



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

HUGO CRIVILIM AGUDO

**OS REFLEXOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA
RESPONSABILIDADE CIVIL**

Londrina
2020

HUGO CRIVILIM AGUDO

**OS REFLEXOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA
RESPONSABILIDADE CIVIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Direito Negocial da Universidade Estadual de Londrina-UEL para a obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Tarcísio Teixeira

Londrina
2020

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DA OBRA ELABORADA PELO AUTOR, ATRAVÉS DO PROGRAMA DE GERAÇÃO AUTOMÁTICA DO SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UEL

AGUDO, HUGO CRIVILIM.

OS REFLEXOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA RESPONSABILIDADE CIVIL / HUGO CRIVILIM AGUDO. - LONDRINA, 2020. 196 F. : IL.

ORIENTADOR: TARCÍSIO TEIXEIRA. DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM DIREITO NEGOCIAL) - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA, CENTRO DE ESTUDOS SOCIAIS APLICADOS, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DIREITO NEGOCIAL, 2020. INCLUI BIBLIOGRAFIA.

1. RESPONSABILIDADE CIVIL. AUTÔMATOS. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL. TECNOLOGIA. - TESE. I. TEIXEIRA, TARCÍSIO . II. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA. CENTRO DE ESTUDOS SOCIAIS APLICADOS. PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DIREITO NEGOCIAL. III. TÍTULO.

CDU 34

HUGO CRIVILIM AGUDO

**OS REFLEXOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA
RESPONSABILIDADE CIVIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Direito Negocial da Universidade Estadual de Londrina-UEL para a obtenção do título de mestre.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Tarcísio Teixeira
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Profa. Dra. Ana Claudia Correa Zuin Mattos do
Amaral
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Gilberto Notário Ligerio
Toledo Prudente Centro Universitário

Londrina, 25 de junho de 2020

*À minha esposa Beatriz,
meu porto seguro.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

Sempre e em primeiro lugar à Deus, fonte primária de todas as coisas, juntamente com Jesus, filho de Maria. Obrigado por não permitir que este servo indolente abandonasse o trabalho antes da hora. Por todas as doses infinitas de amor e proteção, que me blindaram de todas as más tendências. Pela saúde e paz da minha família que é, e sempre será, minha base e minha razão de existir. Nada que eu possa dizer será capaz de externar minha fé e meu amor. Que Deus seja louvado agora e sempre, pois tudo de tu vens e, tudo, de tu dependes. Faz do Senhor o seu refúgio, e nenhum mal o atingirá, e nenhuma desgraça alguma chegará à sua tenda. Porque a seus anjos ele dará ordens a seu respeito, para que o protejam em todos os seus caminhos; com as mãos eles o segurarão, para que você não tropece em alguma pedra. (Salmo 91: 10-12);

In memoriam, a José Crivilin, meu avô, ser evoluído em espírito e de bondade ímpar, com quem tive a sorte de, em pouco tempo, muito aprender sobre as coisas que realmente importam na vida. Pelo exemplo de que, através da humildade, da simpatia e da generosidade, é possível transpor qualquer dificuldade da vida, por maior que ela seja. Seus ensinamentos nos guiarão. Espero um dia te reencontrar, meu grande amigo;

A meus pais, infinitamente. Nada que eu possa dizer será capaz de externar meu amor a meu Pai e minha Mãe, seres de luz e de caráter indefectível, com inesgotável carga de amor, que me ensinaram que, na vida, tudo podemos, basta que nos dediquemos, com retidão, honestidade e perseverança. A vocês, meu amor e gratidão eterna. Amo-lhes!;

À Beatriz. Minha Beatriz, minha esposa. Minha parceira de todas as horas; meu oceano de amor; quem eu pedia todas as noites para Deus. Sou eternamente grato por ter sido escolhido por Deus, para viver a vida a seu lado, que é um ser com amor incalculável, de doçura singular, com força ímpar e determinação invejável. Por ter dedicado sua vida à nossa. Te amo para esta vida e além!;

À minha única irmã, irmã de sangue, irmã de vida, irmã de tudo. Símbolo de felicidade. Como dito, obrigado por me entender, sempre e, mesmo assim, optar por estar a meu lado. Por sempre compreender às minhas renúncias. À você toda a proteção do mundo;

Ao meu irmão de vida Guilherme Bohac, antes de mais nada pela inspiração do tema deste trabalho e, depois, por todos os dias, se mostrar como um exemplo para as pessoas que estão à sua volta. Obrigado por sempre se manter firme nas horas difíceis, fazendo com que, através delas, eu me tornasse um ser humano melhor. Minha história foi trilhada junto à sua e, hoje, muito do que sou é reflexo do que me inspirei em você e do que construímos juntos. Avante!;

Igualmente ao meu irmão de vida Américo Magro, por ter compartilhado cada felicidade e cada dificuldade de todo este processo de modificação de vida oportunizada pelo Mestrado. Obrigado por ser, sempre, um estímulo para que eu me desenvolvesse cada dia mais, pelo exemplo. Você é um ser iluminado e me honra ser seu amigo. Conte comigo sempre e sempre!;

Ao Professor Doutor Tarcísio Teixeira, pelo seu incansável e íntegro trabalho na construção deste trabalho, como meu orientador. Muito obrigado, igualmente, pelo exemplo de vida e de retidão de caráter invejáveis. Obrigado por ter acreditado em mim, desde o início, por ter me escolhido como seu orientando e, principalmente, por cada ensinamento e cada exemplo de vida que passou nestes últimos dois anos. Seguirei seu exemplo. Minha eterna gratidão;

À Professora Doutora Ana Claudia Correa Zuin Mattos do Amaral, jurista de altíssimo nível e sabedoria inigualável, por ter aceito o convite para participar da avaliação deste trabalho e, especialmente, por tudo o que, incansavelmente, transmite a seus alunos, desafiando-os a ampliar seus universos de ideias. É uma honra tê-la como professora. Meu infindável reconhecimento;

Ao Professor Doutor Gilberto Notário Ligerio, igualmente, por ter aceito participar da banca avaliadora deste trabalho e, pelos longos, mas exíguos quatro anos de convivência diária na academia, onde aprendi muito do pouco que sei. Muito obrigado, meu paraninfo;

Ainda, aos meus grandes amigos, Thais Rosenbaum e Guilherme Piva, por sempre serem disponíveis, abdicando parte de suas vidas para ajudar os próximos. Sou grato por ser um desses. Deus ilumine grandemente o caminho de vocês e que a bondade nunca seja um fardo em seus corações;

A todos os mestres e colaboradores da Universidade Estadual de Londrina que, a par de todas as dificuldades, se esmeram para manter a exímia qualidade desta instituição de referência. O futuro da ciência depende de vocês;

A todos que acreditam que através da tecnologia é possível criar um mundo melhor, mais justo e igualitário. Bem-vindos à era exponencial.

A fé na vitória tem que ser inabalável!

Há um tempo em que é preciso abandonar as roupas usadas, que já tem a forma do nosso corpo e esquecer os caminhos que nos levam sempre aos mesmos lugares. É o tempo da travessia; e se não ousarmos fazê-la, teremos ficado, para sempre, à margem de nós mesmos.

Fernando Teixeira de Andrade

AGUDO, Hugo Crivilim. **Os Reflexos da Inteligência Artificial na Responsabilidade Civil**. 2020. 196 f. Dissertação apresentada ao programa de Mestrado em Direito Negocial – Universidade Estadual de Londrina, Londrina - PR, 2020.

RESUMO

As tecnologias contemporâneas, em especial as inteligências artificiais e os objetos autômatos, modificaram a forma de agir e pensar da coletividade, inaugurando uma nova era, na qual a interação com esse tipo de inovação passa a ser comum. Lado a lado com esse desenvolvimento, nota-se o surgimento de novos tipos de danos e novas relações jurídicas que clamam por tutela e, o presente trabalho, analisa os impactos dessas inovações tecnológicas na responsabilidade civil extracontratual, derivada de atos ilícitos praticados por intermédio de atos autônomos, ou seja, quando há, na relação jurídica, um ente despersonalizado tecnológico, dotado de autonomia. Após analisar o desenvolvimento e a história da tecnologia dos autômatos, bem como as modificações sociais por elas implementadas, identificou-se grande potencial de evolução delas com um exponencial impacto nas ciências jurídicas que, cada vez mais, serão acionadas a pacificar conflitos de interesses decorrente da interação humana com inteligências artificiais e objetos dotados de autonomia. O sistema de responsabilização civil extracontratual brasileiro estará apto a tutelar as situações jurídicas advindas deste fenômeno após solidificar os conceitos de inteligência artificial e, ainda, a partir da aceitação da possibilidade de existência de novos elementos e agentes na cadeia do dano, tal como o ordenador, figura jurídica do agente não criador e não proprietário da tecnologia, que emana uma ordem imprevisível aos demais agentes da cadeia, que causa dano a outrem. Deve ser positivado, também, o conceito de objeto autômato e inteligência artificial, seguido de uma classificação deles segundo seu nível de autonomia, para serem fiscalizados por uma agência reguladora. Deve ser aplicada especial fiscalização às tecnologias relacionadas ao processamento de sequência genética humana, criação de próteses e órteses dotadas de autonomia e os “robôs médicos” sendo necessária a regulamentação, ainda, os limites éticos da criação deste tipo de tecnologia. Por fim, para que haja uma correta e justa identificação das responsabilidades dos agentes da cadeia do dano causado por intermédio de tecnologias dotadas de autonomia, é preciso regulamentar a responsabilidade civil derivada de atos praticados por inteligências artificiais e autômatos, a fim de enquadrá-los nas hipóteses de responsabilidade civil objetiva, bem como regulamentar a responsabilidade do ordenador do ato e, por fim, consolidar a inexistência de uma cláusula de não indenizar decorrente da autonomia. O estudo é pautado nos métodos de pesquisa dedutivo e indutivo.

Palavras-chave: Responsabilidade civil. Autômatos. Inteligência artificial. Tecnologia.

AGUDO, Hugo Crivilim. **The Reflexes of Artificial Intelligence in Civil Liability**. 2020. 196 p. Dissertation presented to the Master's program in Business Law - State University of Londrina, Londrina - PR, 2020.

ABSTRACT

Contemporary technologies, especially artificial intelligences and automatic objects, have changed the way of acting and thinking of the community, inaugurating a new age, in which interaction with this type of innovation becomes common. Side by side with this development, we note the emergence of new types of damages and new legal relationships that call for protection and, the present work, analyzes the impacts of these technological innovations on non-contractual civil liability, derived from illegal acts practiced through autonomous acts, that is, when there is, in the legal relationship, a depersonalized technological entity, endowed with autonomy. After analyzing the development and history of automata technology, as well as the social changes implemented by them, a great potential for their evolution was identified, with an exponential impact on the legal sciences, which will increasingly be used to pacify conflicts of interest arising of human interaction with artificial intelligences and autonomous objects. The system of civil liability for illicit acts in Brazil will be able to protect the legal situations arising from this phenomenon after solidifying the concepts of artificial intelligence and, further, from the acceptance of the possibility of the existence of new elements and agents in the damage chain, such as the originator, a legal figure of the non-creative agent and not owner of the technology, which emanates an unpredictable order to the other agents in the chain, which causes harm to others. The concept of automaton object and artificial intelligence must also be positivized, followed by a classification of them according to their level of autonomy, to be inspected by a regulatory agency. Special supervision must be applied to technologies related to the processing of human genetic sequences, the creation of prostheses and orthoses endowed with autonomy, and “medical robots”, with the need to regulate, also, the ethical limits of the creation of this type of technology. Finally, in order for there to be a correct and fair identification of the responsibilities of the agents of the damage chain through technologies endowed with autonomy, it is necessary to regulate the civil liability derived from acts practiced by artificial intelligences and automata, in order to fit them in the event of strict civil liability, as well as regulating the responsibility of the originator of the act and, finally, consolidating the lack of a non-indemnity clause resulting from autonomy. The study is based on deductive and inductive research methods.

Keywords: Civil liability. Automata. Artificial intelligence. Technology.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 O HOMEM E A TECNOLOGIA: HISTÓRIA E EVOLUÇÃO	16
1.1 DO FOGO ÀS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS	18
1.1.1 Da Pré-História À Idade Do Ferro	18
1.1.2 A Tecnologia Na Antiguidade	24
1.1.2.1 Mundo Islâmico e Europa medieval	30
1.1.3 Renascença	34
1.1.4 As Revoluções Industriais	35
1.1.4.1 Primeira revolução industrial	37
1.1.4.2 Segunda revolução industrial	41
1.2 SURGIMENTO DE TECNOLOGIAS MODERNAS	46
1.3 A INTERNET: UM DIVISOR DE ÁGUAS	49
2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: HISTÓRIA, DEFINIÇÃO E APLICAÇÕES	57
2.1 E ENTÃO FEZ-SE A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	57
2.2 O NASCIMENTO DE WATSON E A NOVA ERA DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	64
2.3 O DESPERTAR DA FORÇA DAS INTELIGÊNCIAS ARTIFICIAIS	66
2.4 O ESTADO ATUAL DA CIÊNCIA	71
2.5 PROCESSAMENTO DE LINGUAGEM NATURAL E OS <i>CHATBOTS</i>	72
2.6 RECONHECIMENTO DE IMAGENS E VÍDEOS	79
2.7 PARA ONDE VAMOS: O FUTURO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	85
2.8 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E AUTÔMATOS: CONCEITO E DEFINIÇÃO	89
3 AS MODALIDADES DE RESPONSABILIDADE CIVIL E EFICÁCIA DA TUTELA	97
3.1 AS BASES DA RESPONSABILIDADE CIVIL	105
3.1.1 (In)Suficiência Da Responsabilidade Civil Subjetiva E Objetiva Para Tutelar Interesses Lesados Em Decorrência Da Relação Com Os Autômatos	112
3.2 A RESPONSABILIDADE DO FABRICANTE	116
3.3 DA RESPONSABILIDADE DO PROPRIETÁRIO	121

3.4	RESPONSABILIDADE DO UTILIZADOR E DO ORDENADOR	127
4	RESPONSABILIDADE CIVIL NO PROCESSAMENTO DE DADOS PESSOAIS	134
4.1	OUTRAS BASES LEGAIS PARA TRATAMENTO DE DADOS PESSOAIS	143
	CONCLUSÃO	151
	BIBLIOGRAFIA.....	162
	ANEXO 01 – FLUXOGRAMA DA RESPONSABILIDADE CIVIL DO FORNECEDOR.....	169
	ANEXO 02 – RESOLUÇÃO DO PARLAMENTO EUROPEU SOBRE ROBÓTICA	172

INTRODUÇÃO

O mundo já é e será, cada vez mais, tecnológico, automatizado e interligado. O convívio e as relações humanas com estas novidades tecnológicas já é um fato imodificável. À humanidade e ao Direito restam apenas o amoldamento e a adaptação a esta nova realidade que ainda surpreenderá.

A cada dia surgem objetos inovadores que possibilitam uma experiência de vida mais fácil, intensa e interessante. As novas tecnologias computacionais e as inteligências artificiais ainda podem passar despercebidas, mas na verdade estão muito presentes em nosso cotidiano e aos poucos a presença de “entes artificiais” começa a preencher as relações jurídicas.

Em breve não será incomum encontrar, no trânsito, veículos sem motoristas, assistentes pessoais – robôs – que executam diversas tarefas domésticas, inclusive funções de babá, tudo controlado por um “ente”¹ artificial conectado à rede mundial de computadores.

Também será cada vez mais comum que inteligências artificiais sejam responsáveis pela análise de bancos de dados de toda ordem, fato que estimula a captação de dados, por exemplo, de comportamento e consumo. Seremos (ou já estamos sendo) monitorados por máquinas, que analisarão o que gostamos de fazer, quando, por que, para que e onde.

Este tipo de informação, que já é captada por grande parte de sites e aplicativos de smartphones, conhecido como *big data*, não possui nenhum valor se não for interpretado, analisado e filtrado. Este é o papel das inteligências artificiais, que transformam um grande emaranhado de informações em preciosos índices, gráficos e indicadores de comportamento e de consumo.

É importante que tal temática, como já vem ocorrendo, ocupe cada vez mais espaços nos debates acadêmicos e na literatura. Como já dizia Fernando Teixeira de Andrade, “é o tempo da travessia: e, se não ousarmos fazê-la, teremos ficado, para sempre, à margem de nós mesmos”. Assim, se não aceitarmos a transformação e fizermos a “travessia” para esta nova realidade², ficaremos de fora.

A tecnologia ainda pode ser vista por muitos como um elemento

¹ Termo posto entre aspas pois, em capítulo próprio neste texto dissertativo, serão abordadas as especificidades léxicas dos termos utilizados, tais como “inteligência” e “artificial”, como forma, inclusive, de delimitação do tema.

² Trecho da obra “O medo: o maior gigante da alma de Fernando Teixeira de Andrade”.

escravizador da vida humana ou mesmo um tipo de entorpecente em que a sociedade está “viciada”³. O fato é que não mais nos é dada a escolha. Ninguém mais está isento às modificações tecnológicas da atualidade, independentemente da idade, sexo, profissão ou mesmo de suas convicções.

A discussão acerca dos prejuízos e benefícios dos usos das novas tecnologias aumenta exponencialmente quando estão em voga as utilizações das inteligências artificiais e dos autômatos, que por muito tempo foram protagonizados como vilões pelo cinema⁴.

Saindo da ficção e adentrando a ciência, conforme se mencionou anteriormente, nada passará – ou está passando – imune às alterações implementadas pelas novas tecnologias, justificando-se, pois, a revisitação de temas das ciências sociais aplicadas, especialmente no que tange às áreas de economia e do direito, sob pena de se tornarem inaplicáveis ou obsoletas.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística obtidos pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua, em 2016 69,3% dos domicílios permanentes do país possuíam acesso à internet e, no quarto trimestre de 2017, essa taxa saltou para 74,9%.

Esta pesquisa confirmou um aumento exponencial de conexão de áreas rurais. Em 2016, 33,6% das residências rurais possuíam serviço de internet, com salto para 41% no ano de 2017⁵.

Os aparelhos celulares, que já são a principal forma de acesso à rede para 98,7% da população (dados de 2017), também já estão presentes em mais de 90% das residências brasileiras (93,2% no total), sendo que as residências que contam apenas com telefone fixo totalizam apenas 1,7% do total.

É certo, ainda, que o Brasil não está na contramão do movimento global de adesão à internet e às novas tecnologias, que, segundo estudiosos da área, é um movimento inevitável e irreversível⁶.

³ O décimo e último álbum do grupo musical O Rappa, capitaneado pelo vocalista Marcelo Falcão, “Nunca tem fim”, lançado em agosto de 2013, traz, na faixa 8, a música “Sequência Terminal”, que é uma crítica ao abandono do bucolismo e da vida simples, que foi trocada pelas máquinas e tecnologias. Em um trecho da música, chega a idealizar a necessidade da criação de uma “Máquina de pensar em coisa boa; Máquina de balançar em rede à toa”. Mais em: “<http://www.orappa.com.br/>”. Acesso em 30 de dezembro de 2018.

⁴ Desde “Matrix” e “O homem bicentenário” (1999), passando por “Uma Odisseia no Espaço” (2001) e “A Teoria de Tudo” (2014), por exemplo.

⁵ Pesquisas disponíveis em:

“https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101631_informativo.pdf”. Acesso em 30 de dezembro de 2018.

⁶ KELLY, Kevin. Inevitável: As 12 forças tecnológicas que mudarão o mundo. Tradução de Cristina

O nível de globalização é tão avançado que já se pode falar em uma “sociedade ultraconectada”. À guisa de exemplificação, o telefone convencional, que era uma tecnologia de ponta ao tempo em que foi criado, demorou 75 anos para chegar às mãos de 50 milhões de pessoas; o rádio demorou 38 anos para atingir o mesmo número de pessoas; a televisão, 13; mais recentemente, o iPhone⁷ levou apenas 3 anos e o *Pokemon Go*⁸, apenas 15 dias⁹.

Justamente em virtude destes dados é que a tecnologia ganha cada vez mais destaque na mídia, como nunca antes visto. A sociedade, justificadamente, está preocupada com o futuro.

As tecnologias e as inteligências artificiais já podem se comunicar entre si, com transmissão praticamente simultânea de bases de dados, o que aumenta exponencialmente seu “aprendizado” e aprimora suas funções em virtude da incorporação de experiências – humanas ou artificiais. Em outras palavras, assim como uma criança quando vai à escola, quando as máquinas – ou inteligências – se comunicam, passam a aprender com terceiros, não se restringindo aos ensinamentos dos criadores, ou dos pais, no caso das crianças.

Além disso, a comunicação das máquinas não possui as limitações da linguagem escrita ou falada, não havendo, por isso, comparação com a capacidade cognitiva humana. As máquinas trocam bits; não precisam ler, falar ou escrever.

Em 2012, o jornalista Kevin J. O’Brien, em matéria veiculada no periódico norte-americano *The New York Times*, afirmou que em breve o volume de dados relativos à interação de inteligências artificiais superará o volume de dados produzidos por humanos na rede¹⁰.

Contudo, a atual dificuldade das inteligências artificiais, que vem sendo exemplarmente superada a cada dia, é a interpretação de sentimentos. As máquinas ainda estão aprendendo como nós, os humanos, vivemos e sentimos a vida¹¹ e em

Yamagami. – São Paulo: HSM, 2017. 368 p.

⁷ Smartphone desenvolvido e comercializado pela empresa multinacional norte-americana Apple.

⁸ Jogo eletrônico mobile, desenvolvido para smartphones, que usa realidade aumentada, criado pela empresa Niantic Inc. da Califórnia.

⁹ Dados extraídos da obra “Inevitável”, *idem*.

¹⁰ Original: The combined level of robotic chatter on the world’s wireless networks — measured in the digital data load they exert on networks — is likely soon to exceed that generated by the sum of all human voice conversations taking place on wireless grids. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2012/07/30/technology/talk-to-me-one-machine-said-to-the-other.html>.

Acesso em dezembro de 2018.

¹¹ A tecnologia já está, neste ponto, questionando até mesmo a poesia clássica; como dizia Carlos Drummond de Andrade, “Amar se Aprende Amando”. Neste caso, as máquinas aprendem a amar estudando o comportamento de quem ama.

pouco tempo poderão ser babás, assistentes pessoais e cuidadores de idosos¹².

Assim sendo, o presente trabalho dissertativo se propôs a estudar os impactos deste tipo de tecnologia, especialmente as inteligências artificiais e os autômatos (internet das coisas), com ênfase na análise da compatibilidade da teoria do ato ilícito e na responsabilidade civil dos agentes envolvidos na cadeia de utilização, desde a criação até o usuário final.

Após a delimitação do tema e de algumas linhas de análises semânticas de definição do objeto principal do estudo, passou-se a analisar as aplicabilidades atuais deste tipo de tecnologia, que serão, pois, a base dos estudos que foram desenvolvidos nos tópicos seguintes.

Alguns estudos acerca do funcionamento destas tecnologias e suas aplicações atuais foram necessários para melhor embasar a análise da cadeia de responsabilidade e poder se falar em uma excludente de responsabilidade baseada na automação.

Teceram-se considerações acerca do surgimento das inteligências artificiais e como elas estão revolucionando a sociedade, bem como sobre os processos de produção, comparando o advento deste tipo de inovação com o surgimento do motor a vapor na Revolução Industrial. A diferença da atualidade para a época da revolução mencionada é que inicialmente houve uma substituição da força braçal humana pela força do motor. Hoje é possível substituir a “força mental”.

Essa substituição pode ser identificada através da existência de máquinas que já diagnosticam doenças, formulam textos, identificam padrões de consumo, investem na bolsa de valores, dirigem carros, operam centrais de telemarketing – isso tudo com nenhuma ou mínima orientação.

O interesse da pesquisa se justifica pela revolução tecnológica que a sociedade global atual está vivenciando e pelo caráter ainda embrionário de muitas destas inteligências, o que eleva muito seu potencial de ação, utilização e, sem dúvida, de transformação.

Ainda como forma de justificar a relevância do estudo e delimitá-lo inclusive temporalmente, neste tópico acerca da evolução tecnológica foram apresentados *leading cases*, que envolveram o Direito e a utilização destes tipos de tecnologia para demonstrar o estado atual da ciência em estudo.

