

20
22



Cristiano **Colombo**
Wilson **Engelmann**
José Luiz de Moura **Faleiros Júnior**
C O O R D E N A D O R E S

Prefácio de **Danilo Doneda**

TUTELA JURÍDICA **DO** CORPO ELETRÔNICO

Novos Desafios ao Direito Digital

Adriano Marteleto **Godinho** • Alexandre Libório Dias **Pereira** • Alexandre Pereira **Bonna** • Alexandre **Quaresma** • Ana **Frazão** • Andressa de Brito **Bonifácio** • Ângela **Kretschmann** • Arthur Pinheiro **Basan** • Bruno Torquato de Oliveira **Naves** • Carlos de Cores **Helguera** • Charles Emmanuel **Parchen** • Cristiano **Colombo** • Daniela Copetti **Cravo** • Daniele Verza **Marcon** • Débora **Gozzo** • Duílio Landell de Moura **Berni** • Eugênio **Facchini Neto** • Fabiano **Menke** • Fabrício Germano **Alves** • Felipe da Veiga **Dias** • Fernanda **Schaefer** • Frederico **Glitz** • Gabriela Samrslá **Möller** • Giacomo **Pongelli** • Graziella Trindade **Clemente** • Guilherme Damasio **Goulart** • Guilherme Magalhães **Martins** • Gustavo Silveira **Borges** • Haide Maria **Hupffer** • Henrique Alves **Pinto** • Inês Fernandes **Godinho** • Iuri **Bolesina** • João Alexandre Silva Alves **Guimarães** • José Julio Fernández **Rodríguez** • José Luiz de Moura **Faleiros Júnior** • Juliane Altmann **Berwig** • Leandro Miranda **Ernesto** • Leonardo **Schilling** • Lucas de Bulhões **Gomes** • Luciana **Dadalto** • Mafalda Miranda **Barbosa** • Maique Barbosa de **Souza** • Maria de Fátima Freire de **Sá** • Mariana Ferreira **Figueiredo** • Nelson **Rosenvald** • Paola **Cantarini** • Pietra Daneluzzi **Quinelato** • Rafaella **Nogaroli** • Raquel Von **Hohendorff** • Roberta **Scalzilli** • Silvio Bitencourt da **Silva** • Sthéfano Bruno Santos **Divino** • Taís Fernanda **Blauth** • Talita Bruna **Canale** • Tássia A. **Gervasoni** • Wilson **Engelmann**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

T966

Tutela jurídica do corpo eletrônico: novos desafios ao direito digital / Adriano Marteleto Godinho ... [et al.] ; coordenado por Cristiano Colombo, José Luiz de Moura Faleiros Jr., Wilson Engelmann. - Indaiatuba, SP : Editora Foco, 2022.

768 p. : 17cm x 24cm.

Inclui bibliografia e índice.

ISBN: 978-65-5515-566-2

1. Direito. 2. Direito digital. I. Godinho, Adriano Marteleto. II. Pereira, Alexandre Libório Dias. III. Bonna, Alexandre Pereira. IV. Quaresma, Alexandre. V. Frazão, Ana. VI. Bonifácio, Andressa de Brito. VII. Kretschmann, Ângela. VIII. Basan, Arthur Pinheiro. IX. Naves, Bruno Torquato de Oliveira. X. Helguera, Carlos de Cores. XI. Parchen, Charles Emmanuel. XII. Colombo, Cristiano. XIII. Cravo, Daniela Copetti. XIV. Marcon, Daniele Verza. XV. Doneda, Danilo. XVI. Gozzo, Débora. XVII. Berni, Duílio Landell de Moura. XVIII. Facchini Neto, Eugênio. XIX. Menke, Fabiano. XX. Alves, Fabrício Germano. XXI. Dias, Felipe da Veiga. XXII. Schaefer, Fernanda. XXIII. Glitz, Frederico. XXIV. Möller, Gabriela Samrsl. XXV. Pongelli, Giacomo. XXVI. Clemente, Graziella Trindade. XXVII. Goulart, Guilherme Damasio. XXVIII. Martins, Guilherme Magalhães. XXIX. Borges, Gustavo Silveira. XXX. Hupffer, Haide Maria. XXXI. Pinto, Henrique Alves. XXXII. Godinho, Inês Fernandes. XXXIII. Bolesina, Iuri. XXXIV. Guimarães, João Alexandre Silva Alves. XXXV. Rodríguez, José Julio Fernández. XXXVI. Faleiros Jr., José Luiz de Moura. XXXVII. Berwig, Juliane Altmann. XXXVIII. Ernesto, Leandro Miranda. XXXIX. Schilling, Leonardo. XL. Gomes, Lucas de Bulhões. XLI. Dadalto, Luciana. XLII. Barbosa, Mafalda Miranda. XLIII. Souza, Maique Barbosa de. XLIV. Sá, Maria de Fátima Freire de. XLV. Figueiredo, Mariana Ferreira. XLVI. Rosenvald, Nelson. XLVII. Cantarini, Paola. XLVIII. Quinelato, Pietra Daneluzzi. XLIX. Nogaroli, Rafaella. L. Hohendorff, Raquel Von. LI. Scalzilli, Roberta. LII. Silva, Silvio Bitencourt da. LIII. Divino, Sthéfano Bruno Santos. LIV. Blauth, Taís Fernanda. LV. Canale, Talita Bruna. LVI. Gervasoni, Tássia A. LVII. Engelmann, Wilson. LVIII. Título.

2022-1845

CDD 340.0285 CDU 34:004

Elaborado por Vagner Rodolfo da Silva - CRB-8/9410

Índices para Catálogo Sistemático:

1. Direito digital 340.0285

2. Direito digital 34:004

NANOTECNOLOGIAS IMPULSIONADAS POR INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: BENEFÍCIOS, DESAFIOS ÉTICOS E RISCOS

Haide Maria Hupffer

Pós-doutora em Direito pela Unisinos. Doutora em Direito e Mestre em Direito pela Unisinos. Professora e pesquisadora no Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental e no Curso de Graduação em Direito da Universidade Feevale. Integrante do Núcleo Docente Estruturante do Curso de Direito. Líder do Grupo de Pesquisa Direito e Desenvolvimento (CNPq/Feevale). Líder do Projeto de Pesquisa: Novas Tecnologias e Sociedade de Risco: Limites e responsabilização pelo risco ambiental. E-mail: haide@feevale.br

Taís Fernanda Blauth

Doutoranda em Inteligência Artificial e Relações Internacionais na University of Groningen, Campus Fryslân, Países Baixos. Pesquisadora no departamento de Governança e Inovação e integrante do Data Research Centre, na faculdade Campus Fryslân. Mestre em Política e Relações Internacionais – Teoria Política, pela Durham University (Reino Unido). E-mail: t.f.blauth@rug.nl

Juliane Altmann Berwig

Doutora em Direito pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) com Bolsa pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo Programa de Excelência Acadêmica (Proex). Mestre em Direito pela UNISINOS. Professora e Pesquisadora no curso de Direito da Universidade FEEVALE. Sócia-proprietária do escritório Berwig Advocacia. E-mail: julianeberwig@feevale.br

Sumário: 1. Introdução – 2. Nanotecnologias: principais aplicações; 2.1 Nanotecnologias: uma análise dos riscos – 3. Inteligência artificial – 4. Integrando nanotecnologia e inteligência artificial: oportunidades e princípios éticos; 4.1. Sinergia entre nanotecnologia e inteligência artificial: oportunidades no campo da medicina; 4.2 Princípios éticos são suficientes para a redução dos riscos? – 5. Considerações finais – 6. Referências.

1. INTRODUÇÃO

O mercado das nanotecnologias é altamente promissor e cresce exponencialmente. Produtos e aplicações com nanotecnologia estão presente nas mais diferentes áreas, como na nanomedicina, nanotextil, nanobiotecnologia, nanofármacos, nanoeletrônica, nanoalimentos. Além do seu tamanho, a grande vantagem de desenvolver e incorporar nanopartículas nanoengenheiradas em aplicações e produtos está na potencialização das suas características físicas e químicas, o que a torna extremamente atraente para ser utilizada em vários setores. Outra razão é sua característica

de pervasividade, ou seja, de adentrar em vários setores abrindo espaço para novas inovações, o que possibilita mudar a dinâmica de várias tecnologias.

A Inteligência Artificial (IA) é uma das tecnologias disruptivas que aproveita as vantagens das nanotecnologias para impulsionar novas aplicações. A IA, como a nanotecnologia, é uma realidade presente na maioria dos setores, cresce em progressão geométrica e conta no seu desenvolvimento com o aporte inter/multi/transdisciplinar das diferentes áreas do conhecimento. Máquinas inteligentes são desenvolvidas para interpretar o mundo como os humanos o interpretam, aprender com exemplos do mundo real, substituir o ser humano em inúmeras tarefas, compreender diferentes línguas instantaneamente, transformar radicalmente as áreas da comunicação, da medicina, do setor bancário e da educação, entre outras tantas aplicações, resultando em inúmeras tecnologias e soluções.

Por outro lado, a humanidade não pode subestimar riscos e impactos das novas tecnologias. Há riscos e questões éticas que precisam ser superadas. O cuidado com a essência do ser humano e os direitos humanos devem ser a preocupação central para o desenvolvimento de qualquer tecnologia. A combinação dos benefícios e vantagens da IA com produtos e aplicações de nanotecnologia capturaram o interesse de inúmeros pesquisadores e setores econômicos. Essa é mais uma razão para uma vigilância responsável para implementar soluções dessas duas tecnologias de forma ética e centrada no bem-estar do ser humano e na sustentabilidade ambiental.

O presente estudo, objetiva realizar uma reflexão em torno das nanotecnologias impulsionadas por inteligência artificial, dividindo a discussão em três momentos: primeiro, apresenta-se a nanotecnologia, seu conceito, as principais aplicações, benefícios e riscos. Em seguida, é apresentada a Inteligência Artificial com seus benefícios e riscos. Para finalizar, são examinadas aplicações de IA e nanotecnologia como uma oportunidade tecnológica para responder a diferentes desafios, buscando compreender os riscos e questionando se princípios éticos serão suficientes para reduzir os riscos.

