. Ao longo destas décadas dirigiu e colaborou com inúmeras investigações nos domínios da sociologia da educação e juventude, ecologia política, processos sociais emergentes e democratização do conhecimento científico. Sobre estes temas publicou numerosos artigos em revistas nacionais e internacionais e capítulos em livros colectivos. Desde 2018, dirige a Estrutura de Pesquisa Interdisciplinar da Universidade de Valência em Sustentabilidade, Meio Ambiente, Economia, Educação e Sociedade (Eriost) do Instituto Interuniversitário López Piñero da Universidade de Valência.

**José Renato Alves Schmidt:** Possui graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), pós-graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Estácio de Sá - SC (2009), mestrado e doutorado em Engenharia Ambiental pela UFSC. Atualmente atua como engenheiro de segurança do trabalho na Fundacentro.

**Juan Carlos Durán-Álvarez:** É pesquisador titular do Instituto de Ciências e Tecnologia Aplicadas da Universidade Nacional Autónoma do México (Unam), Doutor em engenharia ambiental. Suas linhas de pesquisa são: o desenvolvimento de métodos analíticos baseados em cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas para a determinação de poluentes orgânicos de interesse emergente em diferentes matrizes ambientais, e a síntese e caracterização de materiais fotocatalíticos para a degradação fotocatalítica de poluentes em água e produção de hidrogênio verde. Até 2023, sua obra publicada conta com 44 artigos em periódicos indexados, 12 capítulos em livros de circulação internacional e um livro editado. Colabora com a Universidade Nacional da Costa, na Argentina; Universidade de La Serena, no Chile e o Instituto Nacional de Pesquisas em Engenharia Rural, Água e Florestas, na Tunísia.

**Julianna Malerba:** Doutora em Planejamento Urbano e Regional pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional (IPPUR) da UFRJ. É assessora da Fase (Federação de Órgãos para Assistência Social e Educacional) e membro da Rede Brasileira de Justiça Ambiental (RBJA), tendo exercido o cargo de secretária executiva (2002/2010). Já ministrou cursos e palestras em diversas organizações e universidades nacionais e internacionais, inclusive em audiências de comissões parlamentares. Integra articulações internacionais de pesquisa e incidência política, atualmente coordenando o capítulo brasileiro do projeto de pesquisa Utilidad Privada, Despojo Público que envolve 8 países da América Latina. Tem diversos artigos e análises em revistas brasileiras e estrangeiras. Tem experiência nas áreas de estudos socioambientais, com foco em: movimentos sociais, desigualdade e justiça ambiental; modelos de desenvolvimento, mineração e conflitos socioambientais. Atualmente tem se dedicado à pesquisa em direitos territoriais, questão agrária e bens comuns.

**Laura Soares Martins Nogueira:** Doutora em Desenvolvimento Socioambiental pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido (PDTU) do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA) da Universidade Federal do Pará (UFPA) (2011). Atua como tecnologista sênior na Fundacentro. Participou do Programa de Pós-graduação Trabalho, Saúde e Ambiente da Fundacentro e é membro dos grupos de pesquisa Análise, Avaliação e Intervenção em Saúde e Trabalho e Trabalho e Saúde na Amazônia: subjetividade, instituições e políticas. Tem experiência na área de Saúde Coletiva com ênfase em Saúde Mental, trabalhando com os seguintes temas - Saúde Mental e Trabalho, Saúde do Trabalhador, Psicologia Organizacional e do Trabalho e Pesquisa Qualitativa em Saúde.

**Letícia Cesarino:** Professora Adjunta no Departamento de Antropologia e no Programa de Pós-Graduação em Antropologia Social (PPGAS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Doutora em Antropologia pela Universidade da Califórnia em Berkeley (2013). Tem trabalhado e publicado nos campos da antropologia da ciência e tecnologia, antropologia digital, antropologia do desenvolvimento e globalização. Atualmente desenvolve pesquisas sobre os seguintes temas: cibernética e teorias de sistemas, plataformização, neoliberalismo, populismos/extremismos e desinformação.