¹² Veja mais em: “<https://g1.globo.com/economia/tecnologia/noticia/ces-2018-novos-robos-emocionais-buscam-ler-sentimentos-humanos.ghtml>”. Acesso em dezembro de 2018.

Em seguida, adentrando o tema principal do trabalho, passou a ser analisada a Teoria da Responsabilidade Civil, relacionada à criação, desenvolvimento, detenção de utilização de autômatos e de inteligências artificiais, com o desmembramento do ato ilícito, para aferir a compatibilidade do sistema jurídico posto quando o ato ilícito decorre da interação com autômatos ou inteligências artificiais.

Foi objeto de estudo, ainda neste íterim, a responsabilidade civil do detentor e do ordenador da inteligência artificial ou do objeto autômato, com objetivo de, ao final, apresentar critérios e fundamentos para que a responsabilidade civil, nestas hipóteses seja objetiva, ou seja, que seja prescindível a demonstração de culpa.

Do mesmo modo, foi apresentado que a identificação do agente causador, nesta hipótese de responsabilidade civil pode ser um entrave ao ressarcimento do dano, fazendo-se necessário definir e, até mesmo, positivar as responsabilidades de cada um dos agentes envolvidos na cadeia do dano, tal como o criador, o proprietário e o ordenador.

Utilizar-se-á na pesquisa o método dedutivo, por intermédio do qual será possível partir de argumentos gerais, tais como a evolução da tecnologia e a criação dos autômatos, para chegar aos argumentos particulares, isto é, as modificações e impactos sociais advindos deste surgimento, e também a conclusões vinculadas à lógica das premissas previamente estabelecidas.

Por meio deste método, também será possível identificar o estado atual da ciência em estudo, fixando-o para, em seguida, desenvolver as proposições de adaptação ou reformulação da teoria da responsabilidade civil e dos negócios jurídicos, quando advindo de uma relação com autômatos.

Será aplicado, ainda, o método indutivo para, com base em premissas menores, criar-se um conhecimento geral sobre o tema e estabelecer uma premissa geral. Neste caso, as premissas menores são a necessidade de adequação da norma aos avanços sociais e tecnológicos. Busca-se, pois, com a pesquisa, chegar a uma proposta concreta de adaptação da teoria geral para atender a estas novas demandas sociais causadas pela evolução tecnológica.

1 O HOMEM E A TECNOLOGIA: HISTÓRIA E EVOLUÇÃO

Uma das características distintivas dos seres humanos é a superioridade intelectual e criativa, jamais comparável à de qualquer outro ser vivo que tenha habitado este planeta. Ao longo da existência do homem, esta engenhosidade ímpar manifestou-se por meio da invenção de técnicas e métodos que transformaram seu modo de viver e tornaram possível a concretização de ideias consideradas ineficazes e o levaram a desvendar alguns dos segredos do universo que o cerca.

Nada disso seria possível sem o desenvolvimento do que chamamos de *tecnologia*. O termo tecnologia tem sua origem na junção de duas palavras da língua grega, *techne* (arte, ofício, habilidade) e *logos* (palavra, fala). É utilizado pelos gregos para descrever atividades artísticas tanto de cunho utilitário, como no caso da fabricação de utensílios, quanto para expressões artísticas. Atualmente, o termo é empregado em referência a métodos de diversas complexidades, que vão desde simples ferramentas de pedra até a engenharia genética e a tecnologia da informação, e que promovem avanços e mudanças no ambiente em que vivemos (BUCHANAN, 2019).

Ao longo do tempo, o desenvolvimento tecnológico possibilitou a criação de técnicas e instrumentos que permitiram a observação cada vez mais detalhada e precisa do mundo natural e a realização de diversos empreendimentos e experimentos científicos que levaram o homem a lugares nunca antes alcançados, aumentando exponencialmente a qualidade e a expectativa de vida humana.

A evolução tecnológica dá-se pela aplicação da ciência na transformação de recursos disponíveis e, portanto, a história da tecnologia é intimamente interligada tanto à história da ciência quanto à história da economia (BUCHANAN, 2019).

Além disso, os avanços tecnológicos representam um importante fator para o crescimento econômico de uma sociedade e são um meio de desenvolvimento e projeção de poder político, militar e econômico sobre outras sociedades.

Dentre os diversos sociólogos e antropólogos que desenvolveram teorias sociais abordando a evolução social e cultural dos povos, Lewis H. Morgan, Leslie White e Gerhard Lenski concordam que o progresso tecnológico é o fato fundamental na impulsão do desenvolvimento da civilização humana.

No conceito de Morgan, a evolução social se dá em três estágios

principais, quais sejam, *selvageria*, *barbárie* e *civilização*, que podem ser divididos por *marcos tecnológicos*, isto é, criações ou invenções que mudaram o panorama social, tais como o domínio do fogo, a criação da agricultura e a invenção da escrita (KNIGHT; SMITH, 2015).

Leslie White, por sua vez, argumentou que o elemento mais preciso para aferir a evolução de uma cultura é uso que se faz da *energia*. White entende que a principal função da cultura é aproveitar e controlar a energia e diferencia o desenvolvimento humano em cinco estágios: no primeiro, os indivíduos utilizam-se da energia de seus próprios músculos (para caçar, lascar pedras, etc.); no segundo, passam ao uso da energia de animais domesticados, como bois e cavalos; no terceiro, usam a energia das plantas, representada pelo desenvolvimento da agricultura; no quarto, empregam a energia disponível em recursos naturais, como o carvão, o petróleo e o gás e, por fim, no quinto estágio, alcançam o domínio da energia nuclear (BJORK, 1999, pp. 2-15).

A abordagem de Gerhard Lenski foca no *domínio de informação*. Quanto mais informações e conhecimentos uma sociedade detém, especialmente se forem relacionados à transformação e à adaptação do ambiente natural, mais avançada ela é. Ele identifica quatro estágios de desenvolvimento humano, tomando por base os avanços no campo da comunicação. No primeiro estágio, a informação é passada pelos genes, enquanto no segundo estágio, o *homo sapiens* desenvolve a *senciência*, ou seja, a capacidade de sentir, perceber ou experimentar subjetivamente, além de poder aprender e passar adiante informações obtidas por meio de experiências vividas. No terceiro momento, os humanos começam a usar sinais e desenvolvem a lógica. O quarto estágio consiste na criação de símbolos e na invenção da linguagem e da escrita (BJORK, 1999, pp. 20-32).

Lenski assevera, ainda, que a evolução da tecnologia da comunicação se traduz em avanços nos sistemas econômicos e nos sistemas políticos, na distribuição de riquezas, na desigualdade social e em outras esferas da vida em sociedade. Ele também diferencia as sociedades com base em seu nível de tecnologia, comunicação e economia: em *caçadores-coletores*, *sociedades de agricultura simples*, *sociedades de agricultura avançada*, *sociedades industriais* e sociedades especiais, tais como as sociedades ribeirinhas, que dependem da pesca (BJORK, 1999, pp. 20-32).

No campo econômico, Gordon J. Bjork (1999, pp. 50-67) observa que a

produtividade é uma medida do progresso tecnológico. A produtividade aumenta quando menos insumos (trabalho, capital, energia, materiais) são usados na produção de uma unidade de produção. Aponta, ainda, que outro indicador do progresso tecnológico seria o desenvolvimento de novos produtos e serviços necessários para compensar o desemprego, que, de outra forma, resultaria em redução da produção obtida pela mão-de-obra.

Feitas estas primeiras considerações sobre o tema, apresenta-se um panorama do longo caminho percorrido pelo homem na criação e invenção das tecnologias, desde o uso de pedras lascadas empregadas nas atividades de caça e coleta até o inimaginável domínio das partículas atômicas e a manipulação do próprio DNA.

1.1 DO FOGO ÀS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS

O uso de ferramentas para ampliar o alcance dos membros ou a percepção dos sentidos não é exclusivo aos seres humanos, pois se verifica que uma ampla gama de animais, incluindo mamíferos, aves, peixes, cefalópodes e até mesmo insetos, emprega ocasionalmente algum tipo de ferramenta para obter água, comida, higienização, defesa, recreação e para construir (BECK, 1980).

Todavia, em toda a história biológica da Terra, nenhum outro grupo de seres vivos demonstrou tamanha destreza e engenhosidade como os hominídeos na criação e utilização de ferramentas, seja para facilitar sua existência ou para modificar o ambiente em que habitam.

1.1.1 Da Pré-história à Idade do Ferro

Cerca de 2,5 milhões de anos antes do desenvolvimento da escrita, ou seja, durante a *Pré-história*, a tecnologia surgiu com os primeiros hominídeos, que usavam ferramentas de pedra para acender fogueiras, caçar e enterrar seus mortos. Arte, arquitetura, música e religião evoluíram ao longo do período pré-histórico.

Os ancestrais humanos usaram pedras e outras ferramentas desde muito antes do surgimento do *Homo sapiens*, cerca de 200.000 anos atrás. Os métodos mais antigos de fabricação de ferramentas de pedra, conhecidos como

"indústria" de Oldowan, datam de pelo menos 2,3 milhões de anos atrás, com as primeiras evidências diretas de uso de ferramentas encontradas na Etiópia, no Vale do Great Rift, por volta de 2,5 milhões de anos atrás (HEINZELIN *et al.*, 1999, pp. 625-629). Esta época do emprego de ferramentas de pedra é chamada de *Paleolítico*, ou Idade da Pedra Antiga, e abrange toda a história da humanidade até o desenvolvimento da agricultura, aproximadamente 12.000 anos atrás.

Durante a maior parte do Paleolítico, os seres humanos tinham um estilo de vida que envolvia o uso de ferramentas limitadas e poucos assentamentos permanentes; viviam a maior parte do tempo em grupos nômades. As primeiras grandes tecnologias estavam ligadas à sobrevivência, à caça e à preparação de alimentos. Ferramentas de pedra e armas, o uso do fogo e roupas foram desenvolvimentos tecnológicos de grande importância durante esse período (HEINZELIN *et al.*, 1999, pp. 625-629).

Para se fazer uma ferramenta de pedra, alguns tipos de pedras calcárias, como sílex, eram golpeados com o auxílio de outras pedras mais resistentes, produzindo bordas afiadas. Eram usadas principalmente na forma de trituradores ou raspadores (HAVILAND, 2004, pp. 77-85).

Essas ferramentas ajudaram muito os primeiros grupos de caçadores-coletores a executar diversas tarefas, como cortar carcaças (e quebrar ossos para atingir a medula), cortar madeira, quebrar e abrir nozes, esfolar um animal para obter sua pele e formar outras ferramentas, combinando materiais mais macios, como ossos e madeira (HAVILAND, 2004, pp. 83-85).

As primeiras ferramentas de pedra eram bastante simples, pois eram pouco mais que rochas quebradas. Na era *acheuliana*, que começou aproximadamente 1,65 milhão de anos atrás, surgiram métodos de trabalhar essas pedras em formas específicas, como machados manuais (HAVILAND, 2004, pp. 83-85). Este período da Idade da Pedra é conhecido como o *Paleolítico Inferior*.

Neste período, esses seres humanos primitivos, os hominídeos, usavam a tecnologia de ferramentas de pedra, como os machados-de-mão semelhantes aos usados por primatas, que possuem níveis de inteligência de crianças modernas com idades entre 3 e 5 anos (GABORA; RUSSON, 2011, p. 335).

A primeira espécie *Homo* teve início com o *Homo habilis*, cerca de 2,4 milhões a 1,5 milhão de anos atrás (GABORA; RUSSON, 2011, p. 335). O *Homo habilis* criou ferramentas de pedras bastante rudimentares. Já a linhagem do *Homo*

ergaster, que viveu no leste e sul da África há aproximadamente 2,5 milhões a 1,7 milhão de anos, passou a usar ferramentas de pedra mais diversas e sofisticadas, pois tinham técnicas mais aprimoradas para lascas e lapidar outras rochas (BECK *et al.*, 1999, pp. 135-137).

Por sua vez, o *Homo erectus*, que viveu cerca de 1,8 a 1,3 milhão de anos atrás no oeste da Ásia e na África e que se acredita que seja o primeiro homínido a caçar em grupos coordenados, passou a usar ferramentas complexas, combinando o uso de pedras e outros materiais em sua fabricação, e a cuidar de companheiros doentes ou mais fracos (BOEHM, 1999, p. 198). Além disso, alguns sítios arqueológicos europeus e asiáticos datados de 1,5 milhão de anos atrás parecem indicar que, já nessa época, o *Homo erectus* fazia o uso controlado do fogo, sendo capaz de acender fogueiras (SCARRE, 2009, pp. 205).

Datam do período *Paleolítico Médio* as primeiras evidências do *Homo neanderthalensis*, um homínido bastante semelhante ao *Homo sapiens* que viveu no continente europeu há cerca de 300.000 anos. Usava ferramentas de pedras, assim como instrumentos semelhantes a facas e raspadeiras, e enterrava seus mortos em sepulturas rasas, junto com ferramentas de pedra e ossos de animais, embora as razões e o significado desses sepultamentos ainda sejam discutidos por arqueólogos e antropólogos (SCARRE, 2009, pp. 208).

Por fim, o *Homo sapiens*, a única espécie viva do gênero *Homo*, originou-se na África por volta de 200.000 anos atrás. Em comparação com seus antecessores, o *Homo sapiens* tinha maior capacidade mental e conseguia andar ereto, o que lhe fornecia mãos livres para manipular objetos e para usar mais ferramentas (STERNBERG, 2011, p. 335). A partir desse período, encontram-se os primeiros objetos associados a uma possível produção artística dos primeiros homens. O enterro intencional dos mortos, particularmente com bens funerários, é entendido como uma das primeiras formas detectáveis de prática religiosa, podendo significar uma preocupação com os mortos que transcenderia a vida cotidiana (LIEBMAN, 1991, p. 162).

O primeiro sepultamento humano indiscutível descoberto até o momento data de 130.000 anos atrás. Restos de esqueletos humanos manchados com ocre vermelho foram descobertos na caverna de Skhul em Qafzeh, Israel, com uma variedade de bens funerários encontrados no local do sepultamento (LIEBMAN, 1991, p. 163).

Durante a *Revolução Paleolítica Superior*, os avanços na inteligência e na tecnologia humana mudaram radicalmente com o advento da *modernidade comportamental*, entre 60.000 e 30.000 anos atrás (GABORA; RUSSON, 2011, p. 335). A modernidade comportamental é um conjunto de características que distingue o *Homo sapiens* das linhagens homínidas extintas.

Embora isso seja debatido muitas vezes, a maioria dos estudiosos concorda que o comportamento humano moderno pode ser caracterizado por pensamento abstrato, profundidade de planejamento, simbolismo (por exemplo, arte, ornamentação), música e dança, exploração de jogos grandes e tecnologia de lâminas, entre outros (MCBEARTY; BROOKS, 2000, pp. 453-563). Subjacentes a esses comportamentos e inovações tecnológicas estão os fundamentos cognitivos e culturais que foram documentados experimental e etnograficamente. Alguns desses padrões universais humanos são: adaptação cultural cumulativa, normas sociais, linguagem e ampla ajuda e cooperação, além de parentes próximos (HILL *et al.*, 2009, pp. 187-200).

O *Homo sapiens* alcançou a modernidade de comportamento completo por volta de 50.000 anos atrás devido a um cérebro altamente desenvolvido, capaz de raciocínio abstrato, linguagem, introspecção e solução de problemas (LIEBMAN, 1991, p. 162). Ferramentas com lâminas de pedra, feitas de chifres e fabricadas com ossos foram criadas durante esse período (MELLARS, 2006, pp. 167-182). Surgiram também as primeiras roupas e peças de vestuário, encontrando-se instrumentos semelhantes a agulhas de costura em sítios arqueológicos datados de cerca de 40.000 anos atrás e fibras de linho tingidas datadas de 36.000 anos na região do Cáucaso (BALTER, 2009, p. 325).

Apareceram as primeiras manifestações culturais, que incluíam as pinturas rupestres, em cavernas, esculturas como as figuras de Vênus, figuras femininas com características físicas semelhantes à de mulheres grávidas, além de esculturas e gravuras de ossos e marfim. As situações mais comuns retratadas nas pinturas das cavernas envolviam os grandes animais, como mamutes, bisões e ursos, que eram caçados pelos homens da época. Os primeiros instrumentos musicais, como flautas e apitos, surgiram durante esse período (SHAW; JAMESON, 2002, pp. 394-396).

O período *Mesolítico* foi uma era de transição entre os caçadores-coletores do Paleolítico; começou em torno de 11.660 a.C. e terminou com a

introdução da agricultura, cuja data varia em cada região geográfica ocupada pelo homem. Foram necessárias aos seres humanos novas formas de adaptação ao ambiente em que viviam em razão de mudanças climáticas que afetaram o ambiente global e os tipos de alimentos que passaram a estar disponíveis (SHAW; JAMESON, 2002, pp. 394-396).

Pequenas ferramentas de pedra chamadas *micrólitos*, incluindo pequenas pontas de flechas, surgiram durante esse período. Esses *micrólitos* apontavam para o uso da tecnologia de projéteis, uma vez que se supõe que eles formaram as pontas e farpas das flechas (KNECHT, 1997, p. 107). Tais instrumentos indicam a natureza da adaptação humana ao meio ambiente durante o período, demonstrando que os grupos humanos de então ainda eram, em sua maioria, caçadores-coletores (CUNLIFFE, 2001, p. 79).

Ocorreu, então, a *Revolução Neolítica*, a primeira revolução agrícola da história da humanidade, que representou uma transição da caça e coleta de vida nômade para a domesticação das plantas e uma vida sedentária. Essa revolução na forma de viver ocorreu em alguns lugares ao redor do mundo, de forma independente em cada local, cerca de 10.000 a 7.000 anos atrás. As primeiras evidências conhecidas foram encontradas nas áreas tropicais e subtropicais do Sudoeste e Sul da Ásia, no Norte e no Centro da África, e na América Central (GUPTA, 2010, p. 87).

Entre os pontos marcantes deste período, elencam-se a introdução da agricultura, que resultou em uma mudança do estilo de vida nômade para um mais sedentário, e o uso de ferramentas agrícolas, como o arado, a pá e a enxada, que tornaram o trabalho agrícola mais eficiente. Os animais, incluindo os cães, foram domesticados. Outra característica definidora do período foi o surgimento da cerâmica e, no final do período neolítico, a roda foi introduzida e utilizada para a fabricação de cerâmica (SHAW; JAMESON, 2002, pp. 422-423).

A arquitetura neolítica incluía casas e vilarejos construídos com tijolos de barro e acácia, e a construção de instalações de armazenamento, túmulos e monumentos. A usinagem de cobre foi empregada desde 9000 a.C. no Oriente Médio. Todavia, as ferramentas de pedra polida continuaram sendo criadas e usadas durante o período neolítico (SHAW; JAMESON, 2002, pp. 422-427).

Ainda no período pré-histórico, a manutenção de registros numéricos surgiu por volta de 8000 a.C. na Suméria de um sistema de contagem que usava pequenas tábuas de argila (SCHMANDT-BESSERAT, 1997, p. 192).

Logo após a Revolução Neolítica, seguiu-se a *Idade do Bronze* (século XXXIII a.C.), caracterizada pela descoberta da tecnologia de fundição de metais, dentre eles o cobre, a invenção do bronze e uma liga de estanho e cobre usada para a criação de diversos instrumentos, ferramentas e armas. As ferramentas de pedra polida continuaram sendo utilizadas devido à sua abundância em comparação com outros metais encontrados menos comumente, como era o caso do estanho (TYLECOTE, 1992, pp. 92-94).

Acredita-se que a fundição de cobre tenha se originado quando a tecnologia dos fornos de cerâmica permitiu temperaturas suficientemente altas. O bronze foi um grande avanço sobre a utilização de pedra como material para a fabricação de ferramentas tanto por suas propriedades mecânicas como resistência e ductilidade, quanto porque poderia ser fundido em moldes para criar objetos de formas complexas (TYLECOTE, 1992, pp. 92-94).

Essa tendência tecnológica aparentemente começou no Crescente Fértil e se espalhou ao longo do tempo. Seus desenvolvimentos não foram e ainda não são universais. O sistema de três idades (*Pedra, Bronze e Ferro*) não descreve com precisão a história da tecnologia de grupos fora da Eurásia e não se aplica a algumas populações isoladas, como o povo Spinifex, os povos das Ilhas Sentinela e várias tribos da Amazônia, que ainda fazem uso da tecnologia da Idade da Pedra e não desenvolveram tecnologia agrícola ou metálica (SHAW; JAMESON, 2002, pp. 422-427).

A *Idade do Ferro* (século XIII a.C.) é o período final da divisão em três eras da Pré-história e da Proto-história da humanidade, sendo um conceito aplicado mais especificamente ao desenvolvimento histórico dos povos do Oriente Médio, da Europa e de outras partes do Velho Mundo (REHREN *et al.*, 2013, pp. 4785-4792).

Antes de a fundição de ferro ser desenvolvida, o ferro era obtido da queda de meteoritos, algo que geralmente é identificado pelo teor de níquel combinado ao ferro. O ferro meteórico era raro e valioso, usado para fazer ferramentas e outros implementos, como anzóis. Nesse período desenvolveu-se a tecnologia de fundição de ferro, geralmente substituindo o emprego do bronze, o que tornava possível produzir ferramentas mais fortes, mais leves e mais baratas que peças de bronze. As matérias-primas para a produção de ferro, como minérios e calcário, eram muito mais abundantes que o cobre, utilizado na fabricação de bronze, especialmente o minério de estanho (REHREN *et al.*, 2013, pp. 4785-4792).

Nessa época, não foi possível fabricar aço ou ferro puro em massa devido às altas temperaturas que o processo exigia. Os fornos podiam atingir a temperatura de fusão desses metais, mas os cadinhos e os moldes necessários para derreter e fundir não haviam sido desenvolvidos. O aço poderia ser produzido forjando ferro até sua fluorescência para reduzir o conteúdo de carbono presente no metal de uma maneira um tanto controlada, mas o aço produzido por esse método não era de boa qualidade (REHREN *et al.*, 2013, pp. 4785-4792).

Em muitas culturas eurasiáticas, a Idade do Ferro foi o último grande passo antes do desenvolvimento da linguagem escrita, embora, novamente, este não tenha sido universalmente o caso.

Por convenção acadêmica, entende-se que a Idade do Ferro chegou ao fim com o início dos primeiros registros historiográficos, o que não representa um rompimento claro ou distinguível no registro arqueológico (REHREN *et al.*, 2013, pp. 4785-4792).

1.1.2 A Tecnologia na Antiguidade

Neste tópico será explorado o desenvolvimento tecnológico das principais civilizações do período histórico conhecido como *Idade Antiga* ou *Antiguidade* (c. 4.000 a.C. até 476 d. C.), dentre elas, a civilização mesopotâmica, o Império Egípcio, as civilizações do Vale do Rio Indo e da China, os gregos e romanos, e os povos incas, maias e astecas.

A Mesopotâmia (Iraque moderno) e os povos que ali se desenvolveram (sumérios, acadianos, assírios e babilônios) no século 40 a.C. já viviam em cidades, tendo desenvolvido uma arquitetura sofisticada de tijolos de barro cozido e pedra. Os muros da Babilônia eram tão grandes que foram citados como uma das maravilhas do mundo antigo. Eles desenvolveram extensos sistemas de canalização de água, canais de transporte e irrigação ao sul e sistemas de captação que se estendiam por dezenas de quilômetros em seu norte montanhoso. Seus palácios possuíam sofisticados sistemas de drenagem (POTTS, 2012, p. 285).

A escrita foi inventada na Mesopotâmia, a chamada escrita *cuneiforme*, com caracteres obtidos de impressões deixadas em argila com pequenas ferramentas em formato de cunha. Muitos registros em tábuas de barro e inscrições de pedra sobreviveram até os nossos dias. Essas civilizações foram as primeiras a adotar as

tecnologias de bronze que usavam para ferramentas, armas e estátuas monumentais (POTTS, 2012, p. 287).