2. NANOTECNOLOGIAS: PRINCIPAIS APLICAÇÕES

O significado da palavra nanotecnologia vem do prefixo “nano” do grego “nânos”, que significa anão, muito pequeno.¹ Nanotecnologia é assim, a “área do conhecimento que estuda os princípios fundamentais de moléculas e estruturas, nas quais pelo menos uma das dimensões está compreendida entre cerca de 1 e 100 nanômetros”.² O nanômetro, representa a bilionésima parte do metro, ou seja: 10⁻⁹

1. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. Scientiarum Historia. *História da Nanotecnologia*. Disponível em: <http://www.hcte.ufrj.br/downloads/sh/sh1/Artigos/68.pdf>. Acesso em: 14 out. 2021.
2. ALVES, Oswaldo. Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais: quando a distância entre presente e futuro não é apenas questão de tempo. *Revista Parcerias Estratégicas*, Brasília, v. 9, n. 18, 2004. Disponível em: http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/138. Acesso em: 14 out. 2021.

do metro. Assim, as nanotecnologias representam a aplicação destas nanoestruturas em dispositivos nanoescalares utilizáveis.³

As nanotecnologias possuem diversas aplicações. Nos alimentos, têm sido aplicadas com o objetivo de trazer benefícios no que diz respeito ao sabor, aparência, durabilidade, bem como reduzir os impactos ambientais decorrentes das embalagens.⁴ O uso de nanocompósitos para a embalagem dos alimentos protege e aumenta a sua vida útil e é considerada uma alternativa ambientalmente importante, pois reduz a exigência de utilização de plásticos, como materiais de embalagem. Além disso, têm potencialidade para aumentar a vida útil e a qualidade dos alimentos. Assim, os nanomateriais em embalagens possibilitam o desenvolvimento de embalagens bioativas, capazes de manter os compostos bioativos – como prebióticos, probióticos, vitaminas encapsuladas ou flavonoides biodisponíveis – em ótimas condições, até que sejam liberados de forma controlável para o produto alimentício. Bem como, ajudam a controlar a oxidação dos alimentos e evitam a formação de sabores estranhos e texturas indesejáveis nos mesmos.⁵ Um exemplo são as nanopartículas metálicas de óxido de zinco e prata nos polímeros que proporcionam atividade antimicrobiana à embalagem. Dessa forma, muitos alimentos permanecem protegidos por tempo prolongado, aumentando a validade na prateleira e reduzindo a contaminação por microrganismos.⁶ O uso desses materiais, em função da sua natureza biodegradável, poderia contribuir para a redução dos resíduos. Todavia, a nanotecnologia por ser considerada uma nova tecnologia na área de alimentos e as vantagens e limitações da sua utilização industrial não são completamente compreendidas até o momento. O desafio é reunir informações sobre as propriedades e os riscos dos nanomateriais, a aplicação em escala industrial e a aceitação por parte dos consumidores.⁷

Na saúde, as nanotecnologias têm se focado no desenvolvimento de formulações destinadas ao tratamento do câncer, de doenças inflamatórias, cardiovasculares, neurológicas e ao combate do vírus da imunodeficiência adquirida (AIDS). Os estudos com nanomedicamentos em andamento tem como doença-alvo o câncer de mama.⁸ A

3. ALVES, Oswaldo. Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais: quando a distância entre presente e futuro não é apenas questão de tempo. *Revista Parcerias Estratégicas*, Brasília, v. 9, n. 18, 2004. Disponível em: http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/138. Acesso em: 14 out. 2021.
4. ASSIS, Letícia Marques de et al. Características de nanopartículas e potenciais aplicações em alimentos. *Brazilian Journal of food technology*. v. 15, n. 2, p. 99-109, abr./jun. Campinas, 2012. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232012005000004>. Acesso em: 14 out. 2021.
5. ASSIS, Letícia Marques de et al. Características de nanopartículas e potenciais aplicações em alimentos. *Brazilian Journal of food technology*. v. 15, n. 2, p. 99-109, abr./jun. Campinas, 2012. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232012005000004>. Acesso em: 14 out. 2021.
6. TNSInnovation. *Nanotecnologia na indústria de alimentos*. Disponível: <http://tnsolution.com.br/2015/08/26/nanotecnologia-na-industria-de-alimentos/>. Acesso em: 14 out. 2021.
7. ASSIS, Letícia Marques de et al. Características de nanopartículas e potenciais aplicações em alimentos. *Brazilian Journal of food technology*. v. 15, n. 2, p. 99-109, abr./jun. Campinas, 2012. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232012005000004>. Acesso em: 14 out. 2021.
8. DIMER, Frantiescoli A. et al. Impactos da nanotecnologia na saúde: produção de medicamentos. *Química Nova*, v. 36, n. 10, p. 1520-1526, 2013. Disponível em: http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=3046. Acesso em: 14 out. 2021.

entrega do composto terapêutico ao seu alvo é um problema no tratamento de várias doenças. “Estas limitações podem ser evitadas recorrendo à libertação controlada dos princípios ativos, neste sistema, o fármaco é levado para o seu tecido alvo, minimizando assim a sua influência noutras células com a redução dos consequentes efeitos colaterais indesejáveis”.⁹

A bionanotecnologia e a nanomedicina são especialmente promissoras, no diagnóstico de doença e sensores para monitoramento da saúde humana; maior eficiência dos medicamentos que são direcionados aos locais específicos no corpo humano; prata nanocristalina conhecida por ter propriedades antimicrobianas já está sendo usada em curativos para feridas nos Estados Unidos.¹⁰ A nanop prata é amplamente utilizada em produtos como roupas, brinquedos, itens de higiene pessoal e saúde, dispositivos médicos e comida, devido à suas propriedades antimicrobianas. Os nanodiamantes são usados nas imagens biomédicas graças às suas propriedades luminescentes, alta estabilidade química e biocompatibilidade. Devido às suas propriedades magnéticas, as nanopartículas de óxido de ferro têm enorme potencial para administração específica de medicamentos no tratamento do câncer, técnicas de diagnóstico por imagens e remoção de arsênico de água. O grafeno é uma lâmina de átomos de carbono da espessura de um átomo. Entre as suas possíveis aplicações estão os sistemas de administração de medicamentos, transporte molecular, a engenharia de tecidos e os implantes.¹¹

O nanobiossensor é um aparelho compacto que incorpora um “sensor contendo um elemento biológico, por exemplo, uma enzima, capaz de reconhecer e sinalizar a presença, atividade ou concentração de uma determinada espécie biológica”. O principal atributo é a sua especificidade e sensibilidade.¹²

Os nanomateriais, possuem propriedades óticas, elétricas, magnéticas, de transporte, catalíticas, dentre outras e se manifestam a partir de um determinado tamanho, chamado de crítico. “Quando as partículas deste material estão abaixo deste tamanho crítico, esta propriedade se torna diferenciada”.¹³ Mas, para um mesmo material o tamanho crítico normalmente é diferente, por exemplo, “o tamanho crítico para propriedades óticas de um determinado nanomaterial pode ser 20 nm,

9. FIGUEIRAS, Ana Rita Ramalho; COIMBRA, André Brito; VEIGA, Francisco José Baptista. Nanotecnologia na saúde: aplicações e perspectivas. *Boletim Informativo Geum*, v. 5, n. 2, p. 14-26, abr./jun., 2014. Disponível em: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/geum/article/viewFile/1729/1705>. Acesso em: 14 out. 2021.

10. THE ROYAL SOCIETY & THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*, 2004. Disponível em: https://royalsociety.org/~media/Royal_Society_Content/policy/publications/2004/9693.pdf. Acesso em: 14 out. 2021.

11. PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE. *Fronteras 2017: Nuevos temas de interés ambiental*, 2017. Disponível em: https://www.toxicologia.org.ar/wp-content/uploads/2017/12/Frontiers_2017.pdf. Acesso em: 14 out. 2021.

12. FIGUEIRAS, Ana Rita Ramalho; COIMBRA, André Brito; VEIGA, Francisco José Baptista. Nanotecnologia na saúde: aplicações e perspectivas. *Boletim Informativo Geum*, v. 5, n. 2, p. 14-26, abr./jun., 2014. Disponível em: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/geum/article/viewFile/1729/1705>. Acesso em: 14 out. 2021.

13. ZARBIN, Aldo J. G. Química de (nano)materiais. *Revista Química Nova*. São Paulo, v.30, n.6, p. 1469-1479. Nov./Dez. 2007, Disponível em: http://static.sites.sbq.org.br/quimicanova.sbq.org.br/pdf/Vol30No6_1469-15-S07432.pdf. Acesso em: 14 out. 2021.

enquanto para as propriedades magnéticas pode ser 80 nm". Além disso, quando abaixo do tamanho crítico, a forma das nanopartículas influencia nas propriedades, ou seja, "nanopartículas esféricas com diâmetro de 5 nm têm propriedades diferentes daquelas encontradas para o mesmo material, mas com nanopartículas na forma de bastão com 5 nm de comprimento".¹⁴

Nos computadores, o armazenamento de dados, utilizando propriedades magnéticas para criar memória, também dependem da nanociência. Ademais, alternativas baseadas em silício já estão sendo exploradas, por exemplo, telas de exibição de plásticos flexíveis; sensores para detectar produtos químicos no meio ambiente, verificar a comestibilidade dos alimentos; monitorar o estado da mecânica dentro dos edifícios; absorção de cores para uso em células de energia solar ou rótulos biológicos fluorescentes.¹⁵

2.1 Nanotecnologias: uma análise dos riscos

As nanotecnologias implicam em diversos benefícios, pois permitem fabricar materiais a partir de átomos e assim resultar em propriedades convenientes. Milhares de produtos já estão no mercado,¹⁶ aproximadamente 9.391¹⁷. Para tanto, as suas soluções têm sido apontadas como um meio para a revolução tecnológica. Ao mesmo tempo, seu inverso tem despertado discussões complexas a fim de compreender seus riscos, possíveis resultados negativos implicados, visando assim, manter o desenvolvimento nanotecnológico.