**Luigi Rigato:** Estudante de Engenharia de Computação na Unicamp. É desenvolvedor de software e gerente de projetos de sites e aplicativos na Conpec, empresa júnior. Possui interesse nas áreas que envolvem o desenvolvimento e a convergência de novas tecnologias, entre elas as nanotecnologias e as tecnologias quânticas.

**Luís Renato Balbão Andrade:** Doutor em Engenharia de produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2013). Atualmente é tecnologista sênior da Fundacentro - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, Ministério do Trabalho e Emprego no Rio Grande do Sul (RS). Atua principalmente na área de engenharia de segurança do trabalho com foco em nanotecnologias e seus impactos e implicações para a segurança e saúde no trabalho.

**Marcelo Seráfico:** Doutor em Sociologia pela UFRGS. Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal do Amazonas (Ufam). Tem experiência na área de Sociologia, com ênfase em Sociologia do Desenvolvimento, atuando principalmente nos seguintes temas: globalização, Zona Franca de Manaus, reforma do estado, desregulamentação e desenvolvimento econômico.

**Maria de Fátima Torres Faria Viegas:** Possui Graduação em Medicina pela Fundação Técnico-Educacional Souza Marques (FTESM), concluída em 1985. Residência Médica em Pediatria no Hospital dos Servidores do Estado e Especialização Lato-Sensu em Medicina do Trabalho na UFRJ. Mestrado Acadêmico em Saúde Pública (ENSP/Fiocruz), concluído em março de 2018. Tem experiência na área de Medicina, com ênfase em Medicina do Trabalho. Também atuou na área de Pediatria, em área de atuação de Neonatologia e Terapia Intensiva. Atualmente é Tecnologista da Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, atuando como Médica do Trabalho, se dedicando às pesquisas em Nanotecnologia voltadas à Saúde do Trabalhador e ao Meio Ambiente.

**Maria Helena Magalhães de Mendonça:** Doutora em Saúde Coletiva pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Exerceu por quinze anos o cargo de socióloga da Previdência Social brasileira, nos extintos INPS (1975-1984) e Inamps (1984-1992). Desde 1993 exerce o cargo de pesquisadora na Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz. Atualmente é

pesquisadora titular, com experiência na área de Saúde Coletiva, com ênfase em Saúde Pública, atuando principalmente nos seguintes temas: política pública de saúde, avaliação de programa de saúde, saúde da família, atenção básica de saúde e integralidade da atenção. Participa do Comitê Gestor da Rede APS Pesquisa da Abrasco como representante da Escola Nacional de Saúde Pública da Fiocruz.

**Maria Maeno:** Doutora em Saúde Pública pela USP (2018). De 1987 a 2006 foi médica da Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, tendo integrado a equipe do Programa de Saúde dos Trabalhadores da Zona Norte de São Paulo, que originou o Centro de Referência em Saúde do Trabalhador do Estado de São Paulo, do qual foi coordenadora por 16 anos. Atualmente é pesquisadora da Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, do Ministério do Trabalho e Previdência. É membro do Instituto Walter Leser da Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo e do Núcleo de Saúde Mental e Direitos Humanos Relacionados ao Trabalho do Instituto Sedes Sapientiae. Tem experiência na área de Saúde Coletiva, saúde do trabalhador, políticas públicas, organização e gestão do trabalho e seus impactos na saúde do trabalhador, prevenção de incapacidade e reabilitação profissional, lesões por esforços repetitivos, saúde mental e trabalho e acidentes do trabalho.