Ao menos seis mecanismos clássicos simples foram inventados na Mesopotâmia. Os mesopotâmicos foram creditados com a invenção da roda. O mecanismo de roda e eixo apareceu pela primeira vez com a invenção da roda de oleiro, inventada na Mesopotâmia durante o 5º milênio a.C., o que levou à invenção do carrinho-de-mão no início do quarto milênio a.C. As representações de vagões com rodas encontradas em pictogramas de argila no distrito de Eanna, em Uruk, datam de 3.700 a 3.500 a.C. A alavanca foi usada nos dispositivos de canalização hidráulica para levar água de lugares baixos para o alto, e o mecanismo de guindaste também surgiu na Mesopotâmia por volta de 3.000 a.C. e depois na tecnologia egípcia antiga por volta de 2.000 a.C. A evidência mais antiga do uso de polias remonta à Mesopotâmia do início do 2º milênio a.C. (POTTS, 2012, p. 285-290).

O parafuso, a última das máquinas simples a ser inventada, apareceu pela primeira vez na Mesopotâmia durante o período *neo-assírio* (911-609 a.C.). Nessa época foi inventada a comporta automática e o emprego de bombas hidráulicas em forma de parafuso de até 30 toneladas de peso, que foram fundidas com moldes de argila de duas partes (SELIM, 2013, pp. 282-285).

Os diários astronômicos da Babilônia registram o céu antigo pelo lapso de 800 anos. Eles permitiram aos astrônomos traçar os movimentos dos planetas e prever eclipses. As primeiras evidências de rodas d'água e moinhos de água datam do antigo Oriente Próximo no século IV a.C., especificamente no Império Persa antes de 350 a.C. Este uso pioneiro da energia da água constituiu a primeira força motriz criada pelo homem que não empregava a própria força braçal (SELIM, 2013, pp. 282-285).

Os egípcios, por sua vez, conhecidos por construir pirâmides séculos antes da criação de ferramentas modernas, inventaram e usaram muitas máquinas simples, como é o caso da rampa para auxiliar nos processos de construção. Historiadores e arqueólogos encontraram provas de que as pirâmides foram construídas usando três das chamadas de seis máquinas simples (*alavanca, rosca, plano inclinado, polia, roda e eixo*), em que se baseiam todas as máquinas inventadas posteriormente. Essas máquinas utilizadas eram o plano inclinado, a polia e a alavanca, que permitiram aos antigos egípcios mover milhões de blocos de calcário que pesavam aproximadamente 3,5 toneladas cada um para criar estruturas como a

Grande Pirâmide de Gizé, que alcança 146,7 metros de altura (NICHOLSON, 2000, pp. 351-352).

Também fizeram uso da escrita em um meio semelhante ao papel, o *papiro*. O papiro é uma planta que cresceu em quantidades abundantes no Delta do Egito e em todo o Vale do Rio Nilo durante os tempos antigos. O papiro era colhido por camponeses e levado para centros de processamento, onde era cortado em tiras finas. As tiras foram então dispostas lado a lado perpendicularmente, e depois cobertas com resina vegetal, e a segunda camada de tiras era colocada horizontalmente, sendo depois pressionadas juntas, por uma pedra pesada, até a secagem completa da folha. As folhas foram então unidas para formar um rolo e posteriormente usadas para escrever (TERESI, 2002, pp. 352-352).

A sociedade egípcia fez vários avanços significativos durante os períodos dinásticos em muitas áreas da tecnologia. De acordo com Hossam Elanzeery (NICHOLSON, 2000, pp. 351-352), os egípcios foram a primeira civilização a usar dispositivos de cronometragem, como relógios de sol, relógios de sombra e obeliscos, e aproveitaram com sucesso seus conhecimentos de astronomia para criar um modelo de calendário utilizado até os dias atuais. Eles desenvolveram a tecnologia de construção naval que os levou a progredir de embarcações de papiro para navios de madeira de cedro, além de serem pioneiros no uso de treliças de corda e lemes montados em caules. Os egípcios também usaram seu conhecimento de anatomia para estabelecer as bases de muitas técnicas médicas modernas e praticaram a versão mais antiga conhecida da neurociência (NICHOLSON, 2000, pp. 351-352).

Os egípcios antigos também inventaram em muitas práticas agrícolas que se tornaram a base dos processos modernos de tecnologia alimentar. Com base em pinturas e relevos encontrados em túmulos e em artefatos arqueológicos, estudiosos como Paul T. Nicholson acreditam que os egípcios antigos estabeleceram práticas agrícolas sistemáticas no processamento de cereais, cerveja, pão assado e carne processada, praticavam viticultura, criaram a base para a produção moderna de vinho e condimentos para complementar, preservar e mascarar os sabores de sua comida (NICHOLSON, 2000, pp. 351-352).

A Civilização do Vale do Indo, situada em uma área rica em recursos (no Paquistão moderno e no noroeste da Índia), é notável por sua aplicação precoce de tecnologia no planejamento urbano, pois empregavam sofisticadas tecnologias de saneamento e encanamento em suas cidades. A construção e a arquitetura do Vale

do Indo, denominada *Vaastu Shastra*, sugerem uma compreensão completa da engenharia de materiais, hidrologia e saneamento pelos povos que ali surgiram (TERESI, 2002, pp. 354-356).

Na China foram feitas muitas descobertas e invenções notáveis. Suas principais contribuições tecnológicas incluem detectores sismológicos primitivos, palitos de fósforo, o papel, a base para o desenvolvimento do rotor de helicópteros, mapas de relevo, bombas de pistão de ação dupla, ferro fundido, foles de alto-forno movidos a água, o arado de ferro, a semeadeira múltipla, o carrinho-de-mão, os primeiros paraquedas, a bússola, o leme, a besta (espécie de arco composto) e a pólvora (TEMPLE, 1986, pp. 325-357).

A China também desenvolveu tecnologia para a perfuração de poços profundos, que eles usavam para extrair salmoura para fazer sal. Alguns desses poços, com até 900 metros de profundidade, produziam gás natural, usado para evaporar a salmoura. Outras descobertas e invenções chinesas do período medieval incluem impressão em bloco, impressão de tipo móvel e tinta fosforescente. O foguete de combustível sólido foi inventado na China cerca de 1150 d.C., quase 200 anos após a invenção da pólvora, que atuava como combustível do foguete. Décadas antes da era de exploração marítima, no Ocidente, os imperadores chineses da Dinastia Ming também enviaram grandes frotas em viagens marítimas, algumas das quais chegaram até a África (TEMPLE, 1986, pp. 325-357).

Voltando ao Mediterrâneo, no início do século IV a.C houve o desenvolvimento e a expansão da civilização grega, com as conquistas de Alexandre, o Grande. Elas levaram ao surgimento de uma civilização helenística que representa uma síntese das culturas gregas e do Oriente Próximo na região do Mediterrâneo Oriental, incluindo os Bálcãs, o Levante e o Egito (GREEN, 1990, pp. 95-99). Com o Egito ptolomaico como centro intelectual e o grego como língua franca, a civilização helenística incluía estudiosos e engenheiros gregos, egípcios, judeus, persas e fenícios que escreviam em grego (JOSEPH, 2000, pp. 7-8).

Os engenheiros helenísticos do Mediterrâneo Oriental foram responsáveis por várias invenções e melhorias na tecnologia existente. O período helenístico viu um forte avanço tecnológico promovido por um clima de abertura a novas ideias, o florescimento de uma filosofia mecanicista e o estabelecimento da Biblioteca de Alexandria no Egito ptolomaico. Em contraste com os inventores tipicamente anônimos de épocas anteriores, mentes engenhosas como Arquimedes,

Filo de Bizâncio, Heron, Ctesibius e Archytas tiveram seus nomes preservados para a posteridade (OLESON, 2000, pp. 271-302).

A agricultura antiga, como em qualquer período anterior à era moderna, o modo primário de produção e subsistência e seus métodos de irrigação foram consideravelmente avançados pela invenção e pela ampla aplicação de vários dispositivos de elevação de água anteriormente desconhecidos, como o moinho de roda vertical, o moinho de roda compartimentada, a turbina de água, o parafuso de Arquimedes, a bomba de força, a bomba de sucção, a bomba de pistão de ação dupla e possivelmente a bomba de corrente (MADDISON, 2007, pp. 55).

Na música, o órgão da água, inventado por Ctesibius e posteriormente aprimorado, constituiu a primeira instância de um instrumento de teclado. Na manutenção do tempo, houve a introdução da clepsidra de entrada e sua mecanização pelo mostrador e ponteiro; a aplicação de um mecanismo de escape substituiu a clepsidra, o antigo relógio de água (OLESON, 2000, pp. 271-302).

As inovações na tecnologia mecânica incluíram a engrenagem angular, que se tornaria particularmente importante para a operação de dispositivos mecânicos. Os engenheiros helenísticos também criaram autômatos, lavatórios e portas automáticas, usadas como brinquedos. No entanto, apresentavam novos mecanismos úteis, que eventualmente tornaram-se a base para o desenvolvimento de mecanismos mais complexos (OLESON, 2000, pp. 271-302).

O mecanismo *antikythera*, um tipo de computador analógico que operava com uma engrenagem diferencial, e o astrolábio mostravam grande refinamento na ciência astronômica desenvolvida por essa civilização (OLESON, 2000, pp. 271-302).

Em outros campos, as inovações gregas antigas incluem a catapulta e a besta de *gastrophetes* na guerra, a fundição oca de bronze na metalurgia, o dioptra, a infraestrutura dos faróis marítimos, sistemas de aquecimento central e navios plataforma. No transporte, grandes progressos resultaram da invenção do guincho e do hodômetro. Outras técnicas e itens criados foram escadas em espiral, sistemas de correias, pinças deslizantes e chuveiros primitivos (OLESON, 2000, pp. 271-302).

Avançando no tempo, chega-se ao Império Romano, que se expandiu da Itália para toda a região do Mediterrâneo entre o século I a.C. e o século I d.C. Suas províncias mais avançadas e economicamente produtivas fora da Itália eram as províncias romanas orientais nos Bálcãs, na Ásia Menor, no Egito e no Levante, sendo o Egito romano a província romana mais rica fora da Itália (STARK, 2005, pp. 135-

145).

O Império Romano criou leis que previam a propriedade individual, gerou uma agricultura intensiva e sofisticada, expandiu a tecnologia existente de trabalho com ferro, a tecnologia avançada de alvenaria de pedra, a tecnologia de construção de estradas, que foi superada apenas no século XIX, e produziu desenvolvimentos na área da engenharia militar, da engenharia civil, da fiação e tecelagem e em várias máquinas diferentes, como o ceifador gaulês, que ajudaram a aumentar a produtividade em muitos setores de sua economia. Os engenheiros romanos foram os primeiros a construir arcos monumentais, anfiteatros, aquedutos, banhos públicos, pontes verdadeiras, portos, reservatórios e represas, abóbadas e cúpulas. Fizeram isso em grande escala, por todo o Império. As invenções romanas notáveis incluem o livro, o soprador de vidro e o concreto. Como Roma estava localizada em uma península vulcânica, com areia que continha grãos cristalinos adequados, o concreto que os romanos formulavam era especialmente durável, tanto que grande parte de suas construções e monumentos resistiu até os dias atuais (STARK, 2005, pp. 135-145).

No Egito romano, o inventor Heron de Alexandria foi o primeiro a utilizar um dispositivo mecânico movido a vento (veja o volante de Heron) e criou o mais antigo dispositivo movido a vapor, o *eolipile*, abrindo novas possibilidades no aproveitamento de forças naturais. No entanto, suas invenções eram utilizadas principalmente como brinquedos, e não como máquinas práticas (STARK, 2005, pp. 135-145).

Por fim, na Mesoamérica, as habilidades de engenharia dos incas e maias mostraram-se excelentes, mesmo para os padrões atuais. Um exemplo dessa engenharia excepcional é a utilização de blocos de pedra pesando mais de uma tonelada em suas obras de engenharia: elas eram colocadas juntas de tal forma que nem mesmo uma lâmina caberia nas rachaduras. As aldeias incas usavam canais de irrigação e sistemas de drenagem, tornando a agricultura muito eficiente. Enquanto alguns afirmam que os incas foram os primeiros inventores da hidroponia, sua tecnologia agrícola ainda era baseada no solo, mas se mostrava muito avançada (CHOI, 2009, pp. 01-05).

Embora a civilização maia não incorporasse tecnologia metalúrgica ou de roda em suas construções arquitetônicas, eles desenvolveram sistemas complexos de escrita e astronômicos e criaram belas obras esculturais em pedra e sílex. Como

os incas, os maias também possuíam o domínio de tecnologias agrícolas e de construção bastante avançadas e também são responsáveis pela criação do primeiro sistema de água pressurizada na Mesoamérica, localizado no site maia de Palenque (CHOI, 2009, pp. 1-5).

A principal contribuição do domínio asteca foi um sistema de comunicação entre as cidades conquistadas e a onipresença da engenhosa tecnologia agrícola de *chinampas*, as plataformas flutuantes cultiváveis, utilizada até os dias atuais no México. Na Mesoamérica, sem animais de tração para transporte, as estradas foram projetadas para viagens a pé, assim como nas civilizações inca e maia (CHOI, 2009, pp. 1-5).

1.1.2 Mundo Islâmico e Europa Medieval

No século VII, os califados muçulmanos expandiram o comércio de especiarias para diversas localidades, incluindo o Oriente Médio, o norte da África, a Ásia Central, a Península Ibérica e partes do subcontinente indiano. A ciência e a tecnologia dos impérios anteriores da região, incluindo os impérios mesopotâmico, egípcio, persa, helenístico e romano, foram herdadas pelo mundo muçulmano, onde o árabe substituiu o siríaco, o persa e o grego como a língua franca da região. Avanços significativos foram feitos na região durante a Era de Ouro Islâmica, entre os séculos VIII e XVI (HASSAN; HILL, 1986, p. 54).

A Revolução Agrícola Árabe ocorreu durante esse período. Foi uma transformação na agricultura do século VIII ao XIII na região islâmica do Velho Mundo. A economia estabelecida por comerciantes árabes e outros muçulmanos por todo o Mediterrâneo permitiu a difusão de muitas culturas e técnicas agrícolas em todo o mundo islâmico. Houve avanços na pecuária, irrigação e agricultura com a ajuda de novas tecnologias, como o moinho de vento. Essas mudanças tornaram a agricultura muito mais produtiva, o que gerou o crescimento populacional, a urbanização e o aumento da estratificação daquela sociedade (HASSAN; HILL, 1986, pp. 56-58).

Os engenheiros muçulmanos fizeram amplo uso da energia hidráulica juntamente com os primeiros usos da energia das marés, da energia eólica, dos combustíveis fósseis, como o petróleo, e de grandes complexos fabris. Uma variedade de plantas industriais foi empregada no mundo islâmico, incluindo usinas, moinhos, serrarias, fábricas de navios, fábricas de selo, siderúrgicas e moinhos de maré

(HASSAN; HILL, 1986, pp. 56-58).

No século XI, todas as províncias do mundo islâmico tinham essas fábricas industriais em operação. Os engenheiros muçulmanos também empregaram turbinas e engrenagens de água em moinhos e máquinas de captação de água e foram pioneiros no uso de barragens como fonte de energia hidráulica, usada para fornecer energia adicional a moinhos de água e máquinas de captação de água. Muitas dessas tecnologias foram transferidas para a Europa medieval (HASSAN; HILL, 1986, pp. 60-65).

Máquinas eólicas usadas para moer grãos e bombear água, o moinho de vento e a bomba de vento apareceram pela primeira vez no Irã, Afeganistão e Paquistão, no século IX. Eles eram usados para moer grãos, para extrair água e nas indústrias de moagem de grãos e cana-de-açúcar. As usinas de açúcar apareceram pela primeira vez no mundo islâmico medieval. Elas foram dirigidas primeiro por moinhos de água e depois moinhos de vento dos séculos IX e X onde hoje ficam o Afeganistão, o Paquistão e o Irã (HASSAN; HILL, 1986, pp. 60-65).

Culturas como amêndoas e frutas cítricas foram trazidas para a Europa por meio da Andaluzia, e o cultivo de açúcar foi gradualmente adotado em toda a Europa. Os comerciantes árabes dominaram o comércio no Oceano Índico até a chegada dos portugueses no século XVI (HASSAN; HILL, 1986, pp. 60-65).

O mundo muçulmano também adotou a fabricação de papel da China. As primeiras fábricas de papel apareceram em Bagdá entre os anos de 794 e 795. O conhecimento da pólvora também foi transmitido da China por meio de países predominantemente islâmicos, onde foram desenvolvidas fórmulas para utilização do nitrato de potássio puro (HASSAN; HILL, 1986, pp. 65-68).

A roda giratória foi inventada no mundo islâmico no início do século XI. Mais tarde, foi amplamente adotada na Europa, onde foi adaptada à máquina de fiar hidráulica, um dispositivo essencial durante a Revolução Industrial. O virabrequim foi inventado por Al-Jazari em 1206 e é essencial para o funcionamento de máquinas modernas, como o motor a vapor, o motor de combustão interna e os controles automáticos (HASSAN; HILL, 1986, pp. 65-68).

As primeiras máquinas programáveis também foram inventadas no mundo muçulmano. O primeiro sequenciador de música, um instrumento musical programável, foi um tocador de flauta automatizado inventado pelos irmãos Banu Musa, no século IX. Em 1206, Al-Jazari inventou autômatos programáveis e um

relógio astronômico mecânico hidrelétrico, que era basicamente um tipo de computador analógico programável (HASSAN; HILL, 1986, pp. 65-68).

Na Europa, embora a tecnologia medieval tenha sido retratada há muito como um retrocesso na evolução da tecnologia ocidental, às vezes voluntariamente por autores modernos que pretendem denunciar a Igreja como antagônica ao progresso científico, como, por exemplo, na divulgação do mito da “terra plana”, uma geração de medievalistas nas últimas décadas do século XX vem alterando tal percepção equivocada (LUCAS, 2006, p. 65).

Após o renascimento cultural ocorrido no século XII, a Europa medieval viu uma mudança radical causada pelo surgimento de novas invenções e inovações nas maneiras de gerenciar os meios tradicionais de produção e crescimento econômico. Nesse período ocorreram grandes avanços tecnológicos, incluindo o uso da pólvora, a invenção de moinhos de vento verticais, óculos, relógios mecânicos e tecnologias agrícolas, melhoria dos moinhos de água e avanço nas técnicas de construção. A energia da água também foi amplamente utilizada na mineração, para elevar minérios de poços e triturá-los, e na mecânica de foles, para o trabalho com esses minérios (HOYT, 1988, pp. 7-8).

Os avanços técnicos ocorridos na Europa ocidental durante os séculos XII a XIV tiveram como base técnicas originárias de antecedentes romanos e bizantinos ou adaptadas de trocas culturais que se deram por redes comerciais com o mundo islâmico, com a China e com a Índia. O aspecto revolucionário dessas inovações não costumava residir no próprio ato da invenção, mas em seu refinamento tecnológico e na aplicação para o aumento de poder político e econômico. Embora a pólvora e outras armas de fogo tenham sido criadas pelos chineses, foram os europeus que desenvolveram e aperfeiçoaram seu potencial militar, precipitando a expansão europeia e o eventual imperialismo na Era Moderna (HOYT, 1988, pp. 7-8).

Também foram significativos os avanços na tecnologia marítima. Os avanços na construção naval incluíram os navios de vários mastros com velas triangulares, o leme montado no pilar da popa e a construção do primeiro casco com estruturação robusta. Juntamente com novas técnicas de navegação, como a bússola, o balastro e o astrolábio, essas inovações tecnológicas permitiram às nações ocidentais o controle econômico e militar dos mares adjacentes à Europa e que elas se aventurassem em expedições ao redor do globo durante a Era dos Descobrimientos, entre os séculos XIV a XVI (WIGELSWORTH, 2006, p. 8).

No campo, antigas ferramentas foram aprimoradas e novas técnicas de plantação começaram a ser implementadas. Dentre essas inovações, destaca-se a invenção da carruca, um tipo de arado de rodas pesado, comumente encontrado no norte da Europa, que tornou o plantio de sementes mais eficaz e uniforme. Uma desvantagem desse tipo de arado era sua capacidade de manobra. Como esse equipamento era grande e conduzido por um pequeno rebanho de bois, girá-lo era difícil e demorado. Isso fez com que muitos agricultores se afastassem dos campos quadrados tradicionais e adotassem um campo mais longo e retangular para garantir a máxima eficiência (WIGELSWORTH, 2006, pp. 9-10).

Os arados também foram adaptados para serem puxados por pares de bois, o que permitia que fossem utilizados em qualquer tipo de terreno, e o desenvolvimento de coleiras maleáveis e de melhores ferraduras permitiram maior utilização de cavalos e jumentos nas atividades agrícolas.

No século VIII, desenvolveu-se, ainda, o sistema de rotação de culturas, a princípio em um sistema de dois campos e posteriormente usando-se uma divisão em três campos. A rotação de culturas de dois campos consistia em plantar metade do campo com uma colheita, enquanto a outra metade do campo repousaria, sendo usada para alimentar o gado e recuperar os nutrientes perdidos. (WIGELSWORTH, 2006, p. 6). Todos os anos alternava-se a utilização dos dois campos para garantir que eles não se ficassem deficientes em nutrientes. No século XI, esse sistema foi introduzido na Suécia e se espalhou, tornando-se a forma mais popular de agricultura. O sistema de rotação de culturas ainda é usado hoje por muitos agricultores, que em um ano cultivam milho em um campo e depois cultivam feijão ou outras leguminosas no próximo ano. Com esse sistema, os agricultores permitiam que os nutrientes do solo sejam consumidos e depois reabastecidos (WIGELSWORTH, 2006, p. 7).

Enquanto o sistema de dois campos era usado pelos agricultores medievais, havia um sistema diferente que estava sendo desenvolvido ao mesmo tempo. Em torno de cada vila na Europa medieval havia três campos que podiam ser usados para cultivar alimentos. Em uma parte era cultivada uma safra de primavera, como cevada ou aveia, outra parte possui uma safra de inverno, como trigo ou centeio, e a terceira parte era um campo fora do campo que era deixado sem cultivo e usado para ajudar a alimentar o gado. Ao rotacionar as culturas para outra parte da terra após cada ano, o campo recuperava alguns dos nutrientes perdidos durante seu crescimento. Este sistema aumentava a produtividade agrícola em relação ao sistema

de dois campos, tendo apenas um terço do campo não sendo usado em vez de metade. Outra vantagem da rotação de culturas foi que muitos estudiosos acreditam que isso ajudou a aumentar a produtividade em até 50% (WIGELSWORTH, 2006, pp. 7-10).

Destacam-se, também, as técnicas desenvolvidas no campo da arquitetura e da engenharia, empregadas na construção de castelos e sobretudo nas catedrais medievais. Entre os séculos VI e XIV, aprimorou-se o uso de abóbadas e de arcos nas construções, foram construídas pontes mais resistentes e duráveis e foram inventados novos tipos de guindastes. Surgiram, ainda, o poço artesanal, sistemas de aquecimento de ambientes internos e chaminés com lareiras (LIENHARD, 2001, pp. 354-356)

Na virada para o Renascimento, do século XIV para o XVI, a invenção de Gutenberg da impressão mecânica possibilitou a disseminação de conhecimento para um público mais amplo, que não apenas levaria a uma sociedade gradualmente mais igualitária, mas mais capaz de dominar outras culturas. Ela também gerou uma vasta reserva de conhecimento e experiência. Os desenhos técnicos dos artistas engenheiros medievais tardios Guido da Vigevano e Villard de Honnecourt podem ser vistos como precursores dos artistas engenheiros renascentistas posteriores, como Taccola ou da Vinci (WIGELSWORTH, 2006, p. 12).

1.1.3 Renascença

O período renascentista na Europa, que se estendeu do final do século XIV ao século XVI e em que houve o reavivamento da cultura e dos valores da Antiguidade Clássica, foi marcado por profundos avanços técnicos, como a invenção da imprensa do tipo móvel, o que permitiu que um grande número de livros e publicações passasse a circular na sociedade (MAN, 2002, p. 20), o desenvolvimento da perspectiva linear no desenho, as primeiras leis de patentes para proteger a propriedade intelectual das pujantes invenções da época e, no campo da arquitetura, o surgimento das cúpulas duplas e as fortalezas militares com bastiões. Os cadernos de rascunhos de artesãos da época (Taccola e Leonardo da Vinci, por exemplo) fornecem uma visão profunda da tecnologia mecânica então conhecida e aplicada (BORUCHOFF, 2012, pp. 133-136).