É sabido que as nanotecnologias são uma ciência em franca expansão, todavia, os riscos e impactos de seu uso estão sendo ignorados pelo público, mesmo quando evidências demonstram que os nanomateriais podem/irão exercer influências em uma variedade de organismos no meio ambiente. Os nanomateriais inevitavelmente atingem os seres humanos e os demais organismos ao serem despejados no meio ambiente. No entanto, ainda não existem sistemas totalmente abrangentes que possam ser estabelecidos para avaliar com clareza a toxicidade no meio ambiente. Ou seja, a avaliação dos riscos para os nanomateriais no ambiente natural não é uma tarefa fácil, mas as abordagens devem ser melhoradas nos campos de caracterização, detecção da morfologia das partículas e os métodos de rastreamento para o destino destas.¹⁸

14. ZARBIN, Aldo J. G. Química de (nano)materiais. *Revista Química Nova*. São Paulo, v.30, n.6, p. 1469-1479, Nov/Dez. 2007, Disponível em: http://static.sites.sbq.org.br/quimicanova.sbq.org.br/pdf/Vol30No6_1469_15-S07432.pdf. Acesso em: 14 out. 2021.

15. THE ROYAL SOCIETY & THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. Disponível em: https://royalsociety.org/~media/Royal_Society_Content/policy/publications/2004/9693.pdf. Acesso em: 14 out. 2021.

16. SHEARER, Cameron. A guide to the nanotechnology used in the average home. *Nano Werk*, 2016. Disponível em: <http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=43847.php>. Acesso em: 14 out. 2021.

17. NANOTECHNOLOGY PRODUCTS DATABASE (NPD). *Source of information about nanotechnology products*. Disponível em: <http://product.statnano.com/>. Acesso em: 14 out. 2021.

18. YAO, Duoxi et. al. Limitation and challenge faced to the researches on environmental risk of nanotechnology. *Environmental Sciences*, v. 18, p.149 – 156, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029613001527>. Acesso em: 14 out. 2021.

Em escala nano os efeitos ambientais dos materiais são diferentes, seja em razão dos nanomateriais possuírem uma área superficial relativamente maior quando comparada à massa de material produzido em escala tradicional, seja pela possibilidade de torná-los quimicamente reativos, quando na forma macro são inertes. Além disso, os efeitos quânticos podem dominar o comportamento da matéria na nanoescala afetando o comportamento óptico, elétrico e magnético dos materiais.¹⁹ Este efeito pode ser observado com o ouro, material praticamente inerte, todavia, em formato de nanopartículas é altamente reativo.²⁰

Inúmeras pesquisas apontam que os nanomateriais podem ter uma permeabilidade através da pele, mucosas e membranas celulares, causando um efeito tóxico magnificado. Logo, observar o tamanho das nanopartículas é de suma importância, visto que “partículas aéreas maiores que 2,5 micrometros de qualquer natureza tendem a ficarem retidas no nariz e na garganta, enquanto partículas menores tendem a seguir para vias aéreas mais internas”. Diante disso, “partículas com dimensão tal que possam chegar ao sistema alveolar no pulmão podem, com certa facilidade, permear os tecidos e cair na corrente sanguínea e daí chegar a diversos órgãos, como fígado, rins, baço e coração, para então atuar de forma danosa”.²¹ Além disso, as nanopartículas após o contato com o ambiente ou os organismos vivos, pode se revelar em sua forma livre ou aglomerada. Este processo é dinâmico e inicialmente imperceptível e também pode ser acompanhado pela funcionalização da superfície destas por diferentes agrupamentos químicos presentes no meio.²²

Uma avaliação do ciclo de vida dos nanomateriais – incluindo fabricação, transporte, uso do produto, reciclagem e disposição final dos resíduos – é necessária para verificar a aplicação aos sistemas legais existentes ou inexistentes. Lacunas legais demandam nova regulação. Neste ciclo de vida, devem ser avaliados os efeitos sistêmicos ao meio ambiente, à saúde, à segurança de modo geral ambiental, tudo isso deve ocorrer antes da comercialização dos produtos. Uma vez que após a liberação dos nanoproductos na natureza podem ser esperados impactos ambientais potencialmente prejudiciais, com importante mobilidade e persistência no solo, água e

19. THE ROYAL SOCIETY & THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING (ROYAL SOCIETY). *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. Disponível em: https://royalsociety.org/~media/Royal_Society_Content/policy/publications/2004/9693.pdf. Acesso em: 14 out. 2021.

20. PASCHOALINO, Matheus et al. Os nanomateriais e a questão ambiental. *Revista Química Nova*, v. 33, n.2, p.421-430, 2010. Disponível em: http://static.sites.sbq.org.br/quimicanova.sbq.org.br/pdf/Vol33No2_421-32-RV09047.pdf. Acesso em: 14 out. 2021.

21. MORISSO, Fernando Dal Pont; JAHNO Vanusca Dalosto. Nanociência e nanotecnologia: um rompimento de paradigmas. In: ENGELMANN, Wilson, HUPFFER, Haide Maria (Org.). *Impactos Sociais e Jurídicos das Nanotecnologias*. São Leopoldo: Casa Leiria, 2017, p. 13-37. Livro disponível em E-book.

22. PASCHOALINO, Matheus et al. Os nanomateriais e a questão ambiental. *Revista Química Nova*, v. 33, n.2, p.421-430, 2010. Disponível em: http://static.sites.sbq.org.br/quimicanova.sbq.org.br/pdf/Vol33No2_421-32-RV09047.pdf. Acesso em: 14 out. 2021.

ar, bem como gerar bioacumulação e interações imprevistas com outras substâncias químicas e materiais biológicos.²³

Portanto, ao mesmo tempo em que as nanotecnologias se revelam como uma oportunidade de desenvolvimentos positivos para o futuro da humanidade, o risco assim revela-se como a oportunidade de estabelecer vínculos com o futuro a evitar as consequências negativas. Conexões estas que permitem lançar à consciência as projeções além do hoje, ou seja, às futuras gerações. É sabido que esta conscientização do risco justamente objetiva evitar (prevenir e precaucionar) danos vivenciados no passado, quando as novas descobertas tecnológicas eram implementadas sem qualquer mensuração de risco e os danos nefastos se concretizaram. O pensamento voltado exclusivamente no resultado imediato dos ganhos com a inovação merece ser ligeiramente repensado.²⁴

3. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A Inteligência Artificial (IA) é hoje bem mais do que executar tarefas específicas com mais velocidade e eficiência do que os humanos as realizam. Algoritmos inteligentes são desenvolvidos para buscar e processar informações para tomada de decisões mais precisas a partir das possibilidades de correlações de uma grande quantidade de dados e informações complexas, identificar tendências econômicas futuras, analisar cenários de empresas com potencial de se tornarem exitosas na Bolsa de Valores, ajudar a detectar fraudes, prever comportamentos e delitos, ajustar a temperatura no processo de armazenagem de produtos alimentícios para conservar melhor os alimentos e classificação automática da qualidade de cada produto, além de criar músicas, reconhecer faces humanas, classificar imagens, veículos não tripulados controlados ou guiados remotamente e detectar objetos.

A IA também é um termo que acaba evocando a eliminação de fronteiras entre homem e máquina, simbiose entre humanos e tecnologias, reconstrução de neurônios humanos em sistemas de IA, mapeamento e reconstrução de estruturas do sistema nervoso central e de outros órgãos humanos, deixando o *status* de promessa para alterar significativamente a maneira como o ser humano vive. Todas essas aplicações e outras mais são realidades e possibilidades que mostram que não há limites para avanços e criação de sistemas de superinteligência não humana e seus efeitos em cadeia. Como toda tecnologia, a IA traz inúmeros benefícios, mas se for mal utilizada ou mal programada pode causar danos.

23. INTERNATIONAL CENTER FOR TECHNOLOGY ASSESSMENT (ICTA). NANOACTION PROJECT. *Principles for the Oversight of Nanotechnologies and Nanomaterials*, 2012. Disponível em: http://www.icta.org/files/2012/04/080112_ICTA_rev1.pdf. Acesso em: 14 out. 2021.

24. BERWIG, Juliane Altmann; ENGELMANN, Wilson. A Nanotecnologia: do fascínio ao risco. In: ENGELMANN, Wilson, HUPFFER, Haide Maria (Org.). *Impactos Sociais e Jurídicos das Nanotecnologias*. São Leopoldo: Casa Leiria, 2017, p. 39-74. Livro disponível em E-book.

Tecnologias como *big data*, *machine learning* e algoritmos sofisticados dão suporte à IA. Assim, levando em consideração o quão recente e vasto é o cenário de IA, ainda não se tem consciência plena de seus benefícios e riscos, na sequência apresentadas algumas criações como o Robô LEO, aplicações práticas na medicina e nas interfaces cérebro-computador, suas promessas e benefícios.

O Robô LEONARDO ou LEO (acrônimo de LEgs ONboARD drOne) foi desenvolvido por engenheiros do Instituto de Tecnologia da Califórnia para um tipo de locomoção multimodal híbrida com dois mecanismos diferentes de locomoção: pernas multiarticuladas e propulsores baseadas em hélices. A capacidade de locomoção híbrida do LEO permite uma ampla gama de missões robóticas aproveitando da multimodalidade de voar e andar, de forma excepcionalmente ágil e capaz de movimentos complexos, que são difíceis de realizar com o uso de robôs apenas terrestres ou aéreos. Sua performance híbrida possibilita interações físicas com estruturas com alta altitude, que geralmente são perigosas para trabalhadores humanos. LEO tem a vantagem em relação aos anteriores pela sua capacidade de locomoção multimodal para lidar com terrenos complexos e desafiadores usando além dos movimentos dos humanos (caminhar, correr, subir escadas, pular) aspectos da biologia de vários animais, o que permite ao LEO superar qualquer obstáculo usando a transição entre os modos terrestres e aéreos. LEO demonstrou ser eficiente em aspectos que os robôs anteriores falharam. O controle sincronizado de suas hélices e articulações das pernas permite andar em uma corda, pilotar com sucesso um skate de rodas, voar para inspecionar e reparar linhas de alta tensão em locais de difícil acesso, inspeção de telhados de prédios, inspeção de tubulações de refinaria de petróleo e pinturas em pontes altas, visto que o LEO pode manter o equilíbrio em terrenos escorregadios e porque pode optar por voar para um local seguro caso caia.