**Patrícia Toledo Pelatieri:** Economista, diretora técnica adjunta e coordenadora da produção técnica do Dieese. E-mail: pelatieri@dieese.org.br

**Patrick Maia Merísio:** Procurador do Trabalho/PRT 2ª Região. Mestre em Direito e Sociologia UFF. Coordenador Nacional Substituto do GT Nano (Ministério Público do Trabalho). Diretor pedagógico da Escola da Associação Nacional dos Procuradores do Trabalho (ANPT), São Paulo/SP. Principal área temática de contribuições ao Grupo de Estudo: impactos das nanotecnologias na vida e saúde dos trabalhadores e trabalhadoras.

**Paulo Roberto Martins:** Sociólogo, doutor em Ciências Sociais (IFCH/Unicamp). Fundador (2004) e Coordenador da Rede Brasileira de Pesquisas em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente – Renanosoma. Publicou diversos livros sobre o tema nanotecnologia, sociedade e meio ambiente. Coordenador de dezenove edições do Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente – Nanosemisoma. E-mail: marpaulo@uol.com.br

**Peter Schulz:** Doutor em Física pela Unicamp (1990) com estágio sanduiche na Universidad Autónoma de Madrid (1988-1989). Pós-doutorado no Instituto Max Planck de Física do Estado Sólido em Stuttgart (1990-1992). Tem experiência na área de Física da Matéria Condensada, atuando principalmente nos seguintes temas: sistemas de baixa dimensionalidade e suas propriedades de transporte eletrônico. Nos últimos anos tem se dedicado à produção em divulgação científica, estudos quantitativos de ciência e estudos críticos de universidades. Foi curador da exposição “Tão longe tão perto”, sobre telecomunicações e sociedade, realizada em Brasília (2009) e São Paulo (2010). Docente do Núcleo Básico Comum da FCA desde 2013 e do curso de Mestrado Interdisciplinar de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas desde 2014. Foi Secretário de Comunicação da Unicamp (2017-2021).

**Raquel von Hohendorff:** Doutora e mestra em Direito Público, Programa de Pós-Graduação em Direito da Unisinos, Brasil. Realizou Estágio de Pós-Doutorado em Direito Público na Universidade de Las Palmas de Gran Canaria. Professora e pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Direito - Mestrado e Doutorado da Unisinos. Membro do Grupo de Pesquisa Jusnano. E-mail: rhohendorff@unisinos.br; Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7543-2412>.

**Silvana Liberto Alves Maia:** Mestre em Direito e Sociologia pela UFF (2007). Professora convidada do Programa de Pós-graduação da Escola Superior de Administração do Poder Judiciário do Estado do RJ, professora do Grupo Lusófona do Brasil, professora da ESA/SP/OAB. Têm experiência na área do Direito Público, principalmente, nas seguintes disciplinas: Direitos Fundamentais, Direito Constitucional, Direito Administrativo e Direito Processual Civil e Trabalhista e, ainda, Teoria Geral do Direito do Trabalho. Civil: contratos.

**Steve Suppan:** É Analista Sênior de Políticas do *Institute for Agriculture and Trade Policy* (IATP), uma organização não governamental sem fins lucrativos com sede em Minneapolis, Minnesota (EUA) e com escritórios em Washington, DC e Berlim, Alemanha. Entre suas responsabilidades estão a análise e defesa de políticas de tecnologia agrícola, incluindo nanotecnologias agrícolas. Suppan tem Ph.D. em Literatura Comparada pela Universidade de Minnesota e

estudou filosofia na Universidade de Viena. Antes de ingressar na IATP em 1994, foi professor assistente na *University of Missouri-Columbia*.