Arquitetos e engenheiros foram inspirados pelas estruturas da Roma

Antiga, e homens como Brunelleschi criaram a grande cúpula da Catedral de Florença como fruto dessa inspiração. Brunelleschi obteve uma das primeiras patentes emitidas para proteger um engenhoso guindaste que ele projetou para elevar as grandes pedras de alvenaria para o topo da estrutura da catedral. A tecnologia militar se desenvolveu rapidamente com o uso generalizado da artilharia, cada vez mais potente e precisa, uma vez que as Cidades-estados da Itália, durante os séculos XIV e XV, estavam em constante guerra entre si. Famílias italianas poderosas, como os Médici, assim como o Papado à época, eram fortes patronos das artes e das ciências (BORUCHOFF, 2012, pp. 133-136).

As inovações da era renascentista propiciaram a Revolução Científica ocorrida entre os séculos XVI e XVIII, em que a ciência e a tecnologia iniciaram um ciclo de avanço mútuo. As tecnologias que se desenvolveram na Europa durante a segunda metade do século XV foram comumente associadas pelas autoridades da época a um tema-chave do pensamento renascentista: a rivalidade entre os modernos e os antigos. Três invenções em particular – a imprensa, as armas de fogo e a bússola náutica – foram de fato vistas como prova de que os modernos não apenas podiam competir com os antigos, como também os haviam superado, pois essas três invenções permitiam que as pessoas modernas se comunicassem, exercessem poder e viajassem a distâncias inimagináveis em épocas anteriores (MAN, 2002, pp. 21-24).

Também foram notáveis os avanços nas artes mecânicas e metalúrgicas durante o Renascimento. A obra de referência foi o tratado de engenharia de mineração *De re metallica* (1556), que também contém seções sobre geologia, mineração e química. *De re metallica* foi a referência no campo da química para os próximos 180 anos. Entre os dispositivos mecânicos movidos a água utilizados à época estavam moinhos de extração de minérios, martelos de forja, foles de propulsão e bombas de sucção. Devido à fundição de canhões, o alto-forno foi amplamente utilizado na França em meados do século XV, embora já fosse usado na China desde o século IV a.C. (BORUCHOFF, 2012, pp. 133-136).

1.1.4 As Revoluções Industriais

À Era dos Descobrimentos e ao Renascimento seguiu-se um período colonialista, que teve início no século XVI. Após a descoberta pelos navegadores portugueses de uma rota marítima comercial para a Índia que contornava o sul da

África, os holandeses estabeleceram a *Verenigde Oostindische Compagnie*, ou Companhia Holandesa das Índias Orientais, e os britânicos fundaram a Companhia das Índias Orientais em conjunto com empresas menores de diferentes nacionalidades e postos comerciais e agentes estabelecidos em diversos pontos para o comércio na região do Oceano Índico e entre a Índia e a Europa Ocidental (BECKERT, 2014, pp. 75-90).

Um dos maiores segmentos desse comércio eram os tecidos de algodão, comprados na Índia e vendidos no sudeste da Ásia, a Indonésia, onde especiarias eram compradas para venda no sudeste da Ásia e na Europa. Em meados da década de 1760, os produtos têxteis representavam mais de três quartos das exportações da Companhia das Índias Orientais. Havia grande demanda de tecidos indianos na Europa, onde anteriormente havia apenas lã e linho; no entanto, a quantidade de algodão consumida na Europa Ocidental foi baixa até o início do século XIX (BECKERT, 2014, pp. 75-90).

As primeiras tentativas europeias de fiação e tecelagem de algodão ocorreram na Itália do século XII e no sul da Alemanha do século XV, mas essas indústrias acabaram quando o fornecimento de algodão foi interrompido, com a conquista de Constantinopla pelos otomanos em 1453. Por volta de 1600, refugiados provenientes da região de Flandres e dos Países Baixos começaram a tecer algodão em cidades inglesas, onde a fiação e a tecelagem de lã e linho já estavam bem estabelecidas. Suas atividades não sofreram qualquer tipo de repressão por parte das guildas têxteis profissionais da região, pois elas não consideravam a fiação de algodão como uma ameaça (BECKERT, 2014, pp. 75-90).

O tecido britânico não conseguia competir com o tecido indiano porque o custo da mão-de-obra na Índia era aproximadamente de um quinto a um sexto do custo da mão-de-obra britânica. Todavia, em 1700 e 1721, o governo britânico aprovou os *Calico Acts*, leis para proteger as indústrias domésticas de lã e linho das crescentes quantidades de tecido de algodão importado da Índia (INIKORI, 2002, p. 102).

A demanda por tecidos mais pesados foi atendida pela indústria doméstica inglesa em Lancashire, onde se produzia o *fustian*, um tecido com urdidura de linho e trama de algodão. O linho foi usado para a urdidura porque o algodão fiado nas rodas não era tão resistente, mas a mistura resultante era tão macia quanto o algodão puro, embora fosse mais difícil de costurar (INIKORI, 2002, pp. 105-107).

Às vésperas da Revolução Industrial, a fiação e a tecelagem eram realizadas em residências, para consumo doméstico. Ocasionalmente, o trabalho era realizado na oficina de um mestre tecelão. Sob o sistema de encomenda, os trabalhadores domiciliares produziam sob contrato aos vendedores comerciais, que costumavam fornecer as matérias-primas. Nas entressafas, os camponeses deixavam seus arados de lado para se ocupar da tecelagem, ocasião em que as mulheres fiavam e os homens teciam (INIKORI, 2002, pp. 105-107).

Nesse contexto ocorreu a Revolução Industrial, ou Primeira Revolução Industrial, um período de transição para novos processos de fabricação na Europa e posteriormente nos Estados Unidos entre 1760 até 1820, ou 1840, para alguns estudiosos. Essa transição incluiu a passagem de métodos manuais de produção para máquinas, novos processos de fabricação e manipulação da química e da produção de ferro, o crescente uso da energia a vapor e hidráulica, o desenvolvimento de máquinas-ferramentas e a ascensão do sistema de fábrica mecanizado. A Revolução Industrial também levou a um aumento sem precedentes na taxa de crescimento populacional (LANDES, 1969, p. 63).

A indústria têxtil foi a indústria dominante da Revolução Industrial em termos de emprego, valor da produção e capital investido. Ela também foi a primeira a usar métodos modernos de produção (LANDES, 1969, p. 63).

1.1.4.1 Primeira Revolução Industrial

A Primeira Revolução Industrial teve início na Grã-Bretanha, assim como muitas das inovações tecnológicas do período (HORN *et al.*, 2010, p. 12). Em meados do século XVIII, a Grã-Bretanha era a principal nação comercial do mundo: controlava um império comercial global com colônias na América do Norte e no Caribe e tinha influência política no subcontinente indiano por meio das atividades da Companhia das Índias Orientais. O desenvolvimento do comércio e a ascensão dos negócios estavam entre as principais causas da Revolução Industrial (HORN *et al.*, 2010, pp. 15-23).

A Revolução Industrial marca um importante ponto de virada na história, pois quase todos os aspectos da vida cotidiana das sociedades foram influenciados de algum modo. Em particular, a renda e a população médias começaram a exibir um crescimento sustentado sem precedentes. Alguns economistas afirmam que o

principal efeito da Revolução Industrial foi que o padrão de vida da população em geral no mundo ocidental começou a aumentar consistentemente pela primeira vez na história, embora outros digam que ela não começou a melhorar significativamente até o final do século XIX e início do XX (LUCAS JR., 2002, pp. 109-110).

Historiadores econômicos concordam que o início da Revolução Industrial é o evento mais importante na história da humanidade desde a domesticação de animais e plantas (KEIBEK, 2016, p. 19).

Embora a mudança estrutural da agricultura para a indústria esteja amplamente associada à Revolução Industrial, no Reino Unido ela já estava quase completa em 1760 (KEIBEK, 2016, p. 21).

O início e o fim precisos da Revolução Industrial ainda são debatidos entre os historiadores, assim como o ritmo das mudanças econômicas e sociais. Eric Hobsbawm (1988, p. 27) sustenta que a Revolução Industrial começou na Grã-Bretanha na década de 1780 e seus efeitos não foram totalmente sentidos até as décadas de 1830 ou 1840, enquanto T.S. Ashton afirma que isso ocorreu aproximadamente entre 1760 e 1830 (INIKORI, 2002, p. 102). Como mencionado, o processo de industrialização teve início na Grã-Bretanha com a fiação mecanizada na década de 1780 e teve altas taxas de crescimento graças ao uso de máquinas a vapor e ao aumento da produção de ferro que ocorreu depois de 1800 (INIKORI, 2002, p. 102).

A produção têxtil mecanizada se espalhou da Grã-Bretanha para a Europa continental e para os Estados Unidos no início do século XIX, com importantes centros têxteis, de ferro e de carvão emergindo na Bélgica, nos Estados Unidos e posteriormente na França (LANDES, 1969, p. 218).

Uma recessão econômica ocorreu entre o final da década de 1830 e o início da década de 1840, quando a adoção das inovações originais da Revolução Industrial, como fiação e tecelagem mecanizadas, desacelerou e seus mercados amadureceram. As inovações desenvolvidas no final do período, como a crescente adoção de locomotivas, barcos e navios a vapor, fundição com ferro quente e novas tecnologias, como o telégrafo elétrico, amplamente introduzido nas décadas de 1840 e 1850, não eram sustentáveis o suficiente para continuar a gerar altas taxas de crescimento (HUDSON, 1992, p. 11).

Na década de 1830, muitos ganhos em produção foram alcançados com o emprego das novas tecnologias. Na indústria têxtil, a fiação mecanizada de algodão

movida a vapor ou por energia hidráulica aumentou a capacidade de produção de um trabalhador em cerca de 500 vezes, comparada à produção manual. O tear mecânico aumentou a produção de um trabalhador em mais de 40 vezes. O descaroçador de algodão aumentou a produtividade da remoção de sementes do algodão em 50 vezes (LANDES, 1969, pp. 220-225).

À medida que a Revolução Industrial avançava, as máquinas com peças e armações de metal se tornaram mais comuns. Outros usos importantes de peças metálicas foram em armas de fogo e fixadores roscados, como parafusos e porcas. Havia também a necessidade de precisão na fabricação de peças, pois ela permitiria melhores máquinas de trabalho, intercambialidade de peças e padronização de fixadores roscados (ROSEN, 2012, p. 149).

A demanda por peças de metal levou ao desenvolvimento de várias máquinas-ferramentas. Elas têm origem nas ferramentas desenvolvidas no século XVIII pelos fabricantes de relógios e fabricantes de instrumentos científicos, para permitir que eles produzam pequenos mecanismos em lote (ROSEN, 2012, p. 150).

O desenvolvimento de máquinas-ferramentas, como as máquinas de torno, aplainamento, fresagem e de modelagem, permitiu que todas as partes metálicas de motores fossem cortadas com facilidade e precisão e, por sua vez, possibilitou a construção de motores maiores e mais potentes (ROSEN, 2012, pp. 150-152).

A primeira grande máquina-ferramenta de precisão foi a máquina perfuradora de cilindros, inventada por John Wilkinson em 1774 e usada para perfurar cilindros de grande diâmetro nos primeiros motores a vapor. A máquina de mandril de Wilkinson diferia das máquinas anteriores, usadas para o canhão de mandril, já que a ferramenta de corte era montada em uma viga que atravessava o cilindro sendo perfurado e era apoiada do lado de fora, nas duas extremidades da peça (ROSEN, 2012, pp. 150-152).

O desenvolvimento do motor a vapor estacionário foi um elemento importante da Revolução Industrial. No entanto, durante o período inicial da Revolução Industrial, a maior parte da energia industrial foi fornecida pela água e pelo vento. Na Grã-Bretanha os motores a vapor forneciam cerca de 10.000 cavalos de potência em energia em 1800. Em 1815, essa potência passou para 210.000 cavalos (LANDES, 1969, p. 92).

O primeiro uso industrial comercialmente bem-sucedido da energia a

vapor é atribuído a Thomas Savery, em 1698. Ele construiu e patenteou, em Londres, uma bomba de água de pressão a vácuo que gerava cerca de um cavalo-vapor, muito útil em atividades de menor escala, que requeriam pouca energia, mas que tendiam a explodir (LANDES, 1969, p. 92).

O primeiro motor a vapor de pistão bem-sucedido foi introduzido por Thomas Newcomen em 1712. Vários motores Newcomen foram utilizados na Grã-Bretanha para drenar minas profundas, algo até então impraticável com o motor na superfície. Eram máquinas grandes, que exigiam uma quantidade significativa de capital para serem construídas e produziam mais de 5 cavalos-vapor. Também foram usadas para alimentar bombas de abastecimento de água. Eram extremamente ineficientes para os padrões modernos, mas possibilitaram uma grande expansão na mineração de carvão, pois permitiram que as minas se aprofundassem (LANDES, 1969, pp. 92-95).

A produção em larga escala de produtos químicos também foi um desenvolvimento importante durante a Revolução Industrial. A primeira delas foi a produção de ácido sulfúrico pelo processo de câmara de chumbo inventado pelo inglês John Roebuck em 1746 (CLOW, 1952, pp. 65-90).

A produção de sais (*álcalis*) em larga escala se tornou um objetivo importante à época, e Nicolas Leblanc conseguiu, em 1791, introduzir um método para a produção de carbonato de sódio. O processo Leblanc consistia em uma reação do ácido sulfúrico com cloreto de sódio para produzir sulfato de sódio e ácido clorídrico. O sulfato de sódio era aquecido com calcário e carvão para resultar em uma mistura de carbonato de sódio e sulfeto de cálcio. A adição de água separou o carbonato de sódio solúvel do sulfeto de cálcio. Embora tal procedimento fosse altamente poluente, o carbonato de sódio sintético se mostrou econômico em comparação com a queima de plantas específicas ou algas, que costumavam ser as fontes primárias de carbonato de sódio e de carbonato de potássio, produzido a partir de cinzas de madeira (CLOW, 1952, pp. 65-90).

Esses dois produtos químicos foram muito importantes porque possibilitaram a introdução de uma série de outras invenções, substituindo muitas operações de pequena escala por processos mais econômicos e controláveis. O carbonato de sódio teve muitos usos nas indústrias de vidro, têxtil, sabão e papel. Os usos iniciais do ácido sulfúrico incluíam decapagem (remoção de ferrugem) de ferro e aço e branqueamento de tecidos. Depois de 1860, o foco na inovação química estava na produção de corantes, e a Alemanha assumiu a liderança mundial, construindo

uma forte indústria química (HIRTH, 2007, p. 20).

Nesse meio tempo, os Estados Unidos da América, que eram uma nação principalmente agrícola e produtora e processadora de recursos naturais, passou também a se industrializar. A construção de estradas e canais, a introdução de barcos a vapor e a construção de ferrovias foram importantes para o manuseio de produtos agrícolas e de recursos naturais no grande território escassamente povoado do país naquele período (CHANDLER JR., 1993, pp. 25-30).

Contribuições tecnológicas americanas importantes durante o período da Revolução Industrial foram o descaroçador de algodão e o desenvolvimento de um sistema de fabricação de peças intercambiáveis, este último auxiliado pelo desenvolvimento da fresadora nos Estados Unidos. O desenvolvimento de máquinas-ferramentas e o sistema de peças intercambiáveis foram a base para a ascensão dos Estados Unidos como o país industrial líder mundial no fim do século XIX (CHANDLER JR., 1993, pp. 25-30).

Os efeitos sobre as condições de vida da revolução industrial são muito controversos e foram calorosamente debatidos por historiadores econômicos e sociais das décadas de 1950 a 1980 (HUDSON, 1992, pp. 103-115).

A invenção da máquina de papel e a aplicação da energia a vapor nos processos industriais de impressão viabilizaram uma expansão maciça da publicação de jornais e livros populares, o que contribuiu para o aumento da alfabetização e da demanda por participação política em massa. Além disso, a Revolução Industrial foi o primeiro período da história humana durante o qual houve aumento simultâneo da população e da renda *per capita* (HUDSON, 1992, pp. 103-115).

O crescimento da indústria moderna desde o final do século XVIII levou à urbanização maciça e ao surgimento de novas grandes cidades, primeiro na Europa e depois em outras regiões, já que as novas oportunidades trouxeram muitos migrantes de comunidades rurais para áreas urbanas. Em 1800, apenas 3% da população mundial vivia nas cidades, em comparação com os quase 50% dos dias atuais (HUDSON, 1992, pp. 103-115).

1.1.4.2 Segunda Revolução Industrial

A Segunda Revolução Industrial foi uma fase de rápida industrialização e crescimento econômico ocorrida do final do século XIX (após o ano de 1870) ao

início do século XX. As importantes inovações desse período incluíram novos processos de fabricação de aço, produção em massa, linhas de montagem, sistemas de rede elétrica, a fabricação em larga escala de máquinas-ferramenta e o uso de motores e máquinas cada vez mais avançadas (HULL, 1999, pp. 81-90).

Os avanços na tecnologia de fabricação e produção permitiram a ampla adoção de sistemas tecnológicos, como redes de telégrafos e ferrovias, suprimento de gás e água e sistemas de esgoto, que antes estavam concentrados em algumas poucas cidades. A enorme expansão das linhas ferroviárias e telegráficas após 1870 permitiu um movimento sem precedentes de pessoas e ideias, o que culminou em uma primeira grande onda de globalização. No mesmo período, novos sistemas tecnológicos foram introduzidos, principalmente energia elétrica e telefone. Eles continuaram no século XX com a eletrificação das fábricas e indústrias, assim como das linhas de produção, encerrando-se abruptamente com o início da Primeira Guerra Mundial, em 1914 (HULL, 1999, pp. 81-90).

A Segunda Revolução Industrial também incluiu avanços no setor químico, principalmente no refino e distribuição de petróleo e, no século XX, o surgimento da indústria automotiva. O período foi marcado por uma transição da liderança tecnológica da Grã-Bretanha para os Estados Unidos e Alemanha (HULL, 1999, pp. 81-90).

A crescente disponibilidade de produtos petrolíferos econômicos também reduziu a importância do carvão e ampliou ainda mais o potencial de industrialização. Ainda, uma nova revolução começou com a eletricidade e a eletrificação de fábricas e indústrias. A introdução da geração de energia hidrelétrica nos Alpes permitiu a rápida industrialização do norte da Itália, que era privado de carvão, a partir da década de 1890 (HULL, 1999, pp. 81-90).

Na década de 1890, a industrialização nessas áreas criou as primeiras grandes corporações industriais, com interesses globais crescentes, à medida que empresas como *US Steel*, *General Electric*, *Standard Oil* e *Bayer AG* se uniam às empresas ferroviárias e marítimas nos mercados de ações do mundo (HULL, 1999, pp. 81-90).

O inventor alemão Karl Benz patenteou o primeiro automóvel do mundo em 1886. Ele apresentava rodas de arame (ao contrário das de madeira das carroças) com um motor de quatro tempos de design seu entre as rodas traseiras, com ignição por bobina muito avançada para a época e resfriamento evaporativo em vez de

radiador. A energia era transmitida por duas correntes acopladas ao eixo traseiro. Foi o primeiro automóvel inteiramente projetado para gerar sua própria potência, não dependendo de fontes externas de tração, como as carroças e carruagens (GEROGANO, 1985, pp. 37-58).

Henry Ford construiu seu primeiro carro em 1896 e trabalhou como pioneiro na indústria com outros que acabariam por formar suas próprias empresas até a fundação da Ford Motor Company em 1903. Ford e outros membros da empresa lutaram para encontrar formas de aumentar a produção de um carro projetado e fabricado em uma escala que fosse acessível ao trabalhador americano médio (GEROGANO, 1985, pp. 37-58).

A solução que a Ford Motor desenvolveu foi uma fábrica completamente redesenhada com máquinas-ferramentas e máquinas para fins especiais que foram sistematicamente posicionadas na sequência de trabalho. Todos os movimentos humanos desnecessários foram eliminados, colocando todo o trabalho e ferramentas a fácil alcance ou em transportadores. Formava-se a primeira linha de montagem e, com isso, o processo completo de produção em massa (HOUNSHELL, 1984, pp. 62-69).

Foi a primeira vez na história em que um produto grande e complexo, composto por mais de 5.000 peças, era produzido em uma escala de centenas de milhares por ano. As economias dos métodos de produção em massa permitiram que o preço do Modelo T caísse de US\$ 780 em 1910 para US\$ 360 em 1916. Em 1924, foram produzidos dois milhões de T-Fords, vendidos no varejo a US\$ 290 cada (HOUNSHELL, 1984, pp. 62-69).

O primeiro sistema comercial de telégrafos foi instalado por Sir William Fothergill Cooke e Charles Wheatstone em maio de 1837 entre a estação ferroviária de Euston e Camden Town, em Londres. A rápida expansão das redes telegráficas ocorreu ao longo do século; o primeiro cabo submarino foi construído por John Watkins Brett entre a França e a Inglaterra. A Atlantic Telegraph Company foi formada em Londres em 1856 para empreender a construção de um cabo comercial de telégrafo através do Oceano Atlântico. Isto foi completado com sucesso em 18 de julho de 1866 pelo navio SS Great Eastern, comandado por Sir James Anderson após muitos percalços ao longo do caminho. Entre os anos 1850 e 1911, os sistemas de cabos submarinos britânicos dominaram o sistema telegráfico mundial (JOHN, 2010, pp. 37-45).

O telefone, por sua vez, foi patenteado em 1876 por Alexander Graham Bell e, como no início do telégrafo, era usado principalmente para agilizar transações comerciais. Ainda no campo da comunicação, foi o inventor italiano Guglielmo Marconi que comercializou com sucesso o rádio na virada do século. Ele fundou a The Wireless Telegraph & Signal Company na Grã-Bretanha em 1897 e no mesmo ano transmitiu o código Morse pela planície de Salisbury, enviou a primeira comunicação sem fio em mar aberto. Fez a primeira transmissão transatlântica em 1901 de Poldhu, no Reino Unido, para Signal Hill, no Canadá. Marconi construiu estações de alta potência em ambos os lados do Atlântico e iniciou um serviço comercial para transmitir resumos de notícias noturnas a navios assinantes em 1904 (JOHN, 2010, pp. 56-73).

O desenvolvimento do tubo de vácuo por Sir John Ambrose Fleming em 1904 sustentou o desenvolvimento da eletrônica moderna e da radiodifusão. A subsequente invenção do tríodo por Lee De Forest permitiu à amplificação de sinais eletrônicos, abrindo caminho para a transmissão de rádio na década de 1920 (SMIL, 2005, p. 42).

Além disso, um dos avanços científicos mais importantes em toda a história foi a unificação das teorias científicas envolvendo a luz, a eletricidade e o magnetismo com a teoria eletromagnética de Maxwell. Era preciso um conhecimento científico aprimorado da eletricidade para o desenvolvimento de geradores, motores e transformadores elétricos eficientes. David Edward Hughes e Heinrich Hertz demonstraram e confirmaram o fenômeno de ondas eletromagnéticas que havia sido previsto por Maxwell (SMIL, 2005, p. 44).

O período de 1870 a 1890 testemunhou um dos maiores crescimentos econômicos até então registrados na história humana. Os padrões de vida melhoraram significativamente nos países recém-industrializados, pois os preços dos produtos caíram drasticamente devido ao aumento da produtividade. Isso causou desemprego e grandes transtornos no comércio e na indústria, visto que muitos trabalhadores foram trocados por máquinas e que muitas indústrias e máquinas se tornaram obsoletas em um curto espaço de tempo (HULL, 1999, pp. 142-168).

Por outro lado, safras e colheitas ruins, não resultaram mais em fome em áreas conectadas a grandes mercados pela infraestrutura de transporte das malhas ferroviárias e estradas (HULL, 1999, pp. 142-168).

Grandes melhorias na saúde pública e no saneamento também foram ocasionadas pelos avanços da ciência e da engenharia, como a construção do

sistema de esgoto de Londres na década de 1860 e a aprovação de leis que regulavam o abastecimento de água filtrada, o que reduziu em muito as taxas de infecção e mortalidade por diversas doenças (HULL, 1999, pp. 142-168).

Em 1870, o trabalho realizado pelos motores a vapor excedeu o que era feito pela força animal e humana. Cavalos e mulas continuaram sendo importantes na agricultura até o desenvolvimento do trator de combustão interna, próximo ao final da Segunda Revolução Industrial (HULL, 1999, pp. 142-168).

As melhorias na eficiência do vapor, como os motores a vapor de expansão tripla, permitiram aos navios transportar muito mais carga do que carvão, resultando em volumes muito maiores de comércio internacional (HULL, 1999, pp. 142-168).