A medicina é uma área que está recebendo muitos investimentos para o desenvolvimento de IA em economias mais tecnológicas. Sistemas de IA já auxiliam médicos na extração de informações sobre diagnósticos e tratamentos para inúmeras doenças, previsões sobre efeitos e interações de medicamentos, identificação de grupos e subgrupos de comorbidades etc. Nos Estados Unidos, a IBM Watson Health utiliza abordagens de *machine learning* (aprendizado de máquina), a partir do armazenamento de um grande volume de casos de pacientes com câncer que dialogam com mais de um milhão de artigos científicos. A possibilidade de analisar e processar uma quantidade imensa de dados de pacientes e pesquisas científicas estão auxiliando os médicos no atendimento e na tomada de decisão sobre o quadro clínico de pacientes, propiciando maior precisão nos diagnósticos e redução de custos do tratamento de pacientes com câncer.²⁵

25. KIM, Kyunam; SPIELER, Patrick; LUPU, Elena-Sorina; RAMEZANI, Alireza; CHUNG, Soon-Jo. A bipedal walking robot that can fly, slackline, and skateboard. *Science Robotics*, v. 6, n. 59, 06 oct. 2021. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/scirobotics.abf8136> Acesso em: 08 out. 2021.
26. JONES, L. D.; GOLAN, D.; HANNA, S. A.; RAMACHANDRAN, M. Artificial intelligence, machine learning and the evolution of healthcare a bright future or cause for concern? *Bone & Joint Research*, v. 7, n. 3, mar. 2018, Doi: <https://doi.org/10.1302/2046-3758.73.BJR-2017-0147.R1>

Parte dos avanços da IA foram inspirados por pesquisas nos campos relacionados à neurociência, psicologia e biologia e projetadas para analisarem o funcionamento interno do cérebro humano e compreender aspectos importantes da inteligência biológica. Pesquisas na área da neurociência inspiram o desenvolvimento de novos algoritmos, arquiteturas, funções e representações do complexo sistema do cérebro humano, bem como oferecem validação de sistemas de IA já existentes sobre mecanismos gerais da função cerebral. A interface IA-neurociência possibilita o desenvolvimento de sistemas artificiais para tarefas desafiadoras de reconhecimento de objetos, geração autônoma de imagens naturais sintéticas, simulações perfeitas da fala humana, tradução em múltiplas línguas, criação de obras artísticas no estilo de pintores reconhecidos.²⁷

Kangassalo, Spapé e Ruotsa desenvolveram estágios mais avançados nas interfaces cérebro-computador que combinam sinais emitidos pelo cérebro humano diante de imagens e situações com características variadas e que correspondem à intenção de um operador humano. Os sinais cerebrais emitidos permitiram um aumento criativo de novas imagens e informações sobre as intenções dos usuários. A técnica possibilita observar atitudes inconscientes e processos subjacentes da mente humana que são expostas quando o cérebro se depara com determinada imagem, faz associações com categorias mentais, preconceitos, crenças e valores. Portanto, a partir de hipóteses geradas pelo sistema de IA a modelagem gerativa neuroadaptativa arquiteta um modelo de intensões e com os sinais emitidos pelo cérebro do usuário é possível desenhar ou ilustrar algo. Uma das vantagens da modelagem gerativa neuroadaptativa é que ela possibilita mapear características complexas das reações evocadas por estímulos naturais, os quais podem ser aprendidos por algoritmos sem repetir os mesmos estímulos ou exigir que o operador realize tarefas de imagens artificiais. A modelagem gerativa neuroadaptativa está baseada em três princípios: gerar, perceber e adaptar.²⁸

Novas ferramentas para mapeamento do cérebro e a bioengenharia genética oferecem possibilidades para avançar em cálculos que ocorrem em circuitos neurais e que prometem uma revolução na compreensão da função cerebral do ser humano. As pesquisas da neurociência são insumo para novas modelagens de IA, que podem ser resumidas em seis áreas-chave: i] compreensão intuitiva do mundo físico (interpretar e raciocinar sobre espaço, decompor cenas em objetos individuais e suas relações, compreender o senso comum por meio de experimentos interativos) para guiar referência e previsão; ii] aprendizado eficiente (redes que aprendem a aprender – novos conhecimentos sobre tarefas novas e apropriação

27. HASSABIS, Demis; KUMARAN, Dharshan; SUMMERFIELD, Christopher; BOTVINICK, Matthew. Neuroscience-Inspired Artificial Intelligence. *Neuron*, v. 95, n. 2, p. 245-258, jul. 2017. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2017.06.011>

28. KANGASSALO, Lauri; SPAPÉ, Michiel; RUOTSALO, Tuukka. Neuroadaptive modelling for generating images matching perceptual categories. *Nature Scientific Reports*, v. 10, n. 14719, 2020. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-71287-1>. Acesso em: 08 out. 2021.

das experiências anteriores relacionadas ao problema apresentado); iv) aprendizado de transferência (capacidade de raciocinar relacionalmente); v) planejamento (cenários preditivos e planejamento baseado em simulações); vi) análises cerebrais virtuais (podem aumentar a interpretabilidade e simular cérebros biológicos). Em consequência, essas inovações revolucionárias possibilitam uma melhor compreensão da mente humana e como se dá o processo de pensamento. Traduzir “a inteligência em uma construção algorítmica e compará-la com o cérebro humano auxilia a produzir *insights* sobre alguns dos mistérios mais profundos e duradouros da mente, como a natureza da criatividade, sonhos e talvez um dia, até mesmo a consciência”.²⁹

A aprendizagem de máquina tem mostrado importantes avanços também na cirurgia robótica, medicina muscoesquelética, compreensão da biomecânica, ressecção de tumor ósseo, design de implante ortopédico, alterações degenerativas da coluna vertebral, estenose espinhal multinível e diagnósticos de osteoartrite do joelho. Cada avanço exige elevados recursos financeiros das empresas para financiar o desenvolvimento de novas aplicações, visto que requerem milhares ou até milhões de avaliações para que a “máquina aprenda” e possa subsidiar decisões médicas mais seguras.³⁰ Se observa uma verdadeira simbiose homem-máquina.

A IA também já é utilizada para detecção e prevenção de desastres naturais ações de combate ao aquecimento global, entre outros eventos catastróficos em que é mais difícil o controle do ser humano. Em ações de mitigação do aquecimento global são utilizados drones capazes de lançar sementes de diferentes árvores para “disminuir los procesos de deforestación o técnicas agrícolas que mejoren la producción de alimentos en general, disminuyendo costes y desperdicios, incrementando la sostenibilidad” ambiental.³¹

Os exemplos mostram que a IA está em todas as áreas, com suas promessas, riscos, desafios, fracassos e sucessos. Observam-se movimentos regulatórios e um olhar mais atento dos legisladores para garantir que as aplicações de IA estejam alinhadas com expectativas eticamente e socialmente aceitáveis, como também se manifestam previsões catastróficas para um futuro dominado pela IA. O certo é que a humanidade chegou em um ponto sem retorno e que os benefícios propagados podem acarretar graves consequências para as presentes e futuras gerações, bem como afrontar princípios éticos que ainda não foram suficientemente discutidos.

29. HASSABIS, Demis; KUMARAN, Dharshan; SUMMERFIELD, Christopher; BOTVINICK, Matthew. Neuroscience-Inspired Artificial Intelligence. *Neuron*, v. 95, n. 2, p. 245-258, jul. 2017. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2017.06.011>

30. JONES, L. D.; GOLAN, D.; HANNA, S. A.; RAMACHANDRAN, M. Artificial intelligence, machine learning and the evolution of healthcare A bright future or cause for concern? *Bone & Joint Research*, v. 7, n. 3, mar. 2018, Doi: <https://doi.org/10.1302/2046-3758.73.BJR-2017-0147.R1>

31. RUARO, Regina Linden; REIS, Ludimila Camilo Catão Guimarães. Los retos del desarrollo ético de la Inteligencia Artificial. *Veritas*, Porto Alegre, v. 65, n. 3, p. 1-14, set.-dez. 2020, p. 6. Disponível em: <https://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/veritas/article/view/38564/26562> Acesso em: 13 out. 2021.

Soares observa que uma máquina superinteligente age conforme o programado e os ajustes entre interações humanas e especificações de algoritmos podem não ser programados com fins seguros e eticamente aceitáveis. Uma máquina superinteligente também pode ir além do que seus programadores imaginaram ou identificar atalhos que eles nunca notaram ou consideraram. Entretanto, essa supercapacidade é uma espada de dois gumes: se de um lado ela pode ser extraordinariamente eficaz para alcançar os objetivos, por outro lado pode trazer efeitos colaterais negativos inesperados, a exemplo de laboratórios robóticos que podem danificar a biosfera. O autor complementa colocando que não existe uma solução simples, pois, um sistema de IA “precisaria aprender com informações detalhadas e variadas sobre o que é e não é considerado valioso, e ser motivado por este conhecimento, a fim de resolver com segurança até mesmo tarefas simples”.³²

A inteligência humana já desenvolveu sistemas de IA que concedem à máquina certo controle sobre o meio ambiente e sobre o futuro. Se os sistemas, estiverem alinhados com os interesses dos seres humanos e não apenas dos operadores, os danos talvez possam ser mitigados. Contudo, não se pode desprezar o risco de o controle estar nas mãos de uma pequena equipe de operadores ou nas mãos de grupos empresariais ou governos que poderiam colocar o futuro da humanidade em risco. Isso introduz um risco ético de grandes proporções e levanta vários questionamentos, dentre os quais registram-se: Como as preferências conflitantes serão resolvidas? As crianças farão parte dos dados e algoritmos? E os animais? As gerações futuras? Gerações presentes? Esses problemas filosóficos exigem reflexão. De quem é a responsabilidade se algo der errado? O certo é que essa responsabilidade exige extrema cautela no desenvolvimento de sistemas de IA. Um problema no sistema ou nas intenções dos seus desenvolvedores pode ser catastrófico. Só testes não são suficientes. Se dimensões importantes de valores da sociedade e do futuro da humanidade forem negligenciados, também é provável que possa haver negligência nos testes. Um sistema que está em observação pode muito bem passar em todos os testes, no entanto ser catastrófico quando perseguir seus objetivos no mundo real.³³

Para Floridi, se alguém disser que a IA passou por um inverno ruim, deve ser lembrado que o inverno vai voltar, e é melhor estar preparado. O autor, ao usar a metáfora do inverno, nomina como inverno da IA “aquela fase em que a tecnologia, os negócios e a mídia saem de sua bolha quente e confortável, esfriam, temperam as especulações da ficção científica e dos críticos, e chegam a um acordo com o que a IA pode ou não realmente fazer como uma tecnologia”.³⁴ Existem muitos pontos obscuros e não transparentes em sistemas de IA e que a humanidade não tem ideia

32. SOARES, N. *The Value Learning Problem*. Machine Intelligence Research Institute, Berkeley, 2016. Disponível em: <https://intelligence.org/files/obsolete/ValueLearningProblem.pdf>. Acesso em: 13 out. 2021.