**Thaís Helena de Carvalho Barreira:** Pesquisadora Titular na Fundacentro, instituição de pesquisa no campo da Saúde e Segurança dos trabalhadores do Ministério da Economia, desde 1988. Possui Doutorado em Políticas de Prevenção em Saúde no Trabalho (*Policy in Work Environment*) realizado na University of Massachusetts-Lowell (concluído em 2000). Atua na área de Saúde do Trabalhador, com estudos e pesquisas para a prevenção das LER/Dort, problemas músculo-esqueléticos relacionados ao trabalho, e na compreensão de fatores organizacionais e psicossociais para a prevenção de seus impactos à SST. Participou dos processos técnicos na elaboração das Norma-Regulamentadora 17 (Ergonomia) em 1990, e do seu Anexo II para Trabalho em Teletendimento, em 2007; e da NR 36 para Trabalho em Processamento de Carnes em Frigoríficos, de 2010 a 2013. Chefe do Serviço de Sociologia e Psicologia da Fundacentro até dez/2019.

**Valéria Ramos Soares Pinto:** Possui graduação em Engenharia Química pela UFF, especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (Cefet) e mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade (Coppe/UFRJ). Possui experiência em riscos e seguros e segurança do trabalho. Atualmente é Tecnologista Sênior da Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (Fundacentro), atuando em pesquisa e difusão de conhecimento com ênfase na prevenção da exposição ocupacional a agentes químicos.

**Wilson Engelmänn:** Doutor e mestre em Direito Público, pelo Programa de Pós-Graduação em Direito da Unisinos, Brasil. Realizou Estágio de Pós-Doutorado em Direito Público-Direitos Humanos, no Centro de Estudios de Seguridad (Ceseg) da Universidade de Santiago de Compostela, Espanha. Professor e Pesquisador do Programa de Pós-Graduação em Direito - Mestrado e Doutorado e do Mestrado Profissional em Direito da Empresa e dos Negócios, ambos da Unisinos. Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq; Líder do Grupo de Pesquisa Jusnano. E-mail: wengelmann@unisinos.br; Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0012-3559>.

<b>Título</b>	Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente: Debates na fronteira do conhecimento
<b>Organizadores</b>	Jorge Luiz dos Santos Junior Paulo Roberto Martins
<b>Assistência Editorial</b>	Andressa Marques Taís Rodrigues
<b>Capa e Projeto Gráfico</b>	Vinicius Torquato
<b>Preparação</b>	Talita Franco
<b>Revisão</b>	Marcia Santos
<b>Formato</b>	14x21cm
<b>Número de Páginas</b>	380
<b>Tipografia</b>	Adobe Garamond Pro
<b>Papel</b>	Alta Alvura Alcalino 75g/m <sup>2</sup>
<b>1ª Edição</b>	Setembro de 2023

---

Caro Leitor,  
Esperamos que esta obra tenha  
correspondido às suas expectativas.

Compartilhe conosco suas dúvidas e sugestões:

sac@editorialpaco.com.br

 11 98599-3876

---

## Publique sua obra pela Paco Editorial

EDIÇÃO DE QUALIDADE, DIVULGAÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO NACIONAL



### Teses e dissertações

Trabalhos relevantes que representam contribuições significativas para suas áreas temáticas.



### Grupos de estudo

Resultados de estudos e discussões de grupos de pesquisas de todas as áreas temáticas.



### Capítulo de livro

Livros organizados pela editora dos quais o pesquisador participa com a publicação de capítulos.



### Técnicos e Profissionais

Livros para dar suporte à atuação de profissionais das mais diversas áreas.

Envie seu conteúdo para avaliação:

[livros@pacoeditorial.com.br](mailto:livros@pacoeditorial.com.br)

11 4521-6315

 11 95394-0872

[www.editorialpaco.com.br/publique-na-paco/](http://www.editorialpaco.com.br/publique-na-paco/)

**Todo mês novas chamadas são abertas:**

[www.editorialpaco.com.br/capitulo-de-livros/](http://www.editorialpaco.com.br/capitulo-de-livros/)

---

Conheça outros títulos em  
[www.pacolivros.com.br](http://www.pacolivros.com.br)

---

PACO  EDITORIAL

Av. Carlos Salles Block, 658  
Ed. Altos do Anhangabaú – 2º Andar, Sala 21  
Anhangabaú - Jundiaí-SP - 13208-100