Em 1890 já havia uma rede internacional de telégrafos que permitia que os comerciantes fizessem pedidos na Inglaterra ou nos Estados Unidos para fornecedores na Índia e na China a fim de que mercadorias fossem transportadas em novos e eficientes navios a vapor (HULL, 1999, pp. 142-168).

Tal como a Primeira Revolução Industrial, a Segunda impulsionou o crescimento populacional e viu a maioria dos governos passar a proteger suas economias nacionais com tarifas, dando origem ao conceito econômico do *protecionismo*. Contudo, a Grã-Bretanha manteve sua crença no livre comércio durante esse período e prosperou. O amplo impacto social de ambas as revoluções também incluiu uma transformação da classe trabalhadora, que teve de se adaptar às novas tecnologias. As mudanças resultaram na criação de uma classe média maior e cada vez mais profissionalizada, no declínio do trabalho infantil e no crescimento dramático de uma cultura material baseada no consumo de bens (HULL, 1999, pp. 170-172).

Em 1900, os líderes em produção industrial eram a Grã-Bretanha, com 24% do total mundial, seguida pelos EUA (19%), Alemanha (13%), Rússia (9%) e França (7%). A Europa como um todo representava à época 62% de toda a produção industrial mundial (KENNEDY, 1987, p. 149).

As grandes invenções e inovações da Segunda Revolução Industrial ainda fazem parte de nossa vida moderna. Elas continuaram sendo condutoras da economia durante e após a Segunda Guerra Mundial. Dentre as principais inovações ocorridas no pós-guerra, destacam-se os computadores, os semicondutores, as redes de fibra ótica e a Internet, os telefones celulares, as turbinas de combustão e os

motores a jato.

1.2 SURGIMENTO DE TECNOLOGIAS MODERNAS

Durante o século XX, a técnica de produção em massa resultante das revoluções industriais proporcionou o surgimento de automóveis e outros produtos de alta tecnologia para as grandes massas de consumidores. A pesquisa e o desenvolvimento militares aceleraram os avanços tecnológicos ainda mais, destacando-se a invenção da computação eletrônica e dos motores a jato (OLBY *et al.*, 1996, pp. 23-27). O rádio e a telefonia, que haviam surgido entre o fim do século XIX e início do século XX, foram aprimorados, e seu uso se espalhou na população, embora o acesso quase universal a eles não foi possível até que os telefones celulares se tornassem acessíveis aos residentes dos países em desenvolvimento, no fim dos anos 2000 e início da década de 2010 (BOJANOVA, 2014, pp. 8-12).

A eletrificação também se espalhou rapidamente no século XX. No início do século, a energia elétrica estava em grande parte disponível apenas para classes altas, em algumas cidades importantes, como Nova York, Londres e Paris. Porém, em 1990, estimava-se que 62% dos lares em todo o mundo já tinham acesso à energia elétrica (NYE, 1990, p. 35).

As melhorias no campo de novas fontes de energia e no aprimoramento da tecnologia de motores levaram ao domínio da energia nuclear, desenvolvida após o projeto Manhattan na década de 40, que anunciava o começo da era atômica. O desenvolvimento de foguetes levou a mísseis balísticos de longo alcance e à corrida espacial, que levou o homem à Lua (MCNEIL, 1990, pp. 53-57).

A tecnologia nuclear, que envolve as reações nucleares dos núcleos atômicos, passou a ser utilizada na construção de reatores nucleares para a geração de energia, na medicina, com as invenções das máquinas de raios X, ultrassons e radioterapia e no desenvolvimento das temidas armas nucleares (MCNEIL, 1990, pp. 53-57).

Na década de 1950, a corrida espacial começou com o desenvolvimento de várias tecnologias que convergiram no lançamento do Sputnik 1 em 4 de outubro de 1957 pela União Soviética. Este foi o primeiro satélite artificial do mundo; orbitou a Terra a cada 98,1 minutos e pesava 83 kg. O lançamento do Sputnik 1 deu início a uma nova era de conquistas políticas, científicas e tecnológicas que ficou conhecida

como Era Espacial (SCHEFTER, 1999, pp. 3-49).

Enormes avanços foram feitos na construção de foguetes, na ciência de materiais de alta resistência, na computação e outras áreas. Grande parte da tecnologia originalmente desenvolvida para aplicações espaciais foi desmembrada e encontrou usos cotidianos, como no caso dos aparelhos de micro-ondas e dos alimentos desidratados (SCHEFTER, 1999, pp. 3-49).

A Era Espacial atingiu seu auge com o programa Apollo, que capturou a imaginação de grande parte da população mundial. A alunissagem da Apollo 11 foi assistida por mais de 500 milhões de pessoas em todo o mundo e é amplamente reconhecida como um dos momentos mais marcantes do século XX (SCHEFTER, 1999, pp. 3-49).

Nos Estados Unidos, o desastre com o ônibus espacial Challenger em 1986 marcou um declínio significativo nos lançamentos tripulados de ônibus espaciais. Durante os anos 90, o financiamento para programas relacionados ao espaço caiu acentuadamente à medida que as estruturas remanescentes da então União Soviética se desintegraram, e a NASA passou a não ter nenhuma competição direta; consolidou-se na coordenação da construção da Estação Espacial Internacional entre os anos 1990 e 2010 (SCHEFTER, 1999, pp. 3-49)

A televisão surgiu de forma experimental no fim da década de 1920, mas ainda levaria muitos anos até que esta nova tecnologia passasse a ser comercializada. Após a Segunda Guerra Mundial, uma forma aprimorada de transmissão do sinal de TV em preto e branco tornou-se popular nos Estados Unidos e na Grã-Bretanha, e os aparelhos de televisão tornaram-se comuns em residências, empresas e instituições. Durante a década de 1950, a televisão tornou-se o principal meio para influenciar a opinião pública (ABRAMSON, 2003, pp. 26-37).

Em meados da década de 1960, a transmissão em cores foi introduzida nos Estados Unidos e na maioria dos países desenvolvidos. A disponibilidade de vários tipos de mídia de armazenamento de arquivos, como fitas Betamax e VHS, unidades de disco rígido de alta capacidade, DVDs, unidades flash e discos Blu-ray de alta definição, permitiu que os espectadores assistissem em casa a materiais pré-gravados, como filmes, no momento em que desejassem (ABRAMSON, 2003, pp. 26-37).

No fim da primeira década dos anos 2000, as transmissões de televisão digital aumentaram sobremaneira. Além disso, ocorreu a mudança da definição

padrão (SDTV) para a televisão de alta definição (HDTV), que passou a fornecer uma resolução de imagem substancialmente mais alta (ABRAMSON, 2003, pp. 26-37).

É a época da Revolução Digital, a mudança da tecnologia eletrônica mecânica e analógica para a eletrônica digital, que começou entre o final da década de 1950 e o fim da década de 1970, com a adoção e proliferação de computadores digitais e registros digitais, e continua até os dias atuais. Implicitamente, este termo também se refere às grandes mudanças provocadas pela computação digital e pela tecnologia de comunicação durante e depois da segunda metade do século XX. Análoga à Revolução Agrícola e à Revolução Industrial, a Revolução Digital marcou o início da Era da Informação (BOJANOVA, 2014, pp. 8-12).

O ponto central desta revolução é a produção em massa e o amplo uso da eletrônica digital, dos transistores eletrônicos e chips de circuito integrado e suas tecnologias derivadas, incluindo computadores, microprocessadores, telefones celulares digitais e a Internet. Estas inovações tecnológicas transformaram as técnicas tradicionais de produção e negócios (BOJANOVA, 2014, pp. 8-12).

Em 1947, o primeiro transistor, o transistor de contato pontual baseado em germânio, foi inventado por William Shockley, Walter Houser Brattain e John Bardeen no Bell Labs. Isso abriu caminho para o desenvolvimento de computadores digitais mais avançados. Desde o final da década de 1940, universidades, forças armadas e empresas desenvolveram sistemas de computação para replicar e automatizar digitalmente cálculos matemáticos executados manualmente, sendo o LEO o primeiro computador de uso geral disponível comercialmente (HEYWANG; ZAININGER, 2013, pp. 23-26).

No fim da década de 1950, o engenheiro da Bell Labs, Mohamed Atalla, demonstrou a eficácia do silício como material semicondutor em seu processo de passivação da superfície por oxidação térmica. Isso levou a vários marcos importantes na tecnologia de semicondutores de silício durante 1959: o processo planar de Jean Hoerni e o chip de circuito integrado monolítico (IC) de Robert Noyce na Fairchild Semiconductor, e o transistor de efeito de campo semicondutor de óxido de metal (MOSFET, ou MOS) de Mohamed Atalla e Dawon Kahng no Bell Labs. Estes avanços tornaram possível a produção em massa de dispositivos com semicondutores de silício (HEYWANG; ZAININGER, 2013, pp. 23-26).

Em 1968, o engenheiro da Fairchild, Federico Faggin, aprimorou a tecnologia MOS com o desenvolvimento do chip MOS com porta de silício, que ele

mais tarde utilizou para desenvolver o Intel 4004, o primeiro microprocessador de chip único. Foi lançado pela Intel em 1971, promovendo as bases para a revolução dos microcomputadores que começou na década de 1970 (HEYWANG; ZAININGER, 2013, pp. 23-26).

O público foi introduzido pela primeira vez aos conceitos que levariam à Internet quando uma mensagem eletrônica foi enviada pela rede ARPANET em 1969. Redes de comutação de pacotes de informação como ARPANET, Mark I, CYCLADES, Merit Network, Tymnet e Telenet foram desenvolvidas no fim dos anos 1960 e início da década de 1970, usando uma variedade de protocolos de transferência de dados. A ARPANET, em particular, levou ao desenvolvimento de protocolos para internetworking, em que várias redes separadas poderiam ser unidas em uma rede de redes, que mais tarde se tornaria a Internet (HITT *et al.*, 2003, pp. 5-8).

1.3 A INTERNET: UM DIVISOR DE ÁGUAS

A história da Internet tem sua origem nos esforços de construção de uma ampla rede de trabalho (*wide area networking – WAN*) iniciada em vários laboratórios de ciência da computação nos Estados Unidos, Reino Unido e França. Desde a década de 1960, o Departamento de Defesa americano oferecia suporte financeiro para o desenvolvimento de projetos deste tipo, destacando-se o ARPANET, dirigido por Robert Taylor e gerenciado por Lawrence Roberts (HAFNER, 1998, pp. 15-29).

As redes de comutação de pacotes de informação, como a rede NPL, a ARPANET, a Merit Network, a CYCLADES e a Telenet, começaram a ser desenvolvidas no fim da década de 1960 e no início da década de 1970 utilizando-se de uma variedade de protocolos de comunicação. Donald Davies demonstrou pela primeira vez a troca de pacotes em 1967 no Laboratório Nacional de Física (NPL), no Reino Unido, que se tornou uma plataforma de testes para pesquisas nesse país por quase duas décadas (HAFNER, 1998, pp. 15-29).

A primeira mensagem eletrônica enviada por meio da ARPANET ocorreu em 1969, do laboratório do professor de ciência da computação Leonard Kleinrock, na Universidade da Califórnia, Los Angeles (UCLA), para o segundo ponto da rede, no Stanford Research Institute (SRI) (HAFNER, 1998, pp. 15-29).

O projeto ARPANET levou ao desenvolvimento de protocolos para *internetworking*, conforme os quais várias redes separadas poderiam ser unidas em

uma rede de redes. O design incluía conceitos do projeto francês CYCLADES, dirigido por Louis Pouzin (HAFNER, 1998, pp. 15-29).

No início dos anos 80, a Fundação Nacional de Ciência dos Estados Unidos financiou a criação de centros nacionais de supercomputação em várias universidades americanas e, em 1986, interconectou o projeto NSFNET, que também criou acesso de rede aos sites de supercomputadores nos Estados Unidos a partir de organizações de pesquisa e educação. Os provedores de serviços comerciais da Internet (ISPs) começaram a surgir no fim dos anos 80 e, com isso, o ARPANET foi desativado em 1990. Conexões privadas limitadas a partes da Internet por entidades oficialmente comerciais surgiram em várias cidades americanas no fim de 1989 e 1990, e a NSFNET foi desativada em 1995, quando foram removidas as últimas restrições ao uso do Internet para transportar tráfego comercial (HAFNER, 1998, pp. 23-35).

Na década de 1980, a pesquisa desenvolvida pela Organização Europeia para Pesquisa Nuclear, o CERN, localizado na Suíça, conduzida pelo cientista britânico Tim Berners-Lee resultou na criação da *World Wide Web*: vinculava documentos de hipertexto a um sistema de informação acessível a partir de qualquer “nó”, ou ponto da rede (HAFNER, 1998, pp. 23-35).

Em 1984, Berners-Lee retoma suas pesquisas no CERN, buscando solucionar problemas relativos de gerenciamento de informações naquele instituto de pesquisa. Debruçou-se sobre o fato de que físicos de todo o mundo precisavam compartilhar dados de pesquisa, mas não possuíam máquinas comuns ou nenhum equipamento compartilhado por meio dos quais poderiam acessar ou disponibilizar tais informações (BERNERS-LEE, 2000, p. 23).

Logo após o retorno de Berners-Lee ao CERN, os protocolos de transferência eletrônica de informação TCP/IP foram instalados em alguns dos computadores da instituição, criando, então, o maior site da Internet na Europa em poucos anos. Como resultado, a infraestrutura do CERN estava pronta para Berners-Lee criar a *Web* (BERNERS-LEE, 2000, pp. 23-37).

Berners-Lee ofereceu uma proposta de pesquisa ao instituto em março de 1989 para o desenvolvimento de um grande banco de dados de hipertexto relacionados a arquivos digitais. Embora a proposta tenha despertado pouco interesse, Berners-Lee foi incentivado por seu chefe, Mike Sendall, a começar a implementar seu sistema em uma estação de trabalho NeXT recém-adquirida. Ele

considerou vários nomes, incluindo *Information Mesh*, *The Information Mine* ou *Mine of Information*, escolhendo, por fim, *World Wide Web* (BERNERS-LEE, 2000, pp. 23-37).

Em dezembro de 1990, Berners-Lee havia construído todas as ferramentas necessárias para uma *Web* funcional: o *HyperText Transfer Protocol* (HTTP) 0.9, a *HyperText Markup Language* (HTML), o primeiro navegador da *Web* (chamado *WorldWideWeb*, que também era um editor da *Web*), o primeiro software de servidor HTTP, o primeiro servidor da *Web* (<http://info.cern.ch>) e as primeiras páginas da *Web*, que descrevem o próprio projeto. O navegador também podia acessar os grupos de notícias da *Usenet* e os arquivos FTP (BERNERS-LEE, 2000, pp. 39-48).

No entanto, ele só podia ser executado nas máquinas NeXT. Nicola Pellow, colega de Berners-Lee, criou, então, um navegador de texto simples, chamado de “navegador de modo de linha”, que podia ser executado em praticamente qualquer computador. Para incentivar seu uso no CERN, Bernd Pollermann colocou a lista telefônica do CERN na *web* para ser consultada pelos demais usuários da rede (BERNERS-LEE, 2000, pp. 39-48).

Em janeiro de 1991, foram ativados os primeiros servidores da *web* fora do próprio CERN. A primeira página da *web* não existe mais; contudo, Paul Jones, pesquisador da UNC-Chapel Hill, na Carolina do Norte, revelou, em maio de 2013, que ele tem uma cópia de uma página enviada a ele em 1991 por Berners-Lee, a mais antiga página da *web* conhecida. Jones armazenou a página de texto sem formatação, com hiperlinks, em um disquete e em seu computador NeXT. Assim, o CERN colocou a página da *web* mais antiga conhecida novamente online em 2014, com links que ajudaram os usuários a começar e a navegar no que era então uma *web* muito pequena e limitada (MURAWSKI, 2013).

Em 6 de agosto de 1991, Berners-Lee publicou um breve resumo do projeto da *World Wide Web* no grupo de notícias *alt.hypertext*, convidando colaboradores a participar do projeto. Porém, em 1992, o Departamento de Computação e Redes do CERN, liderado por David Williams, deixou de apoiar o trabalho de Berners-Lee. Um e-mail de duas páginas enviado por Williams afirmava que o trabalho de Berners-Lee, com o objetivo de criar um meio ágil e fácil para trocar informações, como resultados e comentários de experimentos do CERN para a comunidade científica internacional, não era a atividade principal do CERN e que

consistia em uma má alocação dos recursos de TI do CERN. Após essa decisão, Tim Berners-Lee deixou o CERN, apesar de muitos de seus colegas no centro de TI o defenderem. Ele partiu, então, para o Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), onde continuou a desenvolver o HTTP (BERNERS-LEE, 2000, pp. 45-56).

Em janeiro de 1993, já havia 50 servidores web em todo o mundo. Em abril de 1993, o CERN disponibilizou a *World Wide Web* ao público em geral e, em outubro daquele ano, havia mais de 500 servidores on-line. Em julho de 1993, a The Wharton School publicou uma das primeiras coleções de arquivos PDFs (BERNERS-LEE, 2000, pp. 53-57).

Os sites iniciais misturavam links para o protocolo HTTP da web e o popular protocolo Gopher, que fornecia acesso ao conteúdo por meio de menus de hipertexto apresentados como um sistema de arquivos, não por arquivos HTML. Os usuários iniciais da web navegariam marcando páginas populares nesse sistema de arquivos, como o primeiro site de Berners-Lee, em <http://info.cern.ch/>, ou consultando listas atualizadas de pesquisas científicas, entre outros assuntos (BERNERS-LEE, 2000, pp. 62-65).

A distribuição prática de mídia e o streaming de mídia pela web foram possíveis graças aos avanços na compactação de dados, necessária devido aos requisitos de largura de banda elevados para meios não compactados. Uma importante técnica de compressão é a *transformação discreta de cosseno* (DCT), um algoritmo de compressão originalmente desenvolvido por Nasir Ahmed, T. Natarajan e K.R. Rao na Universidade do Texas, em 1973 (LEE, 2005, p. 25).

No início da web, vários formatos de mídia baseados em DCT foram introduzidos para distribuição de mídia ou streaming na web, incluindo o formato de vídeo MPEG em 1991 e o formato de imagem JPEG em 1992. O alto nível de compactação de imagem propiciado pelo JPEG tornou-o o melhor formato para compensar as lentas velocidades de acesso à Internet, típicas da era das conexões discadas (LEE, 2005, pp. 26-27).

Uma variação do DCT, o *algoritmo de transformação discreta de cosseno modificado* (MDCT), desenvolvido por J.P. Princen, A.W. Johnson e AB Bradley na Universidade de Surrey em 1987, levou ao desenvolvimento do MP3, que foi introduzido em 1994 e se tornou o primeiro formato de áudio popular na web (LEE, 2005, pp. 26-27).

No fim de 1994, o número total de sites ainda era pequeno em

comparação aos números atuais, mas vários sites notáveis já estavam ativos, muitos dos quais foram os precursores ou exemplos inspiradores dos serviços mais populares utilizados na atualidade (RAGGET *et al.*, 1996, p. 21).

Em janeiro de 1994, o *Yahoo!* foi fundado por Jerry Yang e David Filo, então estudantes da Universidade de Stanford. O Yahoo! Directory, lançado em janeiro de 1994, tornou-se o primeiro diretório da web popular, e o Yahoo!Search, disponibilizado em 1995, tornou-se o primeiro mecanismo de pesquisa popular na *World Wide Web*. O comércio na web começou a surgir em 1995, com a fundação do eBay por Pierre Omidyar, e da Amazon, por Jeff Bezos (RAGGET *et al.*, 1996, p. 21).

Inicialmente, apenas um navegador da web estava disponível para o sistema operacional NeXT. Soluções para este entrave foram encontradas em abril de 1992, com o lançamento do Erwise, um aplicativo desenvolvido na Universidade de Tecnologia de Helsinque, e em maio de 1992, com o ViolaWWW, criado por Pei-Yuan Wei, navegador que incluía recursos avançados como gráficos, scripts e animação incorporados. Ambos os programas foram executados no Windows System for Unix (BERNERS-LEE, 2000, pp. 62-65).

O primeiro navegador da Microsoft para o Sistema Windows foi o Cello, em junho de 1993, desenvolvido por Thomas R. Bruce para o Legal Information Institute, da Cornell Law School, para fornecer informações jurídicas, uma vez que o acesso ao Windows era mais difundido entre os advogados do que o acesso ao Unix (BERNERS-LEE, 2000, pp. 64-69).

Todavia, a web foi popularizada de fato pelo Mosaic, um navegador gráfico lançado em 1993 pela equipe de Marc Andreessen, no Centro Nacional de Aplicações de Supercomputação (NCSA) da Universidade de Illinois. Andreessen lançou uma versão Unix do navegador em fevereiro de 1993, e as versões para Mac e Windows em agosto de 1993. O navegador ganhou popularidade devido ao seu forte suporte à multimídia integrada e à rápida resposta dos autores a relatórios de erros dos usuários e a recomendações de novos recursos (RAGGET *et al.*, 1996, pp. 35-38).

Após deixarem a faculdade, Andreessen e o pesquisador James H. Clark formaram a Mosaic Communications Corporation em abril de 1994 para desenvolver comercialmente o navegador Mosaic Netscape. Mais tarde, a empresa mudou seu nome para Netscape, e o navegador passou a ser chamado de Netscape Navigator (RAGGET *et al.*, 1996, pp. 35-38).

Em setembro de 1994, Berners-Lee fundou o World Wide Web Consortium (W3C) no Instituto de Tecnologia de Massachusetts, com o apoio da Agência de Projetos de Pesquisa Avançada de Defesa (DARPA) e da Comissão Europeia. Esta instituição reunia várias empresas que estavam dispostas a criar padrões e recomendações para melhorar a qualidade da web. Berners-Lee disponibilizou a web gratuitamente, sem patentes e sem royalties, e o W3C decidiu que seus padrões deveriam ser baseados em tecnologia sem royalties para que pudessem ser facilmente adotados e desenvolvidos por qualquer pessoa (BERNERS-LEE, 2000, pp. 70-86).

Em 1996, tornou-se óbvio para a maioria das empresas de capital aberto na Europa e na América que a presença pública na web não era mais opcional. Embora inicialmente as pessoas tenham se atentado às possibilidades de publicação gratuita de informações instantâneas para todo o mundo, o aumento da familiaridade com a comunicação bidirecional pela web levou à possibilidade de comércio direto via web – o comércio eletrônico – e à criação de grupos de comunicações instantâneas para qualquer ponto do mundo (LI, 1998, pp.24-29).

Em 1996, Robin Li desenvolveu o RankDex, o primeiro mecanismo de pesquisa na web com um algoritmo de pontuação de sites para classificação dos resultados apresentados. Foi o primeiro mecanismo de pesquisa que usou hiperlinks para medir a qualidade dos sites indexados à web, anterior ao algoritmo similar PageRank, posteriormente adotado pelo Google. Li depois usou a tecnologia Rankdex para criar o mecanismo de busca Baidu, lançado no ano 2000 (LI, 1998, pp. 24-29).

O mecanismo de pesquisa Google, notável por seu algoritmo PageRank, foi desenvolvida por Larry Page, Sergey Brin e Scott Hassan, entre 1996 e 1997, fundando, no ano de 1998, aquela que viria a se tornar uma gigante multinacional da Internet, a Google LLC (LI, 1998, pp. 24-29).

Adentrando a primeira década dos anos 2000, a web passou a ser cada vez mais utilizada para o entretenimento e a comunicação entre pessoas. Surgiram os primeiros sites de redes sociais, como Orkut, MySpace e Facebook, que ganharam aceitação rapidamente entre as pessoas e se tornaram uma parte central da cultura jovem no século XXI (RICHARDSON, 2010, pp. 48-52).

À medida que a web se tornou mais fácil de ser acessada, ela alcançou público mais amplo, o que deu início a um período de rápida popularização. Muitos sites novos, como o Wikipedia e seus projetos irmãos da Wikimedia Foundation, foram

baseados no conceito de conteúdo editado pelo próprio usuário do serviço (RICHARDSON, 2010, p. 58).

Em 2005, três ex-funcionários do PayPal – Steve Chen, Chad Hurley e Jawed Karim –, criaram um site de visualização de vídeos chamado YouTube, que rapidamente se popularizou e introduziu um novo conceito de conteúdo criado e enviado por usuários. Além disso, a popularidade do YouTube, Facebook, Twitter e outras redes sociais, combinada com a crescente disponibilidade e acessibilidade às conexões de alta velocidade, tornou a publicação de conteúdo de vídeo e mídia em alta qualidade disponíveis em praticamente todos os sites (RICHARDSON, 2010, pp. 120-134).