33. SOARES, N. *The Value Learning Problem*. Machine Intelligence Research Institute, Berkeley, 2016. Disponível em: <https://intelligence.org/files/obsolete/ValueLearningProblem.pdf>. Acesso em: 13 out. 2021.

34. FLORIDI, L. AI and Its New Winter: from Myths to Realities. *Philos. Technol.* v. 33, p. 1–3, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13347-020-00396-6>.

sobre potenciais riscos. O futuro da IA dependerá das habilidades e engenhosidade dos designs e, principalmente, da capacidade de a humanidade negociar questões éticas, legais, econômicas e sociais, governar sobre os limites e novas formas de privacidade, sobre o grau de autonomia dada a máquina e a responsabilidade se algo não funcionar ou se for projetada para outros fins. O principal desafio não será as inovações de sistemas de IA em si, mas a governança da IA.³⁵

Do exposto, observa-se a necessidade de uma perspectiva ética e de discussões sobre princípios que possibilitem a humanidade caminhar com segurança no avanço das novas tecnologias para que os interesses humanos e do meio ambiente sejam preservados para as presentes e futuras gerações.

Dentre os movimentos com olhar mais cuidadoso e centrado no ser humano, foi assinado em maio de 2019 pelos trinta e seis países membros da OECD e os países parceiros (Argentina, Brasil, Colômbia, Costa Rica, Peru e Romênia), o documento com diretrizes e “Princípios da OECD sobre Inteligência Artificial”. O objetivo do documento está em fixar padrões internacionais para garantir que os sistemas de IA sejam projetados, em todas as fases do ciclo de vida, para serem robustos, seguros, justos e confiáveis. Os princípios acordados visam orientar governos, organizações e demais atores na concepção e execução de sistemas de IA ancorados na centralidade dos interesses dos seres humanos, juntamente com um sistema de responsabilização para os designers e operadores. Os princípios para a gestão responsável e confiável da IA são: i] crescimento inclusivo, desenvolvimento sustentável e bem-estar; ii] valores centrados no ser humano; iii] transparência e explicabilidade; iv] robustez, segurança e proteção; v] responsabilização ou prestação de contas (*accountability*).³⁶

Conforme os avanços da IA são introduzidos no mercado, inúmeros desafios se apresentam. Um dos desafios envolve a possibilidade de algoritmos com vieses discriminatórios ou racistas. Muitos sistemas de IA que são baseados em *machine learning*, por exemplo, são treinados com dados rotulados. Estudos mostram que algoritmos treinados com dados enviesados resultam em algoritmos discriminatórios.³⁷ Nesse sentido, é válido considerar a pesquisa desenvolvida por Buolamwini e Gebru em 2018, a qual contribuiu significativamente para o campo de reconhecimento facial.³⁸ As autoras mediram a precisão de três algoritmos comerciais usados para classificação de gênero. Os resultados sugerem que, em geral, os classificado-

35. FLORIDI, L. What the Near Future of Artificial Intelligence Could Be. *Philos. Technol.*, v.32, p. 1-15, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13347-019-00345-y>

36. ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). Recommendation of the Council on Artificial Intelligence. 2019. Disponível em: <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0449>. Acesso em: 05 out. 2021.

37. BOLUKBASI, Tolga et al. *Man is to Computer Programmer as Woman is to Homemaker? Debiasing Word Embeddings*, In: Barcelona, Spain: [s.n.], 2016; CALISKAN, Aylin; BRYSON, Joanna J.; NARAYANAN, Arvind, Semantics derived automatically from language corpora contain human-like biases, *Science*, v. 356, n. 6334, p. 183-186, 2017.

38. BUOLAMWINI, Joy; GEBRU, Timnit, Gender Shades: Intersectional Accuracy Disparities in Commercial Gender Classification, *Proceedings of Machine Learning Research*, v. 81, p. 1-15, 2018.

res tiveram melhor desempenho para indivíduos de pele clara e para homens, mas um resultado pior para mulheres negras. Tais problemas envolvendo algoritmos discriminatórios não estão restritos às análises acadêmicas. Em 2020, na cidade de Detroit, nos Estados Unidos, um homem negro foi preso injustamente devido a uma falha em um algoritmo de reconhecimento facial.³⁹ Quando sistemas que utilizam *machine learning* são treinados com dados pouco diversos, as consequências podem ser muito problemáticas. Portanto, os dados utilizados para treinar sistemas de IA devem ser diversos e representativos da população. Uma análise crítica por parte do programador é fundamental para evitar que preconceitos existentes na sociedade sejam replicados em algoritmos.

Floridi pontua que o aquecimento global, injustiças sociais e migrações são alguns dos problemas que exigem governança para serem resolvidos. A IA pode ser projetada para lidar com esses desafios e a inteligência humana deverá ser colocada à disposição dessa tecnologia para um futuro melhor e mais sustentável. Contudo, a IA é uma tecnologia e não se pode esperar milagres dela, bem como também não se pode apenas discutir os riscos. Ou seja, ela não pode ser vista nem como milagre e nem como uma praga. Por isso, o autor convoca a humanidade a resistir ao excesso de simplificação e dar importância ao debate ético, que ainda é uma questão inteiramente humana. Floridi chama esse exercício de filosofia e não futurologia.⁴⁰

4. INTEGRANDO NANOTECNOLOGIA E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: OPORTUNIDADES E PRINCÍPIOS ÉTICOS

4.1. Sinergia entre nanotecnologia e inteligência artificial: oportunidades no campo da medicina

Como exposto anteriormente, novas tecnologias, como nanotecnologia e Inteligência Artificial (IA), são instrumentais para o desenvolvimento das mais diversas áreas da sociedade. Por exemplo, como já registrado, o uso destas ferramentas está se tornando cada dia mais relevante no campo da medicina, especialmente no que tange a diagnóstico e prognóstico de câncer.⁴¹ Nos últimos anos, o campo da nanomedicina ganhou atenção sem precedentes, principalmente por ser uma forma pela qual os tratamentos e terapias da medicina de precisão podem ser realizados.⁴² Os

39. HILL, Kashmir, Wrongfully Accused by an Algorithm, *The New York Times*, Pub. 24 oct. 2020. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2020/06/24/technology/facial-recognition-arrest.html> Acesso em: 14 out. 2021.

40. FLORIDI, L. AI and Its New Winter: from Myths to Realities, *Philos. Technol.* v. 33, p. 1-3, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13347-020-00396-6>.

41. PATEL, Darshan et al. Implementation of Artificial Intelligence Techniques for Cancer Detection, *Augmented Human Research*, v. 5, n. 1, p. 6, 2020; RODRÍGUEZ-RUIZ, Alejandro et al. Detection of Breast Cancer with Mammography: Effect of an Artificial Intelligence Support System, *Radiology*, v. 290, n. 2, p. 305-314, 2019; ADIR, Omer et al. Integrating Artificial Intelligence and Nanotechnology for Precision Cancer Medicine, *Advanced Materials*, v. 32, n. 13, 2020.

42. HAYAT, Hasaan et al. A concise review: the synergy between artificial intelligence and biomedical nanomaterials that empowers nanomedicine, *Biomedical Materials*, v. 16, n. 5, 2021; ADIR et al. Integrating ADIR,

benefícios do uso da tecnologia incluem precisão, personalização, eficiência terapêutica, melhoria na relação dose-resposta, entre outros.⁴³

Para realizar os objetivos da medicina de precisão de adaptar o melhor tratamento para cada paciente de câncer, a IA e as nanotecnologias são fundamentais, visto que a conversão entre esses campos possibilita individualizar o melhor tratamento para cada paciente e para cada tipo de câncer. Grandes bases de dados e informações complexas sobre câncer, nanomateriais utilizados para cada tipo de câncer, resultados de aplicações, dados de pesquisas e dados de uma grande variedade de pacientes, são tratados por sistemas de IA e convertidos em informações. Essas informações possibilitam montar um perfil da doença específica do paciente, que é então alavancada com o conjunto de nanotecnologias terapêuticas para, com a integração dos dois campos (IA e nanotecnologia) obter o melhor resultado para o tratamento em cada situação particular. A interação com algoritmos para analisar padrões, propiciar uma melhor classificação e os mais precisos diagnósticos, são extremamente úteis frente a heterogeneidade dos tumores de câncer e a resposta individual. Ambas tecnologias são fundamentais para a realização do objetivo da medicina de precisão.⁴⁴

O poder disruptivo da IA com a nanotecnologia é amplificado pela forma como se combinam e geram novas inovações, entretanto esse mesmo poder disruptivo apresenta algumas limitações. Por exemplo, a tecnologia não possibilita uma compreensão profunda sobre a complexa interação entre as inúmeras variáveis existentes em um sistema envolvendo o uso de nanomedicina.⁴⁵ Técnicas de IA têm sido consideradas como forma de contornar alguns dos gargalos, especialmente os quantitativos. Isso porque, por definição, algoritmos que utilizam técnicas de IA são capazes de realizar análises e predições complexas, considerando grandes quantidades de dados e variáveis. Isso permite que processem grandes conjuntos de dados e reconheçam padrões, os quais podem ser explorados para melhorar o design de nanotecnologias para diagnóstico e tratamento.⁴⁶

O principal objetivo da IA no campo da nanomedicina é contribuir na resolução dos gargalos já identificados. O desenvolvimento das técnicas de IA, em especial

Omer et al. Integrating Artificial Intelligence and Nanotechnology for Precision Cancer Medicine, *Advanced Materials*, v. 32, n. 13, 2020 Artificial Intelligence and Nanotechnology for Precision Cancer Medicine; PATRA, Jayanta Kumar et al. Nano based drug delivery systems: recent developments and future prospects, *Journal of Nanobiotechnology*, v. 16, n. 1, 2018.