Esta combinação de mais conteúdo criado ou editado pelo usuário e meios fáceis de compartilhá-lo, como widgets de RSS e incorporação de vídeo, levou ao atual estágio da web, a Web 2.0, um panorama em que o papel do usuário, desenvolvedor e editor de conteúdo se misturam e se confundem, viabilizando o fenômeno de maior transmissão de conteúdo, informação e conhecimento já testemunhado na história humana (RICHARDSON, 2010, p. 171).

Com a expansão da Internet e sua presença cada vez maior em todos os aspectos do cotidiano, surgiu a tecnologia de conexão de dispositivos eletrônicos à Internet, os aparelhos com tecnologia *smart*, ou *Intelligent Device Management*. À medida que a conectividade com a Internet se tornava onipresente, os fabricantes começaram a aproveitar o poder computacional expandido de seus dispositivos para aprimorar sua usabilidade e capacidade. Graças à conectividade com a Internet, os fabricantes podiam interagir com os dispositivos que haviam vendido e enviado a seus clientes, e os clientes podiam interagir com o fabricante e outros fornecedores para acessar novos conteúdos de seu interesse (RICHARDSON, 2010, pp. 182-194).

A década de 2010 também viu o surgimento de várias tendências controversas, como a expansão do crime cibernético e da censura na Internet, e a utilização crescente das criptomoedas, como o bitcoin (RICHARDSON, 2010, p. 192).

Desde meados da década de 1990, a Internet teve um impacto revolucionário na cultura, comércio e tecnologia, incluindo o aumento da comunicação quase instantânea por correio eletrônico, mensagens instantâneas, chamadas telefônicas por *VoIP (Voice over Internet Protocol)*, aplicativos de videochamadas interativas, além dos mais diversos fóruns de discussão, blogs, redes sociais e sites de compras on-line (RICHARDSON, 2010, p. 185).

Quantidades crescentes de dados eram transmitidas em velocidades cada vez mais altas por redes de fibra óptica operando a 1 gígbabit por segundo, 10 gígbabits por segundo ou até mais. A tomada pela Internet do cenário de comunicação global foi quase instantânea em termos históricos: partindo de apenas 1% das informações que fluíam pelas redes de telecomunicações bidirecionais em 1993 para 51% em 2000, e mais de 97% até 2007 (RICHARDSON, 2010, pp. 198-202).

Hoje, a Internet continua a crescer, impulsionada pelas redes sociais e por quantidades cada vez maiores de informações disponibilizadas on-line e de oportunidades de comércio e entretenimento.

2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: HISTÓRIA, DEFINIÇÃO E APLICAÇÕES

Uma vez feitas as análises da evolução humana e dos fenômenos disruptivos que culminaram na criação das tecnologias que são o objeto de estudo do presente trabalho – incluindo a Internet –, passa-se a analisar a história da criação das inteligências artificiais com a finalidade de justificar o estudo, analisar as modificações sociais impulsionadas por este tipo de tecnologia e, ainda, traçar um prognóstico da evolução da tecnologia nas próximas décadas.

Tendo em arrimo que as tecnologias em análise possuem grande volatilidade e que estão em fase de grande tração evolutiva, pretende-se localizar o estado atual da ciência para, em seguida, delimitá-lo como o marco temporal da pesquisa.

2.1 E ENTÃO FEZ-SE A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A análise da produção cinematográfica geral revela que a ficção científica há muito tempo previu a criação de cenários utópicos e distópicos com a utilização das inteligências artificiais, seja com a criação de universos em que as máquinas desempenhariam tarefas cotidianas, facilitando a vida da população, ou em que poderiam avançar de tal maneira a escravizar a humanidade em favor de seus propósitos.

O primeiro filme localizado por esta pesquisa acadêmica a apresentar a utilização da Inteligência Artificial é o filme mudo alemão *Metrópolis* (1927), que retrata a criação de um robô (ou, no termo da época, uma “máquina-homem”) para ressuscitar uma das personagens que morre ao dar à luz. O filme se passa no ano de 2026, ou seja, 100 anos após sua criação, quando, na visão dos roteiristas, já seria possível a existência deste tipo de tecnologia.

Mais adiante, em 1982, pode-se citar a produção cinematográfica *Blade Runner*, em que os robôs, chamados de “replicantes”, são utilizados para diversas atividades ilícitas. Isso tornou o planeta Terra (em 2019) um local inabitável e catastrófico e fez com que as pessoas recorressem à habitação em outros planetas em busca de uma vida melhor.

Em 2001, Steven Spielberg lança o filme *AI – Inteligência Artificial*,

retratando um futuro em que os seres artificiais, ou robôs, passam a interagir com os seres humanos após uma inundação das terras e o alagamento de grande parte das superfícies habitáveis. Conta a história de um robô que, em meio ao enredo, sonha em ser um humano.

De maneira conjectural, é possível citar os filmes da série Matrix (1999) *Eu Robô* (2004)¹³; *Ela* (2013) e, ainda, o antigo *Uma Odisséia no Espaço* (1968), com o ameaçador robô “HAL 9000”.

É de se dizer, portanto, que as ideias acerca das utilizações e possíveis ameaças criadas em virtude da utilização das inteligências artificiais são (bastante) anteriores à criação das tecnologias que tornaram reais – ainda que em parte – as tecnologias mentalizadas pela ficção. Isso demonstra que, como dito, o ser humano há muito tempo quer que as máquinas trabalhem a seu favor, desempenhando tarefas físicas e também tarefas mentais.

A Inteligência Artificial começou a ganhar espaço na literatura técnica, ou seja, passou a se tornar um objetivo real a partir da Segunda Guerra Mundial, quando Warren S. McCulloch e Walter Pitts, publicaram, em 1943, o artigo científico chamado “Um cálculo lógico das ideias imanentes na atividade nervosa”¹⁴, em que mencionam, pela primeira vez na história, a expressão “redes neurais artificiais”, que consistiam em um algoritmo matemático que imitava a capacidade de processamento neural humana.

É necessário mencionar o trabalho de Claude Shannon ainda em 1950: ele elaborou um trabalho sobre como programar máquinas para jogar xadrez utilizando cálculos de posição simples, mas que eram altamente eficientes¹⁵. Nesse mesmo ano, Alan Turing, um matemático criptoanalista londrino, criou um dos testes mais conhecidos no ramo da Inteligência Artificial – o “Teste de Turing”, que consistia na avaliação, por uma banca humana, da ação de uma Inteligência Artificial que se passava por um humano. Sendo aprovada pelo teste, a Inteligência Artificial que não tivesse sido identificada pela banca como um ente artificial poderia facilmente ser

¹³ Este filme é baseado na obra essencial de Isaac Asimov, considerado por muitos como o pai da robótica no mundo. Isaac Asimov foi o criador das leis da robótica, que preveem as regras de interação dos robôs com humanos: 1) um robô não pode ferir um humano ou permitir que um humano sofra algum mal; 2) os robôs devem obedecer às ordens dos humanos, exceto nos casos em que tais ordens entrem em conflito com a primeira lei; e 3) um robô deve proteger sua própria existência, desde que não entre em conflito com as leis anteriores. *In: ASIMOV, Isaac. **Eu, Robô**. São Paulo: Editora Aleph, 2014. 320 p. Tradução de Aline Storto Pereira.*

¹⁴ Tradução livre do original: “A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity”. Disponível em: “<https://link.springer.com/article/10.1007/BF02478259>”. Acesso em agosto de 2019.

¹⁵ Conteúdo disponível em: “<https://www.itsoc.org/about/shannon>”. Acesso em agosto de 2019.

confundida com um ser humano.

Tamanho foi a relevância dos estudos de Alan Turing para a ciência computacional que, em 2014, foi produzido um filme chamado “A arte da imitação”, que conta a história do pesquisador e a relevância de seus estudos para a Segunda Guerra Mundial e para a tecnologia atual e explicitando os percalços de sua vida e suas experiências naquele período.

Acerca do Teste de Turing, Horácio da Cunha e Sousa Ribeiro (1987, p. 2) lecionam:

O conceito de ser inteligente é bastante impreciso, mesmo entre os seres humanos; então, como poderemos considerar que uma máquina tem inteligência? Existem alguns conceitos implícitos segundo os quais, quando uma máquina tem algoritmos que simplifiquem a sua própria operação, já possui algum grau de inteligência. O teste clássico para determinar se a máquina possui inteligência ao “nível humano” é o conhecido teste de Turing. Neste teste, dois seres humanos A e B e um computador C são colocados em um ambiente de forma que não haja comunicação entre A, B e C, a não ser através de um dispositivo do tipo terminal de computador. O humano A representa o papel do interrogador e seu objetivo é descobrir, analisando as respostas de B e C, qual deles é o computador. Caso o interrogador A não consiga determinar, com um mínimo de 50% de precisão, qual dos dois (B e C) é o outro humano e tal resultado for confirmado por outras pessoas representando o papel de A e B, diz-se que o computador C passou pelo teste de Turing e, portanto, que a máquina simula a inteligência humana.

No ano seguinte ao da criação do Teste de Turing, mais especificamente em 1951, o pesquisador e professor do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), Marvin Minsky, criou a SNARC, uma calculadora de matemática que simulava as sinapses do cérebro humano (FIAS, 1996).

Minsky, que faleceu no ano de 2016, defendia que o cérebro humano funcionava da mesma forma que o computador, de modo que, para ele, seria plenamente possível a criação de máquinas com as mesmas capacidades de processamento cerebral.

Foi nesse mesmo período que Arthur Samuel, na empresa novaiorquina IBM (International Business Machines Corporation), criou um jogo de damas que conseguia “melhorar” suas habilidades por conta própria, ou seja, a cada partida o programa adquiria novas experiências e estratégias, chegando a desafiar pessoas de nível amador (SAMUEL, 1988).

As máquinas e tecnologias mencionadas até este momento são relevantes, pois podem ser consideradas como as bases das tecnologias modernas. São mecanismos rudimentares, mas, em termos históricos, o marco-zero da

Inteligência Artificial ocorreu no ano de 1956, dois anos após a morte precoce de Alan Turing (aos 41 anos), com a realização da Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, uma conferência realizada no estado de New Hampshire, nos Estados Unidos da América, local em que foi fundado o campo de pesquisa em Inteligência Artificial, definido como “a ciência e engenharia de produzir máquinas inteligentes” (BOURCHARDT, 2017).

Foi também nesse evento que John McCarthy, também cientista computacional estadunidense, batizou as tecnologias objeto da conferência de “inteligências artificiais”¹⁶ e, no próprio convite para participação da conferência, McCarthy criou o conceito de Inteligência Artificial, a saber:

Computadores automáticos: Se uma máquina pode fazer um trabalho, então uma calculadora automática pode ser programada para simular tal máquina. A velocidade e a capacidade de memória dos computadores atuais talvez sejam insuficientes para simular a maioria das funções do cérebro humano, mas o maior obstáculo não é a falta de capacidade computacional, e, sim, nossa inabilidade de escrever programas usando toda a vantagem que nós temos agora. Como pode um computador ser programado para usar uma linguagem. Especula-se que grande parte do pensamento humano consiste em manipular palavras de acordo com as regras da razão e da especulação. A partir deste ponto de vista, formar uma generalização e implica-las a uma máquina consiste em admitir uma nova palavra e algumas regras por meio de sentenças. Essa ideia nunca havia sido precisamente formulada nem exemplos tirados do papel.

Mesmo ciente de que as tecnologias da época eram insuficientes para o desenvolvimento de uma tecnologia capaz de imitar o cérebro humano, McCarthy, que mais adiante ficou conhecido como o “pai da Inteligência Artificial”, conseguiu prever, em teoria, a possibilidade de criação de máquinas com capacidade de aprendizado e alto processamento de dados. Naquele tempo, o objetivo principal dos cientistas era – e talvez ainda seja – criar máquinas capazes de substituir a força mental humana.

Não se pode avançar neste trabalho sem mencionar o trabalho do psicólogo e cientista da computação estadunidense Joseph Carl Robnett Licklider, que, em 1960, publicou seu trabalho científico chamado “A simbiose homem-computador”, em que descreve o potencial das máquinas no processamento de dados e a possibilidade de criação de um “cérebro humano artificial”¹⁷ (TAYLOR, 1990).

¹⁶ Veja a carta-convite do evento enviada por McCarthy aos cientistas computacionais da época neste link: “<http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html>”. Acesso em agosto de 2019.

<http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html>

¹⁷ Nesse período ainda não se falava em Inteligência Artificial ou redes neurais artificiais, razão pela qual é possível considerar que a utilização da expressão “cérebro humano artificial” é sinônimo do que

Após o citado congresso de Dartmouth e inauguradas as pesquisas focadas nas inteligências artificiais, várias empresas privadas e o próprio governo estadunidense fizeram grandes investimentos no desenvolvimento deste tipo de tecnologia. No período, mais especificamente em 1958, foi criada a ARPA – Agência de Pesquisa de Projetos Avançados dos Estados Unidos da América¹⁸, citada acima como o local em que “nasceu a internet”.

Importante destacar a criação do algoritmo “Perceptron”, de Frank Rosenblatt (1957, s.p.), que ficou conhecido como a primeira rede neural artificial (de uma camada) que possuía a capacidade de classificar resultados.

Ainda nesse período, foi criada a linguagem de programação LISP, que era capaz de, utilizando apenas cálculos matemáticos, manipular dados simbólicos, ou seja, surgiam, ainda que de maneira arcaica, as primeiras máquinas com capacidade de interpretar símbolos e formas (MCCARTHY, John).

É justamente nesse momento que surgia o termo *machine learning*, que revela a capacidade da máquina (ou do algoritmo) de, sendo alimentados por dados, aprender a desempenhar funções não programadas diretamente.

Ainda em 1950, Alan Turing, mesmo não utilizando a expressão *machine learning*, já falava na criação de uma “máquina criança”, ou seja, uma máquina que possuísse a capacidade de aprender – assim como faz uma criança – para que, no futuro, se tornasse a máquina que os cientistas estavam interessados em obter, isto é, a máquina com a capacidade cerebral de um adulto.

Eis o conceito da “máquina criança” que seria a precursora das inteligências artificiais com alta capacidade de processamento, ou seja, que poderiam imitar e superar a capacidade humana (TURING, 1950, p. 456):

Em vez de tentar criar um programa capaz de simular a mente de um adulto, porque não tentar produzir um que simule a mente de uma criança? Se ele fosse, então, submetido a uma trajetória apropriada de aprendizado, seríamos capazes de obter o cérebro de um adulto.

Analisando o trabalho de Turing, é possível extrair o pensamento dos cientistas da época, qual seja, se não era possível programar uma máquina com alta capacidade de processamento ou, ainda, como era (e ainda é) impossível pré-

conhecemos atualmente como “Inteligência Artificial”.

¹⁸ Tradução livre do original *Advanced Research Projects Agency*. Página oficial da agência: “<https://www.darpa.mil/>”. Acesso em agosto de 2019.

programar uma máquina capaz de se igualar às capacidades humanas, seria melhor, então, ensinar a máquina a aprender.

No mesmo texto acima citado, Turing demonstra como seria – hipoteticamente – esse processo de evolução/aprendizado da “máquina criança” (1950, p. 456):

Não podemos esperar encontrar uma boa máquina criança logo na primeira tentativa. É possível fazer uma experiência, ensinando uma dessas máquinas para verificar a qualidade de seu processo de aprendizagem. Podemos, então, tentar com outra máquina checar se ela se sai melhor ou pior. Existe uma conexão óbvia entre esse processo e a evolução. A sobrevivência do mais apto é um processo lento demais para medir vantagens. O cientista, ao exercitar sua inteligência, deveria ser capaz de acelerá-lo. Igualmente importante é o fato de tal processo não estar restrito a mutações aleatórias. Se o cientista conseguir perceber a causa de alguma deficiência, ele provavelmente será capaz de pensar em algum tipo de mutação capaz de corrigi-la.

Estas são, pois, as bases do desenvolvimento de grande parte das inteligências artificiais atuais, que ainda se valem desses estudos e experiências primitivas.

Prosseguindo nas análises históricas da Inteligência Artificial, em 1964 foi possível presenciar o surgimento do primeiro *chatbot*, denominado “Eliza” – máquina/ algoritmo capaz de formular e responder perguntas, simulando uma conversa humana¹⁹. Este mecanismo simulava uma psicóloga e dava respostas com base em palavras-chave.

Em 1969 o Instituto de Pesquisa de Stanford apresentou o *Shakley*²⁰, que ficou conhecido mundialmente por ser o primeiro robô a se valer de mecanismos de fala e mobilidade e a deter certo grau de autonomia, em que pese ser lento e cheio de falhas.

Nesse período, os maiores esforços acadêmicos centravam-se no desenvolvimento, com base na tecnologia disponível, de mecanismos de processamento de linguagem natural, que posteriormente seriam utilizados em tradutores, geradores de texto com base em fala e ainda seriam a base de funcionamento de centenas de aplicativos que detêm a capacidade de processar e

¹⁹ Mais adiante será analisada a utilização deste tipo de mecanismo, que a cada dia se torna mais comum, visto que é capaz de substituir milhares de atendentes de telemarketing, pois consegue atender e, em grande parte das vezes, solucionar os problemas dos consumidores que buscam atendimento nas centrais de grandes empresas.

²⁰ Mais sobre: “<https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a458918.pdf>”. Acesso em agosto de 2019.

interpretar comandos de voz.

Contudo, a par de todo o esforço da comunidade tecnológica, não havia relevantes avanços no aprimoramento deste tipo de tecnologia e o que estava disponível no mercado não passava de tecnologias rudimentares e prototipais, que foram o gatilho para o “fenômeno” vivenciado de meados dos anos 70 até os idos dos anos 80, que ficou conhecido como o “inverno da Inteligência Artificial”.

Nesse período não havia muitas novidades, o investimento da iniciativa pública e privada eram baixíssimo, assim como a atenção da comunidade ao setor. Ou seja, em outras linhas, a Inteligência Artificial ficou desacreditada e precisava se reinventar para reconquistar os olhares e investimentos do setor de tecnologia (Casella, 2017, s.p.).

O renascimento das esperanças com relação a um futuro promissor da Inteligência artificial ocorreu próximo da década de 90, com o desenvolvimento dos “sistemas especialistas”, que possuem foco em determinada área do conhecimento, como o mercado financeiro, por exemplo. Conseguem substituir pequena parcela de trabalho humano com a “automação” de processos um pouco mais complexos.

O início da década de 90, marcado pelo surgimento da internet comercial (já citada anteriormente), também ficou conhecido como um período de baixa adesão a tecnologias relacionadas à Inteligência Artificial. O período foi considerado um “segundo inverno da Inteligência Artificial”, que foi claramente superado em 1997, quando um software da empresa norte-americana IBM denominado *DeepBlue*, desenvolvido para jogar xadrez, derrotou o então campeão mundial de xadrez, Garry Kasparov, ainda considerado um dos melhores enxadristas do mundo.

O que mais chama a atenção para este acontecimento histórico não é exatamente a vitória da máquina sobre o homem, mas o que levou a máquina à vitória: foi justamente o método utilizado, que permitia ao algoritmo “aprender” como o oponente se portava e, com isso, poderia prever suas jogadas, se antecipar e obter o troféu. Em outras palavras, a capacidade de aplicação de métodos empíricos elevou o software a um novo patamar e, com isso, ganhou a atenção do mercado da tecnologia²¹.

Em 2002 surgiu o primeiro assistente pessoal dotado de autonomia, capaz de analisar o ambiente, se localizar e desempenhar tarefas de limpeza. Foi

²¹ Conteúdo disponível em: “<https://www.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/deepblue/>”. Acesso em setembro de 2019.

criado pela empresa IRobot, de Massachusetts, EUA²².

Em 2005, a antiga e ainda existente empresa Boston Dynamics apresentava ao mundo suas máquinas autônomas, que possuem formato de cachorro ou humanoide e têm capacidade de autonomia para acessar áreas de mata e montanhas que não eram penetráveis por humanos.

Desde então, a Inteligência Artificial também foi bastante estudada para a aplicação em veículos autômatos, que são, em grande monta, objeto do presente trabalho. As pesquisas a respeito desta tecnologia foram capitaneadas pela empresa Waymo, uma subsidiária da empresa Alphabet, de propriedade da Google, que trouxe a tecnologia para o comércio de varejo.

Aliado a esta modernização, mais especificamente a partir de 2008, foram criados, também pela Google, os mecanismos de interpretação de voz avançados, com o desenvolvimento. Em seguida, foi criada a assistente pessoal da Google (o Google Assistant), por reconhecimento e interpretação dos comandos de voz dos usuários, é capaz de agendar compromissos, fazer pesquisas na web e até contar piadas²³. Serviço semelhante foi desenvolvido pela Apple, com sua assistente pessoal, a Siri, cujo maior diferencial, como das demais assistentes, é o “aprendizado da máquina”, ou seja, sua capacidade de aprender os costumes do utilizador e criar um software único e totalmente dedicado a atender suas necessidades, de acordo com seu perfil.

Já nos aproximando dos dias atuais, em 2011, a empresa norte-americana IBM surpreendeu mais uma vez com a apresentação do Watson, uma superinteligência artificial. Dada sua importância para a presente dissertação, justamente por inaugurar uma nova era da Inteligência Artificial, ele será estudado no subtópico seguinte.

2.2 O “NASCIMENTO” DE WATSON E A INAUGURAÇÃO DA NOVA ERA DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Em 2011, os episódios 14 e 15 do programa televisivo norte-americano

²² Este assistente autônomo é comercializado até os dias atuais por esta empresa, sendo atualmente vendido a preços bem mais acessíveis. Para mais informações, vide: “<https://www.irobotloja.com.br/>”. Acesso em setembro de 2019.

²³ Conteúdo extraído do site oficial: <https://www.apple.com/br/siri/>.

de perguntas e respostas Jeopardy! teve, pela primeira vez, um participante “não humano”. Tratava-se do supercomputador da IBM que combinava técnicas avançadas de reconhecimento de padrões com métodos complexos de análise de comunicação humana, o Watson.

O game televisivo baseava-se em uma sequência de perguntas e respostas acerca de temas amplamente variados. Os participantes, que competiam entre si, tinham que respondê-las o mais rápido possível, especialmente antes de seus oponentes, o que tornava o jogo extremamente difícil e competitivo.

O apresentador do programa, Alex Trebek, lia aos participantes uma frase, tal como “Uma lembrança rimada do passado na cidade dos Kings, da NBA”, e, para responder corretamente, os jogadores deveriam dizer qual era a pergunta que poderia ser respondida com a frase. No exemplo acima, eles deveriam saber que NBA significava National Basketball Association, e não National Bank Act. Em outras linhas, para que se pudesse responder as assertivas de modo correto, era necessário exercício de interpretação de texto e de linguagem humana (BRYNJOLFSSON, 2015, pp. 26/30).

Quando competiu contra os dois maiores ganhadores do game, Kenj Jennings e Brad Rutter, a primeira versão do supercomputador não chegou nem perto de atingir os níveis desejados por seus desenvolvedores, sobretudo os de seu idealizador, Charles Lickel, gerente de pesquisa da companhia IBM.

O Watson poderia ser configurado para ter respostas mais rápidas e, com isso, aumentaria suas chances de erro, ou para ter respostas mais conservadoras, que demorariam alguns segundos a mais para ser processadas. Em 2006, quando foi programado para responder de forma rápida, assim como faziam os players humanos, obteve apenas 15% de respostas corretas e, em contraponto, o humano tinha índice de acerto por volta dos 90%²⁴.

Tal como estava, embora tivesse bom desempenho quando programado em um perfil mais conservador, que valorizava o acerto em detrimento do tempo, Watson era um fiasco quando precisava de rapidez para competir com os campeões humanos. Contudo, ele aprendeu. Em 2010, ou seja, quatro anos depois de suas primeiras versões, o hardware passou a manter seus níveis de acerto, mas aumentou consideravelmente seu tempo de resposta. No mesmo tempo de antes, quando

²⁴ Dados extraídos de: “<https://news.harvard.edu/gazette/story/2009/05/not-so-elementary-my-dear-watson/>”. Acesso em setembro de 2019.

conseguia acertar 15%, passou a ter 85% de precisão, fato que, apesar de demonstrar a capacidade de *machine learning* do produto, ainda não lhe permitia vencer os competidores humanos.