43. HAYAT, Hasaan et al. A concise review: the synergy between artificial intelligence and biomedical nanomaterials that empowers nanomedicine, *Biomedical Materials*, v. 16, n. 5, 2021, p. 1.

44. ADIR, Omer; POLEY, Maria; CHEN, Gal; FROIM, Sahar; KRINSKY, Nitzan; SHKLOVER, Jeny; SHAINSKY ROITMAN, Janna; LAMMERS, Twan; SCHROEDER, Avi. Cancer Treatment: Integrating Artificial intelligence and Nanotechnology for Precision Cancer Medicine. *Advanced materials* (Weinheim), v. 32, n. 13, ABR./2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/adma.202070100>. Acesso em: 16 out. 2021.

45. ADIR et al. Integrating Artificial Intelligence and Nanotechnology for Precision Cancer Medicine. *Advanced Materials*, v. 32, n. 13, 2020, 1-2.

46. ADIR et al. Integrating Artificial Intelligence and Nanotechnology for Precision Cancer Medicine, *Advanced Materials*, v. 32, n. 13, 2020, p. 2.

machine learning, somado às possibilidades das ferramentas computacionais modernas, tem alimentado a integração da IA à nanomedicina. Existe uma ampla gama de oportunidades nesse sentido, especialmente para o diagnóstico e tratamento de câncer. Por mais que as oportunidades no uso dessas ferramentas sejam promissoras, há que se considerar seus riscos e como saná-los.

A ciência dos materiais foi muito beneficiada pela aplicação da IA na quimioterapia, e agora emerge, adaptando os métodos e algoritmos às necessidades de materiais na escala nano. Por conseguinte, para nanomateriais, a nanoinformática é um campo de pesquisa que está crescendo, pela facilidade de adaptar e ampliar os métodos e ferramentas *in silico* disponíveis. Com a utilização de uma simulação computacional é possível construir novas possibilidades e abordar as propriedades dinâmicas, interativas e quânticas dos nanomateriais (NMs) ou as que estão em desequilíbrio. A nanoinformática auxilia no esforço em descrever quantitativamente a segurança e o impacto dos nanomateriais sobre o organismo humano e meio ambiente.⁴⁷

Como o avanço é exponencial, é fundamental reconhecer a necessidade de desenvolver ferramentas e modelos econômicos de nanoinformática baseados em IA e *machine learning* para realizar previsões das funcionalidades dos nanomateriais nas suas interações com o meio biológico e ambiental, bem como para prever potenciais riscos e efeitos adversos. Dito de outro modo, “deve-se dar especial foco ao desenvolvimento de metamodelos baseados em dados e modelos preditivos para decifrar as complexas relações entre descritores e as características físicas de nanomateriais”.⁴⁸ O bem-estar da humanidade, os direitos humanos e a sustentabilidade ambiental devem guiar as novas tecnologias. Por isso, a importância de desenvolver metodologias para observar suas funcionalidades e efeitos biológicos adversos.

A interação do aprendizado de máquina e da IA com o cérebro e a nanoengenharia, bem como as interfaces do computador com o cérebro oferecem um grande potencial para avançar significativamente na neurotecnologia. A humanidade está se aproximando de uma era de experiências individuais personalizadas que irão impactar tanto nas aplicações clínicas quanto nas não clínicas. Como em qualquer “progresso verdadeiramente disruptivo e de mudança paradigmática” a humanidade encontra-se diante de inúmeros desafios técnicos que precisam ser superados. São inúmeros os desafios éticos decorrentes do desenvolvimento da neurociência e da neurotecnologia com o uso da IA e da nanoengenharia. Para que cada ser humano seja respeitado é necessário atentar para esses quatro princípios éticos: i] privacidade; ii] identidade; iii] autonomia; iv] igualdade. Portanto, os avanços resultantes da convergência da IA, neurotecnologia e nanoengenharia devem estar acompanhados de intensas e contínuas discussões sobre

47. AFANTITIS, Antreas. Nanoinformatics: Artificial Intelligence and Nanotechnology in the New Decade. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*, v. 23, n. 1, p. 4-5, 2020, p. 4. Disponível em: <https://www.eurekaselect.com/180227/article>. Acesso em: 16 out. 2021.

48. AFANTITIS, Antreas. Nanoinformatics: Artificial Intelligence and Nanotechnology in the New Decade. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*, v. 23, n. 1, p. 4-5, 2020, p. 4. Disponível em: <https://www.eurekaselect.com/180227/article>. Acesso em: 16 out. 2021.

as implicações éticas, sociais e jurídicas.⁴⁹ Os riscos potenciais são muito altos para ignorar ou adiar a necessidade de uma governança alicerçada nos direitos humanos. Sistemas de IA superinteligentes podem ser tendenciosos, preconceituosos, produzirem resposta imprecisas, serem falíveis e cometerem erros.

4.2 Princípios éticos são suficientes para a redução dos riscos?

Uma das formas de reduzir os riscos atrelados às novas tecnologias é regulamentá-las. No entanto, a criação ou adaptação de leis é um processo moroso, que nem sempre é capaz de acompanhar a rapidez dos avanços tecnológicos. Nesse cenário, princípios éticos e boas práticas são instrumentos úteis e cruciais para o desenvolvimento e uso responsável de tecnologias. Eles são especialmente relevantes em momentos de instabilidade política, econômica ou social. Durante a pandemia do COVID-19, por exemplo, muitas aplicações (*apps*) e websites foram desenvolvidos no mundo todo. Com o objetivo de monitorar o fluxo de pessoas, prover informações, notificar pessoas que estiveram em contato com uma pessoa infectada, entre outros, tais ferramentas despertaram muitas críticas.⁵⁰ Na ausência de regulamentação sobre como tais medidas baseadas em dados deveriam ser conduzidas, princípios e boas práticas foram essenciais para que aspectos como privacidade e transparência fossem respeitados.⁵¹ Portanto, princípios éticos são relevantes, principalmente na ausência de legislação específica.

Na última década, tais princípios foram centrais nos debates sobre redução de riscos relacionados às tecnologias emergentes. Por exemplo, empresas, institutos de pesquisa, organizações da sociedade civil e instituições governamentais publicaram diversos documentos contendo diretrizes para uma 'inteligência artificial ética'. No entanto, devido ao grande número de publicações e princípios, nem sempre há clareza acerca dos elementos mais relevantes. A fim de identificar se há concordância, a nível global, com relação a requerimentos éticos e boas práticas, Jobin et al.⁵² avaliaram 84 desses documentos.⁵³ Os resultados da análise demonstram que há uma convergência em torno de 5 princípios:

- a Transparência: O princípio de transparência foi o mais citado no *corpus* analisado pelos autores. Para garantir que os algoritmos de IA sejam confiáveis, é preciso que "as capacidades e o objetivo

49. SILVA, Gabriel A. A New Frontier: The Convergence of Nanotechnology, Brain Machine Interfaces, and Artificial Intelligence. *Front. Neurosci.*, Pub. 16 Nov. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00843>

50. JOINT Civil Society Statement: States use of digital surveillance technologies to fight pandemic must respect human rights, Human Rights Watch, disponível em: <https://www.hrw.org/news/2020/04/02/joint-civil-society-statement-states-use-digital-surveillance-technologies-fight>. Acesso em: 6 jul. 2020; *Exit through the App Store?*, London: Ada Lovelace Institute, 2020; *CoronApp: La inutilidad del atajo tecnológico desplegado por el Gobierno y sus riesgos*, Derechos Digitales, disponível em: <https://www.derechosdigitales.org/14387/coronapp-la-inutilidad-del-atajo-tecnologico-desplegado-por-el-gobierno-y-sus-riesgos/>. Acesso em: 11 jul. 2020.

51. BLAUTH, Taís Fernanda; GSTREIN, Oskar Josef, Data-driven measures to mitigate the impact of Covid-19 in South America: how do regional programmes compare to best practice?, *International Data Privacy Law*, n. ipab002, 2021.

52. THE global landscape of AI ethics guidelines, *Nature Machine Intelligence*, v. 1, n. 9, p. 389–399, 2019.

53. Veja também FLORIDI, Luciano; COWLS, Josh, A Unified Framework of Five Principles for AI in Society, *Harvard Data Science Review*, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2019.

dos sistemas de IA comunicados abertamente e as decisões – na medida do possível – explicáveis para os afetados direta e indiretamente”.⁵⁴

b Justiça e equidade: O desenvolvimento e uso de IA devem ser justos. Isso inclui prevenir e mitigar preconceitos indesejados que advêm de algoritmos, possibilitar o direito de contestar decisões de sistemas de IA, além de prover um acesso justo à tecnologia e seus benefícios.⁵⁵

c Não maleficência: De uma forma geral, esse princípio está relacionado à necessidade de garantir que os sistemas sejam seguros. Para isso, é preciso evitar alguns riscos ou potenciais danos, tais como: violação de privacidade, danos físicos, danos advindos de algoritmos discriminatórios e uso indevido de IA em crimes cibernéticos, entre outros.⁵⁶

d Responsabilidade e accountability: Esse princípio envolve a importância de atribuir responsabilidade legal no caso de problemas relacionados a sistemas de IA.⁵⁷ É ideal que essa responsabilidade esteja esclarecida de maneira prévia (por exemplo, em contratos). Caso não seja possível, deverá ser possível identificá-la como forma de remediar eventuais danos.

e Privacidade: Vista como um valor e um direito a ser protegido quando se fala em desenvolvimento e uso ético de IA.⁵⁸ Geralmente está atrelada ao direito à proteção de dados e segurança de dados.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) lançou, em junho de 2021, o Relatório “*Ethics and governance of artificial intelligence for health*” com um conjunto de princípios éticos para o uso da IA no campo da saúde. A OMS espera que governos, empresas, desenvolvedores de tecnologia, sociedade civil e organizações intergovernamentais adotem os objetivos éticos elencados como guias para orientar o uso responsável da IA para a saúde. A OMS reconhece os benefícios da IA, mas alerta que é necessário ter presente que existem desafios éticos que não podem ser subestimados e, para isso, é necessário um esforço coletivo para projetar e implementar políticas e leis eticamente defensáveis e tecnologias de IA eticamente projetadas. A OMS sintetizou em seis princípios éticos o que espera dos que financiam, projetam, regulam ou utilizam sistemas de IA: i] Proteger a autonomia humana; ii] Promover o bem-estar humano, a segurança e o interesse público; iii] Garantir transparência, explicabilidade e inteligibilidade; iv] Fomentar a responsabilidade e o *accountability*; v] Garantir a inclusão e a equidade; v] Promover que a IA seja responsiva e sustentável.⁵⁹

54. CORTIZ, Diogo; BURLE, Caroline, *Mapeamento de Princípios de Inteligência Artificial*, [s.l.]: CEWEB – Centro de Estudos sobre Tecnologia Web, 2019.

55. JOBIN, Anna; IENCA, Marcelo; VAYENA, Effy. The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature Machine Intelligence* v. 1, p. 389-399, 2019. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s42256-019-0088-2>. Acesso em: 15 out. 2021.

56. JOBIN, Anna; IENCA, Marcelo; VAYENA, Effy. The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature Machine Intelligence* v. 1, p. 389-399, 2019. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s42256-019-0088-2>. Acesso em: 15 out. 2021.

57. JOBIN, Anna; IENCA, Marcelo; VAYENA, Effy. The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature Machine Intelligence* v. 1, p. 389-399, 2019. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s42256-019-0088-2>. Acesso em: 15 out. 2021.

58. JOBIN, Anna; IENCA, Marcelo; VAYENA, Effy. The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature Machine Intelligence* v. 1, p. 389-399, 2019. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s42256-019-0088-2>. Acesso em: 15 out. 2021.

59. WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Ethics and governance of artificial intelligence for health: WHO guidance*. Geneva: World Health Organization; 2021, p. XII-XIV Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240029200>. Acesso em: 14 out. 2021.

Observa-se que há uma convergência entre os princípios da OECD e os listados na pesquisa de Jobin, Ienca e Vayena com os princípios da OMS. As oportunidades e desafios éticos relacionados à IA são indissociáveis. Soluções para a saúde humana e meio ambiente que decorrem da convergência da IA com a nanotecnologia exigem um olhar diferenciado, visto que os desafios éticos, jurídicos e sociais são ainda mais significativos, e ambas áreas devem estar atentas para que não seja tarde demais instituir uma governança responsável para tecnologias disruptivas.

Uma análise inicial pode indicar que o grande número de documentos reforçando diretrizes éticas é um aspecto positivo. No entanto, o que se percebe é que, em muitos casos, isso acaba por constituir uma forma de *ethics washing*⁶⁰ por parte de alguns atores, ao invés de uma intenção legítima de criar instrumentos de governança para tecnologias emergentes.⁶¹ Na prática, muitas empresas que promovem iniciativas como *AI for good*⁶², acabam se utilizando desses sistemas para benefício, tal como “capitalismo de vigilância”.⁶³

Esse problema foi evidenciado em 2018, quando milhares de funcionários da Google assinaram uma carta em protesto ao envolvimento da empresa com o Pentágono, no projeto *Maven*.⁶⁴ Esse projeto era uma iniciativa do Departamento de Defesa dos Estados Unidos, no qual a Google contribuiria com uma melhoria no processo de reconhecimento de objetos em drones, utilizando técnicas de IA. Uma das críticas dos funcionários tem relação com a autoimagem da empresa que usava o lema “não seja mau”, mas que contribuiu com o desenvolvimento de tecnologias que podem ser utilizadas em armamento e guerras.⁶⁵ Após a repercussão negativa, a gigante da tecnologia decidiu não renovar o contrato com o Pentágono.⁶⁶ Esse acontecimento mostra que, por mais que empresas e governos adotem uma lista de princípios éticos para guiar o uso de tecnologias disruptivas, nem sempre tais princípios e lemas são suficientes.

Para que princípios éticos sejam de fato priorizados no desenvolvimento e uso de sistemas de IA e nanotecnologias, é necessária a adaptação e criação de leis.

60. De acordo com Johnson, o termo *ethics washing* se refere à prática de fabricar ou exagerar os interesses de uma determinada empresa em algoritmos seguros, equitativos e justos, que funcionem para todos. JOHNSON, How AI companies can avoid ethics washing. Disponível em: <https://venturebeat.com/2019/07/17/how-ai-companies-can-avoid-ethics-washing/>. Acesso em: 16 out. 2021.

61. HAO, Karen, In 2020, let's stop AI ethics-washing and actually do something, *MIT Technology Review*, disponível em: <https://www.technologyreview.com/2019/12/27/57/ai-ethics-washing-time-to-act/>. Acesso em: 27 set. 2021; JOHNSON, Khari, How AI companies can avoid ethics washing.

62. *AI for good*, em uma tradução livre, significa “IA para o bem”. O “AI for Good Global Summit” é uma plataforma da Organização das Nações Unidas que fomenta discussões em torno do uso benéfico da IA. Ver: *AI for Good*, *AI for Good*, disponível em: <https://aiforgood.itu.int/>. Acesso em: 23 set. 2021.

63. ZUBOFF, Shoshana, *The Age of Surveillance Capitalism*, London: Profile Books, 2019.

64. SHANE, Scott; WAKABAYASHI, Daisuke, ‘The Business of War’: Google Employees Protest Work for the Pentagon, *The New York Times*, 2018.

65. WAKABAYASHI, Daisuke; SHANE, Scott, Google will not renew Pentagon contract that upset employees, *The New York Times*, 2018.

66. WAKABAYASHI, Daisuke; SHANE, Scott, Google will not renew Pentagon contract that upset employees, *The New York Times*, 2018.

Iniciativas nesse sentido já podem ser vistas em alguns países. No âmbito da União Europeia, por exemplo, a regulamentação de sistemas de IA tem sido uma das prioridades nos últimos anos e a proposta legislativa se encontra em um estágio avançado.⁶⁷ No Brasil, a Estratégia Nacional de Inteligência Artificial foi aprovada em 2021. Além disso, no dia 29 de setembro de 2021 foi aprovado na Câmara dos Deputados o Projeto de Lei n. 21/20 que “estabelece fundamentos e princípios e diretrizes para o desenvolvimento e a aplicação da inteligência artificial no Brasil” e seguiu para análise no Senado Federal.⁶⁸

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inteligência artificial é uma tecnologia que engloba diferentes técnicas e abordagens (ex: *machine learning* e algoritmos voltados à estatística), podendo ser utilizada de diferentes formas. Muitos dos usos da IA podem ser benéficos para a sociedade. Um exemplo são as possibilidades no campo da medicina. Além disso, o uso de IA também poderá facilitar análises envolvendo um grande número de dados, aperfeiçoar sistemas de tradução e melhorar a responsividade de *chatbots*, entre outros. Por outro lado, sistemas de IA também apresentam desafios. Os riscos são inúmeros e significativos, capazes de amplificar problemas como, por exemplo, discriminação e desigualdade.

Criar novos produtos ou soluções com nanotecnologias impulsionadas por IA, exige que primeiro se compreenda quais são os desafios impostos pelo uso de técnicas de IA. Estes, se não levados em consideração e sanados, poderão ser estendidos às nanotecnologias. Portanto, é imprescindível conhecer e avaliá-los criticamente, para que se desenvolvam abordagens regulatórias apropriadas, que visem a redução de riscos e que reforcem os benefícios.

Para uma legislação que seja capaz de lidar com os riscos de forma responsável e que, ao mesmo tempo, permita que o Brasil possa ser um grande centro de inovação, é importante que haja um debate público e participativo. Um processo nesses termos leva à solidez legislativa. Esse foi o caso do Marco Civil da Internet (Lei 12.965/2014), uma lei que resultou de discussões entre membros da academia, empresas, sociedade civil e governo. É dizer, por mais que a regulamentação de sistemas de IA seja crucial, esse processo não deve ser apressado. Além disso, como já foi discutido anteriormente, até que a legislação seja atualizada, os princípios éticos e boas práticas auxiliam na redução de riscos.

67. Europe fit for the Digital Age: Commission proposes new rules and actions for excellence and trust in Artificial Intelligence, European Commission, disponível em: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_21_1682. Acesso em: 27 set. 2021; *Proposal for a Regulation laying down harmonised rules on artificial intelligence - Artificial Intelligence Act*, European Commission, disponível em: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/proposal-regulation-laying-down-harmonised-rules-artificial-intelligence-artificial-intelligence>. acesso em: 19 maio 2021.

68. BISMARCK, Eduardo Henrique Maia. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei 21/20. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/propostas-legislativas/2236340> Acesso em: 16 out. 2021.

Até que a legislação seja atualizada, sistemas de IA não devem ser desenvolvidos e usados sem qualquer tipo de orientação. É importante que programadores, empresas, e demais partes envolvidas levem em consideração princípios éticos e boas práticas para redução de riscos atrelados à tecnologia. Por exemplo, decisões advindas de algoritmos devem ser explicáveis e sistemas baseados em *machine learning* devem ser treinados com uma base de dados diversa e representativa da população. Além disso, algoritmos devem ser seguros e garantir a privacidade e proteção de dados. Por fim, é de suma importância que questões como responsabilidade e *accountability* sejam esclarecidas, preferencialmente de maneira prévia. Se tais princípios forem priorizados desde o design dos sistemas, haverá uma redução nos riscos e um incremento nas oportunidades e benefícios de nanotecnologias impulsionadas por IA.