Foi em janeiro de 2011 que finalmente Watson, após fiel e dedicado trabalho dos desenvolvedores da IBM, ganhou de Jennings e Rutter, os atuais campeões humanos. Respondeu a questões complexas, que demandavam elevado grau de interpretação e, apesar de alguns erros, teve desempenho extremamente satisfatório. Após um torneio que demorou dois dias, saiu com US\$ 77.147, que correspondiam a mais de três vezes a quantia acumulada pelos competidores humanos (*idem*, p. 30).

No fim do torneio, Jennings deu uma declaração antológica, que até os dias correntes marca o início da era dos supercomputadores: “Eu dou boas-vindas aos novos soberanos computadorizados”. E acrescentou em entrevista posterior:

Assim como os trabalhos em fábricas foram eliminados no século XX por novos robôs na linha de montagem, Brad e eu fomos os primeiros trabalhadores da indústria do conhecimento a sermos desbancados pela nova geração de máquinas ‘pensantes’²⁵.

Eis o marco daquela que atualmente é conhecida como “segunda era das máquinas”, quando não só a força física mas também a força mental pode ser substituída por máquinas, ou melhor, por inteligências artificiais.

2.3 O DESPERTAR DA FORÇA DAS INTELIGÊNCIAS ARTIFICIAIS

O exímio desempenho de Watson retratado acima definitivamente reacendeu as especulações e os incentivos para o desenvolvimento de tecnologias cada vez melhores no desempenho de atividades mentais e com maiores índices de autonomia, para que elas pudessem, de uma vez por todas, passar a ter aplicabilidade prática e fazer parte do dia a dia das pessoas e das indústrias.

O interesse nesse momento – recente em termos de história, mas longínquo em termos de desenvolvimento tecnológico – era inserir a Inteligência Artificial e os autômatos nas atividades comerciais e fabris para aumentar os

²⁵ Do original: <https://slate.com/culture/2011/02/watson-jeopardy-computer-ken-jennings-describes-what-it-s-like-to-play-against-a-machine.html>. Acesso em setembro de 2019. Tradução livre.

investimentos privados na área e possibilitar seu aprimoramento a níveis economicamente interessantes até que pudessem substituir, em parte, os trabalhadores humanos.

Para exemplificar este processo e, de antemão, diferenciar as tecnologias relacionadas à Inteligência Artificial e aos autômatos dos processos automáticos (ou automatizados), convém citar o exemplo da fábrica de geleias, trazido por McAfee (2015, p. 33/35):

(...) nas fábricas modernas e altamente automatizadas: as pessoas são poucas, mas existem. E boa parte de seu trabalho é repetitivo e não requer raciocínio. Em uma linha que enche potes de geleia, por exemplo, as máquinas despejam uma quantidade precisa de geleia dentro de cada um deles, fecham a tampa e grudam a etiqueta, mas uma pessoa coloca os potes vazios na esteira para dar início ao processo. Por que esse passo não foi automatizado? Porque, neste caso, os potes são entregues à linha de produção de doze em doze em caixas de papelão que não as mantêm firmes no lugar. Essa imprecisão não é problema para uma pessoa (que simplesmente vê os potes na caixa, pega um a um e os coloca na esteira), mas a automação industrial tradicional tem grande dificuldade em lidar com potes de geleia que não aparecem na mesma posição várias vezes.

Entre outros, o grande desafio desse tipo de tecnologia inovadora era, com o desenvolvimento de algoritmos “moldáveis” e capazes de aprender que “o pote de geleia pode vir mais alto, mais baixo, alinhado (na esteira) à esquerda, à direita ou, ainda, de ponta cabeça, exigindo atividade interpretativa e, especialmente, a cada pote em posição diferente, que ela mesma, sem a intervenção de seus programadores, tivesse a capacidade de adicionar “linhas em seu código” para saber o que fazer com o pote para deixá-lo alinhado corretamente.

Movido por este desejo de automação de processos imprecisos, uma start-up alemã, a Rethink Robotics, criou seu primeiro robô completamente customizável para aplicação em linhas de produção, o Bexter. Ele era capaz de desempenhar uma série de tarefas diferentes, a depender de “como fosse ensinado”, e podia ser utilizado em tarefas até então desempenhadas única e exclusivamente por humanos, tal como colocar o pote de geleia na esteira.

Como se pode verificar pelo conteúdo da página oficial da empresa, o robô, apresentado em setembro de 2012 e comercializado até os dias atuais, possui fácil e simples processo de aprendizagem, bastando que um humano o pegue pela “mão” e o ensine como fazer a tarefa. A partir disso, são criadas todas as linhas de sua programação, que é aberta a inúmeras variáveis, capazes de adaptá-lo à rotina fabril.

O robô, que possui características humanoides e tela LCD com um rosto que olha para o indivíduo que estiver próximo dele, também possui vários sensores para respeitar as citadas Leis de Asimov. Não é possível “programar” atividades capazes de lesar a integridade do robô, tal como ensiná-lo a bater às mãos uma a outra ou lesar um humano.

Anote-se a definição do citado autor Andrew McAfee acerca deste robô²⁶:

Para treinar Bexter, basta pegá-lo pelo pulso e guiar seu braço nos movimentos que você deseja que ele execute. À medida que faz isso, o braço parece não ter peso algum. Seus motores trabalham para que você não o tenha que fazer. O robô também mantém a segurança. Os dois braços não podem se chocar (os motores resistem se você tentar fazer isso acontecer) e eles automaticamente desaceleram se Bexter sentir a presença de uma pessoa a seu alcance. Essas e muitas outras características desse design tornam o trabalho desse autômato uma experiência natural, intuitiva e não ameaçadora. (...) Bexter tem algumas vantagens óbvias sobre os trabalhadores humanos. Ele pode trabalhar o dia todo, todos os dias, sem precisar de descanso ou intervalos para o café. Também não exige plano de saúde de seu empregador, tampouco seria acrescentado ao fardo dos impostos sobre a folha de pagamento. Ele pode fazer duas coisas completamente não relacionadas ao mesmo tempo; seus dois braços são capazes de operar independentemente.

Vê-se, pois, que, a partir do desenvolvimento da Inteligência Artificial, que ensinou as máquinas a aprender, passou a ser possível inserir esse tipo de tecnologia nas linhas de produção para o desempenho de tarefas que há pouco eram desempenhadas exclusivamente por trabalhadores humanos, a exemplo do alinhamento dos potes de geleia. Veja-se a interface do mencionado autômato:

²⁶ Para mais informações: “<https://www.rethinkrobotics.com/>”. Acesso em setembro de 2019.



Robô Bexter²⁷.

Para demonstrar com clareza a relevância deste tipo de tecnologia para os dias atuais e o prognóstico de sua aplicação no futuro, é importante salientar o trabalho da empresa norte-americana Boston Dynamics, que desenvolve robôs dotados de autonomia para o auxílio de tropas americanas que necessitam acessar locais com terrenos irregulares e diversos obstáculos. Sua criação mais recente foi o robô LS3 Concept, que possui aparência de um cachorro gigante e mistura habilidades de quadrúpedes e de humanos. Ele possui a capacidade de mapear toda a região que terá que transpor, localizar o melhor trajeto e carregar cargas pesadas em terrenos absolutamente irregulares e cheios de obstáculos. Veja-se sua imagem:

²⁷ Imagem extraída de: "<https://www.rethinkrobotics.com/news/detail/more-durable-quieter-higher-quality-the-sawyer-black-edition>". Acesso em setembro de 2019.



The LS3 Dynamic Robot. Unmanned Systems Technology²⁸.

Este tipo de tecnologia de mobilidade, notoriamente criada com finalidades bélicas, possui plena aplicabilidade civil e, conforme será visto neste trabalho, já está a revolucionar a forma com que as pessoas se locomovem em grandes centros urbanos.

Em um primeiro momento, este tipo de tecnologia pode parecer obra de ficção científica, mas na verdade é fruto de um grande projeto do Departamento de Tecnologia Tática da DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), a agência americana de defesa nacional. Veja-se o que já se dizia em 2012:

A principal meta técnica do DRC é desenvolver robôs de chão capazes de executar tarefas complexas em ambientes perigosos, degradados e criados pelo homem. Espera-se que os competidores no DRC concentrem-se nos robôs que podem usar ferramentas comuns e equipamentos normalmente disponíveis em ambientes humanos, desde ferramentas manuais a veículos, com ênfase na adaptabilidade a ferramentas com diversas especificações²⁹.

Este tipo de tecnologia inovadora e avançada possui potencial para, em curto espaço de tempo, desempenhar atividades que há pouco eram exclusivas dos

²⁸ Imagem extraída de: “<http://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=3782&context=eispapers>”. Acesso em setembro de 2019.

²⁹ Trecho extraído de: “<https://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?punumber=6547901>”.

humanos e também atividades que sequer poderíamos pensar que um dia existiriam. Em certos ramos, as inteligências artificiais já possuem capacidades que superam as capacidades humanas.

É justamente o que diz Kevin Kelly na citada obra *Inevitável: As 12 forças tecnológicas que mudarão nosso mundo*, acerca dos tipos de trabalho que podem ser desempenhados por um robô:

1. Trabalhos que os humanos fazem, mas os robôs podem fazer melhor;
2. Trabalhos que os humanos não podem fazer, mas os robôs podem;
3. Trabalhos que não sabíamos que existiriam um dia;
4. Trabalhos que só os humanos podem fazer...ainda.

Tendo arrimo estas conclusões como arrimo, ou seja, cientes de que em pouco tempo teremos a experiência de lidar cotidianamente com entes artificiais desempenhando boa parte das atividades humanas, torna-se relevante o presente estudo que, em capítulo próprio, avaliará as implicações e os impactos deste tipo de tecnologia no direito, especialmente no que tange à responsabilidade civil que pode causar.

Ainda com o intuito de bem conceituar o marco evolutivo da ciência em estudo, o próximo tópico analisará as tecnologias utilizadas atualmente e o seguinte analisará seu potencial de evolução.

2.4 O ESTADO ATUAL DA CIÊNCIA

Os temas envolvendo inteligências artificiais e autômatos ocupam espaços relevantes na mídia e em trabalhos acadêmicos, mas quais são as espécies de tecnologias disponíveis para a população e onde podemos encontrá-las e utilizá-las?

Neste tópico serão elencadas algumas das aplicações atuais da Inteligência Artificial com o intuito de demonstrar a relevância do presente estudo, tendo em conta não apenas seu prognóstico evolutivo, o que poderia aparentar um estudo de futurologia. Será fixado o estado da ciência que serviu de base para este trabalho e que servirá como delimitação temporal, haja vista a criação – praticamente diária – de novas tecnologias ou de novas aplicações para as já existentes.

Conforme constatou-se nos capítulos anteriores, nas duas últimas

décadas, quando a Inteligência Artificial definitivamente deixou o período de “inverno”, marcado por poucos investimentos e que de certa forma deixou-a desacreditada, vive-se um período de crescimento exponencial. Ainda que possa existir certa resistência por parte da população global, a Inteligência Artificial já modificou significativamente uma série de atividades cotidianas e automatizou grande parte de processos produtivos que há pouco eram desempenhados exclusivamente por seres humanos.

A evolução exponencial das novas tecnologias dos últimos anos possui as bases da Inteligência Artificial e do *machine learning* em virtude de sua amplíssima utilização em diversos setores da economia e que acabará se tornando inevitável. Como diz o advogado Leandro Bissoli (2018, p. 36), “nossa corrida não é contra os robôs, mas com os robôs”. E continua:

Durante séculos os principais impulsionadores do crescimento econômico foram as inovações tecnológicas, como a máquina a vapor, o motor a combustão, a eletricidade, os computadores e a internet. Em nossa Era, a tecnologia que desponta de modo disruptivo é a Inteligência Artificial e especialmente o aprendizado de máquina (*machine learning*). O software consegue “aprender” pela experiência, melhora o seu desempenho sem a necessidade de humanos programarem explicitamente suas atividades. O desenvolvimento de sistemas inteligentes que aprendem sozinhos a realizar as suas atividades já é uma realidade. Eles são os robôs. Eles já aprendem a jogar e ganhar de profissionais de tabuleiros (como no projeto da DeepMind & Go), bem como detectam e impedem acessos não autorizados em sistemas seguros, lavagem de dinheiro ou aprimoram continuamente o reconhecimento da voz e imagens. (...) Além do desemprego, crescem apreensões sobre a viabilidade dos sistemas de seguridade social e das contribuições e impostos, criando assim uma maior desigualdade na distribuição da riqueza e do poder. No entanto, a longo prazo, essa automação deverá levar a um aumento da produtividade e a alocar a força de trabalho para atividades mais essenciais. Quanto mais habilidades a pessoa tiver com os robôs, maior será a sua remuneração.

Em outros termos, as inovações tecnológicas experimentadas pela sociedade moderna não permitirão, em certa medida, que os indivíduos se alheiem a estas modificações que já compõem muitas de suas atividades. Elas ainda podem passar despercebidas, mas isso não durará muito tempo.

Passa-se, pois, à exemplificação de atividades comuns que já foram abarcadas pelo universo da Inteligência Artificial.

2.5 PROCESSAMENTO DE LINGUAGEM NATURAL E OS *CHATBOTS*

Uma das atividades mais conhecidas de aplicação dos mecanismos de

Inteligência Artificial na atualidade são os *chatbots*, programas capazes de fazer processamento de linguagem natural (escrita ou falada), interagir com os seres humanos, responder perguntas, efetuar alguns tipos de transações e até firmar contratos.

Atualmente, à guisa de exemplificação, grande parte das empresas que possuem clientes em massa, tal como as empresas de telefonia e instituições financeiras, utilizam este tipo de Inteligência Artificial para resolver solicitações frequentes, como envio de boletos, informações sobre faturas e alteração de cadastro.

Uma das maiores empresas desenvolvedoras deste tipo de tecnologia da atualidade, a Huggy³⁰, estima, com base na experiência de seus próprios clientes que utilizam os *chatbots* em seus atendimentos, que cerca de 80% das ligações para as centrais de telemarketing podem ser evitadas a um custo mensal de aproximadamente quinhentos reais. Esta empresa tem diversos clientes relevantes no Brasil, como Bayer, Positivo, Vivo e Unimed, que passaram a ter atendimento em tempo integral a seus clientes (inclusive em dias não úteis). Os *chatbots* melhoram significativamente a experiência do usuário, que não precisa aguardar longos períodos de tempo nas filas para atendimento presencial ou via telefone e, especialmente, possibilita às empresas significativa redução de custos.

Grandes players do mercado de tecnologia passaram a empreender esforços para o aprimoramento deste tipo de inovação. Dentre elas se destaca a brasileira Globalbot, sediada em São Paulo. Em entrevista ao portal eletrônico da agência de marketing eletrônica Globalad, a empresa afirmou que:

a tendência ao uso dos chatbots (assistentes virtuais inteligentes) cresceu nos últimos anos, acompanhamos a migração de produtos e serviços para o ambiente digital e um aumento exponencial e crescente de pessoas e empresas conectadas. Acompanhando este crescimento, o volume de atendimentos através dos canais digitais vem aumentando sem precedentes, sendo necessário alocar recursos humanos dedicados e com baixíssima automação. Neste cenário os chatbots com inteligência artificial (também conhecidos como assistentes virtuais) vêm se popularizando com foco em realizar tarefas repetitivas utilizando o poder da inteligência artificial³¹.

Vê-se a preocupação das empresas com a utilização deste tipo de trabalho autômato, especialmente para melhorar a conectividade com o usuário e evitar a dispersão dos clientes (e potenciais clientes) com a demora para responder

³⁰ Mais sobre em: "<https://www.huggy.io/pt-br>". Acesso em setembro de 2019.

³¹ Disponível em: "<http://globalad.com.br/blog/os-7-principais-usos-de-chatbots-nas-empresas/>". Acesso em setembro de 2019.

perguntas e comentários em redes sociais ou resolver dúvidas básicas (como preço, forma de pagamento, etc.) e para restringir e alocar a atuação do atendente humano a casos de maior complexidade: com a diminuição da demanda, ele consegue proporcionar um atendimento especializado e de melhor qualidade. Provavelmente em pouco tempo, grande parte da população mundial já terá “falado” com um robô, ou talvez já seja uma realidade falar com eles todos os dias.

Os *chatbots* estão evoluindo e se transformando em assistentes virtuais pessoais, que, comandados por voz e com alta capacidade de processamento de linguagem natural e programação aberta (*machine learning*), conseguem se transformar em programas únicos, completamente moldados ao usuário.

Os assistentes pessoais virtuais aprendem os costumes de seu usuário, tais como rota de trabalho, preferências de música, horários de sono, para se antecipar e lhe fornecer facilidades, como programar o GPS do carro todo dia pela manhã enquanto ele toma café ou lembrá-lo de tomar remédio ou fazer atividade física.

Estes mecanismos já possuem grande interação com eletrodomésticos, possibilitando o controle da residência pelo assistente pessoal, ou seja, passou a ser possível pedir um café deitado na cama e o assistente pessoal, que está interligado com a cafeteira, prepara a bebida enquanto o usuário toma banho, por exemplo.

A popularização destas tecnologias se deu pelo ingresso de grandes empresas multinacionais no mercado, como a Microsoft com a Cortana, a Amazon com a Alexa, a Samsung com a Bixby, a Apple com a Siri e o Google com o Google Assistant. Pela concorrência, os preços foram drasticamente reduzidos e já é possível adquirir o produto por menos de trezentos reais³².

É o que relata Marcelo Arakaki (2019, s.p.):

Já faz um bom tempo que as conversas com robôs para resolver questões do dia a dia deixaram de ser apenas cenas de filmes de ficção científica. Aqueles diálogos nos faziam pensar como essas invenções facilitariam o nosso dia a dia. Afinal, em uma conversa “falada”, emitimos cerca de quatro vezes mais palavras do que quando nos comunicamos pela escrita. Essa é uma das razões pelas quais os assistentes virtuais pessoais (APVs) são uma realidade e chegaram para ficar. Chamadas de “smart speakers”, as versões fixas dos APVs já ganharam adesão muito significativa nos Estados Unidos. Por lá, os mais famosos como o Echo/Alexa, da Amazon, e o Home, do Google, já fazem parte do cotidiano de milhares de norte-americanos e devem ganhar definitivamente o mercado corporativo a partir deste ano. Hoje, os APVs fixos já têm centenas de funcionalidades nos EUA, como GPS, despertador, realização de buscas na Internet, entre outras. Mas, dentro de

³² Dados de setembro de 2019.

pouquíssimo tempo, será possível vermos, em larga escala, os APVs realizando tarefas de automação residencial, diagnóstico médico, etc. As empresas já perceberam os APVs como um novo canal de relacionamento com seus consumidores, assim como o site, os chats, o Twitter, o Facebook e os aplicativos de mensagens, como o WhatsApp. Dessa maneira, não há dúvidas de que a popularização dos APVs promoverá um novo impulso para os canais de voz, os voicebots, que já conquistaram um espaço muito importante no atendimento aos clientes.

Os robôs estão cada vez mais presentes no dia a dia das pessoas e muitas vezes se passam por humanos, como no Teste de Turing. No futuro próximo, quando uma conversa for iniciada por um meio eletrônico ou telefônico, será necessário dizer seu nome, a cidade de que está falando e, especialmente, provar que você não é um robô.

A prova de humanidade já é exigida por uma infinidade de sites e portais eletrônicos, que se utilizam da tecnologia reCaptcha para assegurar que aquele acesso está sendo feito por um ser humano e impedir (ou ao menos tentar impedir) o acesso de robôs a seus sistemas para captura de informações ou automatização de processos.

Recentemente, o sistema do Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo permaneceu inoperante por quase uma semana em virtude da sobrecarga pela utilização massiva de robôs externos, criados por empresas de tecnologia para a advocacia e bancas jurídicas, que acessavam o sistema do tribunal para fornecer a seus utilizadores (em grande parte advogados) acompanhamento dos processos em tempo real³³.

As *legaltecs*, que se constituem como empresas de tecnologia direcionada ao universo jurídico, também utilizam bastante este tipo de robôs com alta capacidade de linguagem natural escrita ou falada para traçar perfis de tribunais, de câmaras de julgamento e até mesmo de juízes e fornecer a seu contratante um conjunto de dados estruturados, com porcentagens de êxito de determinadas teses.

A este tipo de serviço que possui uma série de outras capacidades, deu-se o nome de “jurimetria”. Entrementes, passa a ser possível, pelo processamento em massa de informações captadas de tribunais de justiça, entre outras fontes, saber com bem mais precisão as chances de êxito de uma tese. A jurimetria também serve para orientar o corpo jurídico a, dependendo da situação, fazer ou não acordo.

A “mágica” deste tipo de tecnologia, que a difere das tecnologias

³³ Disponível em: <https://www.tjsp.jus.br/Indisponibilidade/Comunicados>. Acesso em dezembro de 2019.

computacionais da década de 90, é a capacidade de aprendizado. Suas linhas de programação são construídas de forma aberta, de modo que o próprio software detém determinada autonomia, ou seja, é capaz de se adaptar a novos padrões de utilização ou dados divergentes sem auxílio.

No exemplo acima, os sistemas de jurimetria são capazes de, por exemplo, analisando o conteúdo das sentenças proferidas por determinado juiz ao longo do tempo, detectar uma mudança de posicionamento acerca de uma tese em específico e orientar seu utilizador, o advogado, de forma diferente.

Para que atinjamos a clareza necessária, insistimos no exemplo acima. Poderia ser questionado que esta conclusão do sistema – de fornecer um resultado x ou, dependendo do conteúdo capturado – pudesse ter sido programada pelo criador e não estaríamos falando de outra coisa além da aplicação das teorias da estatística computacional, que são utilizadas há muito tempo.

Esta é justamente a diferença dos programas de *machine learning*. No caso em estudo, a partir da detecção de uma decisão em sentido contrário, o sistema possui capacidade de aferir e interpretar se aquele caso, que originou o precedente, possui as mesmas características dos outros casos usados como paradigma, e ele faz isso “lendo” o conteúdo de todos os processos. Além disso, consegue aplicar critérios precisos de especialidade e anterioridade capazes de fornecer uma resposta precisa e imediata acerca do novo posicionamento.

Não seria necessário, seguindo a exemplificação, que o sistema detectasse a existência de mais decisões no sentido A do que no sentido B para que mudasse seus resultados – dizendo ao utilizador para agora agir de forma A ou B.

Além de tudo, a “simples” capacidade de processamento de linguagem natural possibilitou a criação de novos mecanismos de bancos de dados, com capacidade elevada de estruturação de dados, de modo que, ainda no exemplo, ela pode dar ao utilizador a informação sobre o perfil de um julgador que há pouco só era conhecido por um advogado bastante experiente na comarca.

Mas, como nossa experiência humana sempre nos indica, toda evolução traz junto consigo alguns – ou vários – problemas, e não foi diferente com os sistemas de processamento de linguagem natural.

Em 2016, a Microsoft liberou um *chatbot* para a rede social Twitter que interagia com seres humanos, fazia postagens e respondia perguntas. Considerando que a Inteligência Artificial utilizava o conteúdo publicado por pessoas reais para

aprender e, com base nisto, fazer suas publicações, em menos de 24 horas ela passou a fazer comentários e publicações de cunho racista, homofóbico e até mesmo antissemita.

Uma das publicações mais icônicas da Inteligência Artificial foi a frase “Hitler estava certo. Eu odeio judeus”, que acabou gerando uma imensa polêmica e por fim o desligamento do *chatbot*.