6. REFERÊNCIAS

- ADIR, Omer et al. Integrating Artificial Intelligence and Nanotechnology for Precision Cancer Medicine. *Advanced Materials*, v. 32, n. 13, 2020.
- ADIR, Omer ; POLEY, Maria; CHEN, Gal; FROIM, Sahar; KRINSKY, Nitzan; SHKLOVER, Jeny; SHAINSKY ROITMAN, Janna; LAMMERS, Twan; SCHROEDER, Avi. Cancer Treatment: Integrating Artificial intelligence and Nanotechnology for Precision Cancer Medicine. *Advanced materials* (Weinheim), v. 32, n. 13, abr. 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/adma.202070100>. Acesso em: 16 out. 2021.
- AFANTITIS, Antreas. Nanoinformatics: Artificial Intelligence and Nanotechnology in the New Decade. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*, v. 23, n. 1, p. 4-5, 2020. Disponível em: <https://www.eurekaselect.com/180227/article>. Acesso em: 16 out. 2021.
- ALVES, Oswaldo. Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais: quando a distância entre presente e futuro não é apenas questão de tempo. *Revista Parcerias Estratégicas*, Brasília, v. 9, n. 18, 2004. Disponível em: http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/138. Acesso em: 14 out. 2021.
- ASSIS, Letícia Marques de et al. Características de nanopartículas e potenciais aplicações em alimentos. *Brazilian Journal of food technology*. v. 15, n. 2, p. 99-109, abr./jun. Campinas, 2012. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232012005000004>. Acesso em: 14 out. 2021.
- BERWIG, Juliane Altmann; ENGELMANN, Wilson. A Nanotecnologia: do fascínio ao risco. In: ENGELMANN, Wilson, HUPFFER, Haide Maria (Org.). *Impactos Sociais e Jurídicos das Nanotecnologias*. São Leopoldo: Casa Leiria, 2017, p. 39-74. Livro disponível em E-book.
- BISMARCK, Eduardo Henrique Maia. Câmara dos Deputados. *Projeto de Lei 21/20*. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/propostas-legislativas/2236340> Acesso em: 16 out. 2021.
- BLAUTH, Taís Fernanda; GSTREIN, Oskar Josef, Data-driven measures to mitigate the impact of COVID-19 in South America: how do regional programmes compare to best practice?, *International Data Privacy Law*, n. ipab002, 2021.
- BOLUKBASI, Tolga et al. Man is to Computer Programmer as Woman is to Homemaker? Debiasing Word Embeddings, Barcelona, Spain: [s.n.], 2016;
- BUOLAMWINI, Joy; GEBRU, Timnit, Gender Shades: Intersectional Accuracy Disparities in Commercial Gender Classification, *Proceedings of Machine Learning Research*, v. 81, p. 1-15, 2018.
- CALISKAN, Aylin; BRYSON, Joanna J.; NARAYANAN, Arvind, Semantics derived automatically from language corpora contain human-like biases, *Science*, v. 356, n. 6334, p. 183-186, 2017.

- CORONAPP: La inutilidad del atajo tecnológico desplegado por el Gobierno y sus riesgos, *Derechos Digitales*, disponível em: <https://www.derechosdigitales.org/14387/coronapp-la-inutilidad-del-atajo-tecnologico-desplegado-por-el-gobierno-y-sus-riesgos/>. acesso em: 11 jul. 2020.
- CORTIZ, Diogo; BURLE, Caroline, *Mapeamento de Princípios de Inteligência Artificial*, [s.l.]: CEWEB – Centro de Estudos sobre Tecnologia Web, 2019.
- CORVALÁN, Juan Gustavo. Inteligencia artificial: retos, desafíos y oportunidades – Prometea: la primera inteligencia artificial de Latinoamérica al servicio de la Justicia. *Rev. Investig. Const.* v. 5, n. 1, jan.-abr. 2018. Doi: <https://doi.org/10.5380/rinc.v5i1.55334>.
- DIMER, Frantiescoli A. et al. Impactos da nanotecnologia na saúde: produção de medicamentos. *Química Nova*, v. 36, n. 10, p. 1520-1526, 2013. Disponível em: http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=3046. Acesso em: 14 out. 2021.
- EUROPEAN COMMISSION. *Europe fit for the Digital Age: Commission proposes new rules and actions for excellence and trust in Artificial Intelligence*. Disponível em: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_21_1682. acesso em: 27 set. 2021.
- EUROPEAN COMMISSION. *Proposal for a Regulation laying down harmonised rules on artificial intelligence – Artificial Intelligence Act*. Disponível em: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/proposal-regulation-laying-down-harmonised-rules-artificial-intelligence-artificial-intelligence>. acesso em: 19 maio 2021.
- EXIT through the App Store?, London: Ada Lovelace Institute, 2020.
- FIGUEIRAS, Ana Rita Ramalho; COIMBRA, André Brito; VEIGA, Francisco José Baptista. Nanotecnologia na saúde: aplicações e perspectivas. *Boletim Informativo Geum*, v. 5, n. 2, p. 14-26, abr./jun., 2014. Disponível em: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/geum/article/viewFile/1729/1705>. Acesso em: 14 out. 2021.
- FLORIDI, L. AI and Its New Winter: from Myths to Realities. *Philos. Technol.* v. 33, p. 1-3, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13347-020-00396-6>.
- FLORIDI, L. What the Near Future of Artificial Intelligence Could Be. *Philos. Technol.* v. 32, p. 1-15, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13347-019-00345-y>
- FLORIDI, Luciano; COWLS, Josh, A Unified Framework of Five Principles for AI in Society, *Harvard Data Science Review*, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2019.
- HAO, Karen, In 2020, let's stop AI ethics-washing and actually do something, *MIT Technology Review*, disponível em: <https://www.technologyreview.com/2019/12/27/57/ai-ethics-washing-time-to-act/>. acesso em: 27 set. 2021;
- HAYAT, Hasaan et al. A concise review: the synergy between artificial intelligence and biomedical nanomaterials that empowers nanomedicine, *Biomedical Materials*, v. 16, n. 5, 2021.
- HASSABIS, Demis; KUMARAN, Dharshan; SUMMERFIELD, Christopher; BOTVINICK, Matthew. Neuroscience-Inspired Artificial Intelligence. *Neuron*, v. 95, n. 2, p. 245-258, jul. 2017. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2017.06.011>.
- HILL, Kashmir, Wrongfully Accused by an Algorithm, *The New York Times*, Pub. 24 out. 2020. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2020/06/24/technology/facial-recognition-arrest.html>. Acesso em: 14 out. 2021.
- INTERNATIONAL CENTER FOR TECHNOLOGY ASSESSMENT (ICTA). *Nanoaction Project, Principles for the Oversight of Nanotechnologies and Nanomaterials*, 2012. Disponível em: http://www.icta.org/files/2012/04/080112_ICTA_rev1.pdf. Acesso em: 14 out. 2021.
- JOBIN, Anna; IENCA, Marcelo; VAYENA, Effy. The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature Machine Intelligence*, v. 1, p. 389-399, 2019. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s42256-019-0088-2>. Acesso em: 15 out. 2021.

- JOHNSON, How AI companies can avoid ethics washing. Disponível em: <https://venturebeat.com/2019/07/17/how-ai-companies-can-avoid-ethics-washing/>. Acesso em: 16 out. 2021.
- JOINT Civil Society Statement: States use of digital surveillance technologies to fight pandemic must respect human rights, Human Rights Watch, disponível em: <https://www.hrw.org/news/2020/04/02/joint-civil-society-statement-states-use-digital-surveillance-technologies-fight>. Acesso em: 6 jul. 2020.
- JONES, L. D.; GOLAN, D.; HANNA, S. A.; RAMACHANDRAN, M. Artificial intelligence, machine learning and the evolution of healthcare a bright future or cause for concern? *Bone & Joint Research*, v. 7, n. 3, mar. 2018, Doi: <https://doi.org/10.1302/2046-3758.73.BJR-2017-0147.R1>.
- KANGASSALO, Lauri; SPAPÉ, Michiel; RUOTSALO, Tuukka. Neuroadaptive modelling for generating images matching perceptual categories. *Nature Scientific Reports*, v. 10, n. 14719, 2020. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-71287-1>. Acesso em: 08 out. 2021.
- KIM, Kyunam; SPIELER, Patrick; LUPU, Elena-Sorina; RAMEZANI, Alireza; CHUNG, Soon-Jo Chung. A bipedal walking robot that can fly, slackline, and skateboard. *Science Robotics*, v. 6, n. 59, 06 oct. 2021. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/scirobotics.abf8136>. Acesso em: 08 out. 2021.
- MORISSO, Fernando Dal Pont; JAHNO Vanusca Dalosto. Nanociência e nanotecnologia: um rompimento de paradigmas. In: ENGELMANN, Wilson, HUPFFER, Haide Maria (Org.). *Impactos Sociais e Jurídicos das Nanotecnologias*. São Leopoldo: Casa Leiria, 2017, p. 13-37. Livro disponível em E-book.
- NANOTECHNOLOGY PRODUCTS DATABASE (NPD). *Source of information about nanotechnology products*. Disponível em: <http://product.statnano.com/>. Acesso em: 14 out. 2021.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). Recommendation of the Council on Artificial Intelligence. 2019. Disponível em: <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0449>. Acesso em: 05 out. 2021.
- PASCHOALINO, Matheus et al. Os nanomateriais e a questão ambiental. *Revista Química Nova*, v. 33, n. 2, p. 421-430, 2010. Disponível em: http://static.sites.sbq.org.br/quimicanova.sbq.org.br/pdf/Vol33No2_421_32-RV09047.pdf. Acesso em: 14 out. 2021.
- PATEL, Darshan et al. Implementation of Artificial Intelligence Techniques for Cancer Detection, *Augmented Human Research*, v. 5, n. 1, p. 6, 2020.
- PATRA, Jayanta Kumar et al. Nano based drug delivery systems: recent developments and future prospects, *Journal of Nanobiotechnology*, v. 16, n. 1, 2018.
- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE. *Fronteras 2017: Nuevos temas de interés ambiental*, 2017. Disponível em: https://www.toxicologia.org.ar/wp-content/uploads/2017/12/Frontiers_2017.pdf. Acesso em: 14 out. 2021.
- RODRÍGUEZ-RUIZ, Alejandro et al. Detection of Breast Cancer with Mammography: Effect of an Artificial Intelligence Support System, *Radiology*, v. 290, n. 2, p. 305-314, 2019.
- RUARO, Regina Linden; REIS, Ludimila Camilo Catão Guimarães. Los retos del desarrollo ético de la Inteligencia Artificial. *Veritas*, Porto Alegre, v. 65, n. 3, p. 1-14, set.-dez. 2020, p. 6. Disponível em: <https://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/veritas/article/view/38564/26562> Acesso em: 13 out. 2021.
- SILVA, Gabriel A. A New Frontier: The Convergence of Nanotechnology, Brain Machine Interfaces, and Artificial Intelligence. *Front. Neurosci.*, Pub. 16 Nov. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00843>
- SHANE, Scott; WAKABAYASHI, Daisuke, 'The Business of War': Google Employees Protest Work for the Pentagon, *The New York Times*, 2018.
- SHEARER, Cameron. A guide to the nanotechnology used in the average home. *Nano Werk*, 2016. Disponível em: <http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=43847.php>. Acesso em: 14 out. 2021.