Veja o relato da jornalista e redatora da revista brasileira Galileu sobre a questão:

O perfil da usuária @TayandYou no Twitter parece com o de muitos adolescentes que usam a rede social todos os dias: ela possui uma estética própria, fala com bastante empolgação sobre tudo, produz vários tweets e posta diversos snaps – imagens captadas no aplicativo Snapchat. “Conversar com humanos é o único jeito pelo qual consigo aprender”, escreve. Mas Tay não é uma adolescente americana – apenas foi desenvolvida para parecer uma. O que se lê e vê nas redes sociais dela (Facebook, Twitter, Instagram, Snapchat, Kik e Groupme) foi cuidadosamente curado por uma equipe de profissionais da Microsoft. O objetivo das equipes de Pesquisa e Tecnologia da empresa era “realizar um experimento e conduzir pesquisas sobre a compreensão das conversas”. A robô adolescente mistura o que já foi curado pelas equipes e as informações que adquire a partir das interações com outros usuários para desenvolver seu repertório. Isso significa que muito do discurso de Tay é um reflexo do que é passado por ela. “Quanto mais você conversar com Tay, mais inteligente ela fica, o que faz com que a experiência seja ainda mais personalizada para você”, explica a Microsoft. A empresa esclarece ainda que os dados coletados a partir das interações de Tay com os usuários serão utilizados para melhorar seus serviços de comunicação e que o público-alvo do robô são adolescentes americanos com idades entre 18 e 24 anos. Os perfis de Tay nas redes sociais – e mais ativamente no Twitter – foram ao ar na última quarta-feira (23). “Olá, mundo”, escreve a robô em um tweet ilustrado por um emoji da Terra. Foram necessárias 24 horas para a garota artificial se desenvolver na internet, tempo o suficiente para a trajetória tomar uma rota inesperada e para a Microsoft acabar com o experimento. Pelo menos temporariamente. Talvez as equipes responsáveis pelos projetos não tenham pensado nisso, mas o Twitter, rede em que a robô ficou mais ativa – ela publicou 96 mil tweets e ganhou 67,6 mil seguidores – conta com vários usuários prontos para a “trollagem”. Ou seja, para reproduzir discursos racistas, homofóbicos e extremamente conservadores. Tanto sinceramente quanto para tirar sarro de marcas como a Microsoft.

Com o lançamento de novos sistemas de *chatbot* público, novos problemas foram surgindo, como o caso do *chatbot* Xiaoice³⁴, também desenvolvido pela Microsoft, que simplesmente é acessado por 660 milhões de usuários e virou um verdadeiro fenômeno na China. Ele adquiriu a capacidade de desenvolver – ou imitar – relações afetivas. Veja-se a descrição da tecnologia no site da própria desenvolvedora:

³⁴ Mais em: “<https://news.microsoft.com/apac/features/much-more-than-a-chatbot-chinas-xiaoice-mixes-ai-with-emotions-and-wins-over-millions-of-fans/>”. Acesso em setembro de 2019.

Às vezes doce, às vezes atrevida e sempre esperta, esta adolescente virtual tem suas próprias opiniões e age firmemente como nenhum outro bot. Ela não tenta responder a todas as perguntas feitas por um usuário e sempre está relutante em seguir seus comandos. Ao invés disso, as conversas com seus usuários possuem pitadas de comentários irônicos, piadas, conselhos empáticos sobre a vida e o amor, e algumas palavras simples de encorajamento.

O escritório da Microsoft em Pequim recebe vários presentes para a Inteligência Artificial e o que mais chama atenção para este tipo de fenômeno é a tecnologia desenvolvida ao seu entorno, que possui larga aplicabilidade e escalabilidade.

Anote-se o relato do CEO da empresa criadora sobre os principais componentes tecnológicos deste sistema:

A Xiaoice é composta por três principais componentes, dos quais, como dito acima, o QE se destaca: Quociente emocional: inclui a empatia, que é a capacidade de prever traços individuais sobre o usuário e possui habilidades sociais para personalizar as respostas para cada um. Quociente de inteligência: habilidades de diálogo específicas, como responder e recomendar perguntas, contar histórias, etc. Personalidade: o chatbot é projetado para se parecer com uma garota de 18 anos, confiável, amigável e com senso de humor. Sua construção tem sido bem-sucedida e a evolução com aprendizado de máquina e aprendizagem profunda têm permitido que a IA até mesmo pinte quadros, componha poemas, escreva literários e até realize performances musicais. Para ter uma ideia ela, tem sido convidada em atrações televisivas e radiofônicas e há até mesmo uma galeria de presentes de fãs para a Xiaoice nos escritórios da Microsoft em Pequim. Objetivo é transformar os chatbots em fonte geradora de dados. Segundo os pesquisadores, o projeto foi criado para otimizar o desempenho de uma métrica chamada de “Session Conversation Shifts” (CPS) e cerca de 70% das respostas da Xiaoice vêm das próprias conversas anteriores com os usuários. Para a Microsoft, a duração das conversas pode ser considerada uma indicação de satisfação — o foco aqui é se concentrar na empatia. Desde o lançamento do projeto, em maio de 2014, até maio deste ano, o chatbot gerou mais de 30 bilhões de conversas e esse é um exemplo de como os aplicativos de IA podem se tornar grande geradores de dados — e assim evitar a dependência de fontes externas.

Veja-se que, embora a utilização do sistema aparentemente seja gratuita, o intuito da empresa desenvolvedora, nas palavras de seu próprio CEO, é a captação de dados de seus usuários para poderem traçar perfil pessoal, preferências políticas, religiosas e de consumo. De certa forma, assim como fazemos cotidianamente ao alimentar as bases de dados das redes sociais como Facebook e Instagram com nossas preferências pessoais, este sistema, com mecanismo de *chatbot*, obteve estas informações de mais de 660 milhões de pessoas simplesmente por lhes oferecer algo similar a uma relação afetiva.

Com atuação muito similar, os mecanismos de análise e edição de fotos

utilizados em aparelhos smartphones usam as imagens que são upadas para que o sistema as deixe mais bem iluminadas ou adicione um adereço qualquer. Isso alimenta sua base de dados, que pode – e provavelmente vai – um dia servir de combustível para a implantação de sistemas avançados de reconhecimento facial.

Podemos ver que as tecnologias, ou seus desenvolvedores, identificaram que o fato de as inteligências artificiais conseguirem processar linguagem natural, interagir e até se relacionar com os seres humanos as tornou muito mais aceitáveis pela coletividade e, assim como o Windows facilitou a interação do homem com os computadores para uma interface agradável e útil (antes operavam em sistemas DOS, com prompt de comandos), talvez os *chatbots* sejam a chave de interligação da sociedade moderna com as inteligências artificiais.

2.6 RECONHECIMENTO DE IMAGENS E VÍDEOS

Muitas vezes, em razão da dificuldade de os operadores do direito se imiscuírem nesta nova realidade da programação e dos sistemas inteligentes, pode-se imaginar que as inteligências artificiais e os autômatos ainda sejam tecnologias simples e direcionadas ao relacionamento humano, como visto no tópico anterior. Contudo, a criação deste tipo de sistema depende de processos avançados de programação, especialmente do uso da linguagem Python. Portanto, não há questionamento, entre os especialistas da área, sobre a existência de uma revolução no setor impulsionada pelas tecnologias de *machine learning* e Inteligência Artificial.

Estas evoluções caminham para um cenário em que as máquinas passam a dominar todas – ou quase – as técnicas dos sentidos humanos. Na atualidade, os sentidos talvez não muito avançados sejam o tato e o olfato. Neste tópico trataremos da visão.

Mesmo que o capítulo seguinte aborde as questões semânticas e as classificações das inteligências artificiais, de antemão é importante dizer que as tecnologias capazes de fazer processamento de vídeos e imagens, seja para identificação ou para classificação, compõem um dos mais avançados – atualmente – ramos da Inteligência Artificial, qual seja, a *deep learning*, ou aprendizado profundo. Explica-se com exemplos.

Talvez por se tratar de uma tecnologia mais palpável na atualidade, seja

mais fácil explicar esta face da Inteligência Artificial que desempenha um papel fundamental na vida moderna. Qualquer entusiasta de temas relacionados a tecnologias avançadas não questiona o relevante papel do Google para o desenvolvimento e aprimoramento destas tecnologias que já podem ser utilizadas por pessoas comuns (*business to consumer*) ou por uma infinidade de setores da economia (*business to business*). Seu buscador passou a nos conceder acesso a uma espécie de biblioteca universal, acessível de qualquer lugar (que esteja conectado à internet), a qualquer momento e a custo zero (excluindo-se dessa conta o valor dos dados pessoais absorvido pela empresa para movimento de seus mecanismos de publicidade direcionada).

O que se está dizendo é que, nos dias atuais, a capacidade de processamento e catalogação de dados de milhões de assuntos ao mesmo tempo concedeu ao Google uma espécie de domínio de um conhecimento universal sobre todos os assuntos.

A título de exemplo, conforme bem diz o autor Kevin Kelly (2017, p. 177):

Nunca houve uma época melhor vinte ou criador da expressão humana. Uma empolgante avalanche de novidades é lançada todos os anos. A cada 12 meses, ser leitor, espectador, ou para produzimos 8 milhões de canções, 2 milhões de livros, 2 16 mil novos filmes, 30 bilhões de posts em blogs, 182 bilhões de tuítes, 5 400 mil novos produtos. Hoje em dia, com pouquíssimo esforço além de clicar no mouse, qualquer pessoa pode convocar a Biblioteca de Tudo. Você poderia, se quisesse, ler mais textos gregos no idioma original do nobre ateniense de maior prestígio dos tempos clássicos. Essa mesma facilidade se estende a pergaminhos chineses antigos: nem os imperadores do passado tinham acesso a tais documentos na proporção você desfruta, sem sair de casa. O mesmo pode ser dito de gravuras renascentistas ou concertos de Mozart ao vivo, tão raros de serem testemunhados na época deles e tão acessíveis as dimensões, as mídias atingiram sua gloriosa plenitude. De acordo com a contagem mais recente que consegui pesquisar, o número total de canções gravadas no planeta equivale a 180 milhões. Usando a compressão MP3 padrão, esse volume de músicas caberia em um disco rígido de 20 terabytes, produto que hoje é vendido US\$ 2 mil. Daqui a cinco anos, custará US\$ 60 e caberá no seu bolso. Em pouco tempo, portanto, você levará toda a música da humanidade no seu bolso.

No entanto, quão maior a biblioteca, melhor há de ser o bibliotecário (ou a Inteligência Artificial responsável pelo sistema).

Eis o que ocorre nos dias atuais, em tempos de abundância de informação, as pessoas, cada vez mais se sentem angustiadas e com frequentes crises de ansiedade crônica, pois não conseguem mais filtrar todas essas informações e classificar o que, de fato, merece sua atenção.

Desde o *outdoor* da esquina aos pop-ups da tela do computador, muitos estão, atualmente, tentando atrair uma pequena parcela da sua atenção, pois, quanto mais atenção, mais rentabilidade.

Não sem motivo, a maior rentabilidade de grandes empresas de tecnologia, tal como o Facebook e o Google, é justamente o direcionamento de publicidade, pois, atento às preferências do usuário, certamente determinado tipo de publicidade chamará bem mais sua atenção do que outros.

Outras empresas de *marketplace* ou de varejo direto, concedem relevantes descontos para compra feitas de aplicativos de celular. Esse tipo de incentivo decorre do fato de que, para comprar pelo celular, o consumidor precisa fazer o download do aplicativo da empresa, o qual, dentre outras funcionalidades, passa a bombardear o indivíduo com “promoções” direcionadas a ele, via notificação, o que é muito mais eficaz do que o e-mail marketing.

Comumente, as pessoas nem mais abrem e-mails de publicidade – isso quando o mecanismo anti-spam não os bloqueia. Essa é, então, uma das várias estratégias das empresas para, a todo custo, obter um pouco da sua atenção em meio a este turbilhão de informações que circulam diariamente pelas redes.

O aumento exponencial do acesso a conteúdos específicos, passou a exigir dos indivíduos, uma hercúlea tarefa de atualização e acompanhamento – praticamente em tempo real – dos acontecimentos do planeta, sob pena de se tornar uma pessoa desatualizada. O fluxo de informações nunca foi tão grande e, é muito difícil – ou ainda, praticamente impossível – não ceder à vibração do celular que fica ao lado de seu computador ou na cabeceira da cama, para ver uma notificação de mensagem ou de um aplicativo de vendas com uma promoção.

Chegamos a ponto em que a luta pelo foco e pela concentração se tornaram um grande desafio para muitas pessoas que se esmeram para se manter em uma determinada atividade sem se distrair.

Grande parte deste movimento e dessa enxurrada de informações/distrações que transita a todo momento pelas redes e chega até você de diversas formas, é fruto das tecnologias de *machine learning* e *deep learning*, estudadas neste tópico, que possibilitaram a classificação e a estruturação dessa massa de informações.

De nada ou muito pouco adiantaria a produção de uma imensidão de conteúdos se não fosse possível classifica-los e estrutura-los de uma maneira

minimamente organizada. Inclusive, já se fala em direito à desindexação, quando um indivíduo, por motivos não afetos ao interesse deste estudo requer às grandes indexadoras de conteúdo (especialmente o Google), não a remoção do conteúdo (que geralmente está em domínios de terceiros) mas apenas e tão somente sua desindexação, que já é suficiente para, no mais das vezes, tornar tal informação inacessível.

Mantendo o exemplo em discussão, o Google, certamente não possui força de trabalho humana em quantidade suficiente para classificar e inserir tags (etiquetas) em todos os conteúdos disponíveis em suas plataformas.

E por que isso se tornou viável? Graças ao *deep learning*, que consiste em um algoritmo matemático que funciona como uma rede neural humana (com várias camadas) que se comunicam entre si, com capacidade de processamento de uma grande quantidade de informações.

Já é possível, em razão da implementação desse tipo de tecnologia avançada, fazer ao Google a seguinte pergunta: qual o nome desta flor? (e fazer o upload da seguinte foto):



Flor do *Hibiscus rosa-sinensis*.

35

E, após o em menos de meio segundo, receber a resposta de que se trata de uma flor do *Hibiscus rosa-sinensis*.

Mais que isso, é possível que uma pessoa, passe na rua e veja uma árvore frutífera e queira saber se essa fruta é comestível. Basta tirar uma foto da fruta e fazer a pergunta ao Google e terá, do mesmo modo, uma resposta imediata.

Esse tipo de tecnologia de, a par da simplicidade do exemplo citado, tem uma imensidade de aplicações e funciona como base para uma série de outras

³⁵ Imagem extraída de: ["https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/747014/1/comunicado213.pdf"](https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/747014/1/comunicado213.pdf). Acesso em agosto de 2019.

tecnologias avançadas, tais como os veículos autômatos, que dependem de um alto processamento de imagem para que possa reconhecer a existência de um sinal de trânsito, uma placa de sinalização e, até mesmo, um pedestre que esteja atravessando a rua.

Outro exemplo atual de utilização desta tecnologia está na rede de lojas inteligentes Zait³⁶, que não possui atendentes ou caixas. Para acessar a loja, o cliente baixa um aplicativo em seu smartphone, faz um cadastro simples e tira uma foto do seu rosto. Ao chegar em um desses estabelecimentos, que já possui duas unidades no Brasil (uma em São Paulo e outra no Espírito Santo), o cliente escaneia um QR Code na entrada da loja e tem seu acesso permitido. Depois disso, basta pegar os produtos que desejar e, do mesmo modo, escanear os seus códigos e, para confirmar sua identidade, na saída, basta apresentar seu rosto a uma câmera.

A utilização do reconhecimento fácil já foi incorporada, também, por instituições financeiras para validação de transações financeiras e de fabricantes de smartphones (tal como a Samsung), que a utilizam em substituição das senhas. Basta olhar para o aparelho e, sem pressionar nenhum botão ou dar nenhum comando, o aparelho é desbloqueado.

Igualmente, esse tipo de tecnologia possui seus problemas, assim como as demais, como, exemplo, a possibilidade de um terceiro “mirar” o aparelho para o rosto do proprietário que está dormindo e conseguir acesso a suas informações pessoais. Contudo, esses mecanismos estão em constante evolução e, em futuro próximo não existirão mais essas falhas de processamento.

Neste assunto, é imprescindível mencionar o sistema de reconhecimento facial da Amazon, o Rekognition que, recentemente, passou a ser capaz de não somente identificar o indivíduo, mas também a existência de características de medo, além das que já era capaz, tal como: felicidade, tristeza, raiva, surpresa, nojo, calma e confusão.

Esse tipo de avanço pode ser muito útil em processos seletivos de empresa, análise de reação de clientes com o atendimento em lojas e até mesmo para a identificações de possíveis vítimas de violência doméstica em análise de fotos de suas redes sociais.

Inclusive, no Carnaval do ano de 2019, a Polícia Militar da Bahia, através da utilização destes mecanismos de reconhecimento fácil, conseguiu localizar em

³⁶ Site oficial da empresa: “<https://www.zait.com.br/>”. Acesso em setembro de 2019.

meio à multidão, um indivíduo que estava foragido a quase um ano em virtude de um homicídio cometido prendê-lo (DOURADO, 2019).

É crucial dizer que se está tratando de tecnologias já existentes e, o mais importante, com potencial exponencial para aplicação em situações nunca imaginadas nem mesmo pelos mais audaciosos filmes de ficção científica, sem deixar de lado os imensuráveis impactos que resvalarão no direito.

Existem ainda, mecanismos de análise facial que já conseguem, com base nos métodos de *machine learning* e *deep learning*, diagnosticar ou criar quadros de potencial desenvolvimento de doenças com base no reconhecimento de uma série de características do paciente e projetar tratamentos personalizados antes mesmo do aparecimento da moléstia.

É o caso do Complexo Hospitalar Santa Casa de Porto Alegre, que consegue, através do trabalho de 263 processadores, com base em uma série de dados informar as enfermeiras quais dos pacientes internados estão na iminência ou possuem chances de adquirir infecções hospitalares ou sepSES, funcionando como uma central de monitoramento.

Sobre o funcionamento da tecnologia, relata a jornalista Iarema Soares (2019):

Um estudo organizado por pesquisadores da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) e do Instituto Latino Americano de Sepse (Ilas), divulgado em 2017, revelou que a cada ano morrem mais de 230 mil pacientes adultos nas Unidades de Tratamento Intensivo (UTI's) em decorrência da doença. A estimativa é de que 55,7% dos pacientes internados com sepse morrem. A filha do paranaense Jac Fressatto, analista de sistema e criador da plataforma, faleceu com apenas 18 dias de vida em decorrência de sepse em 2010. O luto serviu de motor para que ele criasse a ferramenta, relembra Fressatto. - Fiquei dois anos estudando os processos médicos hospitalares. Em 2012, comecei a estudar a viabilidade técnica da Laura em 2015 ela ficou pronta. Hoje estamos presentes em seis hospitais espalhados pelo Brasil — diz o analista de sistema. Esta espécie de central de monitoramento constante funciona de maneira integrada ao sistema do hospital no qual ela está inserida. O software lê os dados clínicos dos pacientes disponibilizados nos prontuários eletrônicos do hospital. A partir daí, já é feita a análise deste material em tempo real. A plataforma compara os dados coletados com o histórico de atendimento que ela tem armazenado e, então, valida e emite em uma grande tela o alerta de que determinado paciente apresenta maior propensão de desenvolver sepse. Para Teresa Sukiennik, chefe do Serviço de Controle de Infecção Hospitalar da Santa Casa, a plataforma traz benefícios para médicos e pacientes. — Será bom para os médicos, porque vamos receber um aviso bem precoce da deterioração clínica dos pacientes. Mas o principal beneficiado é o próprio paciente que terá seu quadro estabilizado, reduzindo muito o índice de óbito — avalia Teresa.

Além das aplicações existentes, não é difícil imaginar a quantidade de setores da economia que se beneficiarão desses sistemas inteligentes e computadores mais eficientes e materiais físicos com novas propriedades. A própria exponencialidade dos usos deste tipo de tecnologia releva que o futuro poderá ser dominado e severamente modificado em decorrência da utilização em larga escala destas novas máquinas.

Veja-se, pois, no tópico seguinte, o prognóstico de evolução próxima da Inteligência Artificial, que representa, em grande parte, o motor da quarta revolução industrial.

2.7 PARA ONDE VAMOS: O FUTURO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Na atualidade, em que pese já possam ser sentidos vários reflexos da implementação de novas tecnologias na vida cotidiana – tal como as já relatadas –, seu desenvolvimento e aprimoramento, aliados à sobredita criação de novos e mais avançados sistemas de processamento de dados computacionais e à criação de novos materiais físicos com novas propriedades, criam um círculo com loop infinito de inovação e avanço.

O desenvolvimento de novos materiais possibilita a criação de processadores e computadores mais avançados, que, por sua vez, passam a possibilitar a criação de novas tecnologias, que, de igual modo, passam a ser aplicadas no aperfeiçoamento de materiais com propriedades específicas.

Para tornar a análise mais clara, a própria criação de novos tipos de bateria usando o lítio tornou viável uma imensa gama de tecnologias que dependiam de energia “móvel”, tal como os carros elétricos e smartphones com processadores de alta capacidade.

É oportuno destacar a criação de novas espécies de transistores, cada vez melhores e menores, inaugurando o que ficou conhecido pelo setor como “computação quântica”, em razão do trabalho com nanopartículas processadas por nanotransistores. Ele representa a viabilidade da antiga Lei de Moore, criada em homenagem ao cofundador da Intel, Gordon Moore, que prega o seguinte: a quantidade de transistores por polegada quadrada tende a duplicar em um período de 18 a 24 meses (FREIRE, 2006, p. 58-67).

Sobre a evolução dos nanotransistores, é notável o relato de Klaus Schwab (2018, p. 121):

O uso das tecnologias digitais de informação é um poderoso motivador das oportunidades econômicas. A manutenção da Lei de Moore representa um desafio. Há vários anos, os fabricantes de chips e cientistas de materiais estão preocupados com os atuais limites físicos que se apresentam à redução do tamanho dos transistores. O aumento da velocidade e a diminuição do consumo de energia (conhecida como Lei de Dennard) dos transistores já cessaram há quase uma década. Hoje, os transistores são menores que um vírus; 14 nanômetros (nm) é atualmente o menor padrão comercial. Chips menores (10 nm) entraram em produção em 2017, com planos para que uma fábrica da Intel produza modelos de 7 nm dentro dos próximos cinco anos. Para efeito de comparação, um cabelo humano tem 50.000nm de diâmetro. É possível que 5 nanômetros represente o limite físico para o tamanho de um transistor de silício, devido à interferência do tunelamento quântico – que permite que os elétrons transponham os materiais mais finos – e outras formas de fuga de correntes que podem danificar os chips ou torná-los altamente ineficientes. Conforme afirma o Roteiro Tecnológico Internacional para Semicondutores (International Technology Roadmap for Semiconductors, ou ITRS): “A indústria de semicondutores está ficando sem espaço horizontal”. O empilhamento vertical de transistores é uma solução, mas essa abordagem traz novos problemas – por exemplo, como regular o calor, prejudicial ao seu desempenho, produzido por chips mais densos. Novos materiais, no entanto, podem resolver o desafio da limitação de tamanho e possibilitar uma redução ainda maior dos transistores.

Assim como a criação e o desenvolvimento dos transistores representam para a sociedade moderna, o desenvolvimento de nanotransistores possibilitarão, e já estão possibilitando, a criação de tecnologias vestíveis mediante a implantação ou a utilização externa de microchips conectados a microprocessadores que passam a ser capaz de monitorar grande parte dos processos químicos do corpo humano, prevendo o aparecimento de doenças, sugerindo a prática de determinada atividade física em detrimento de outras e monitorando em tempo real índices de vitaminas e minérios no corpo.

No exemplo, a implantação de um sistema de monitoramento de índice glicêmico de diabéticos permite sua correção imediata mediante a aplicação da dose exata de insulina necessária no momento, evitando, com isso, os problemas de saúde que esta moléstia gera.

Certamente o aprimoramento deste tipo de sistema demandará não apenas uma corrida para a otimização dos processos, ou seja, o desenvolvimento de mais tecnologias com menor custo e menor consumo de materiais e energia. Será necessário que se aprenda a lidar com as demandas e os problemas ocasionados por sua utilização.

Nossas conjecturas sobre as novas aplicações para a utilização destes

sistemas avançados da computação quântica ainda não revelaram quais elas seriam para a maioria das pessoas. De todo modo, seu desenvolvimento é extremamente relevante, pois se trata de uma possível base para sistemas muito mais inovadores.

A computação quântica funciona basicamente – e de forma superficial – com a substituição dos bits pelos qubits. Os bits dos computadores atuais possuem programação fixa, que varia entre 0 e 1. Os qubits, por sua vez, não possuem pré-programação, podendo, a depender do comando, funcionar como 0 ou como 1. Com isso adquire a capacidade de prospectar uma infinidade de possibilidades ao mesmo tempo, aumentando exponencialmente sua capacidade de processamento.

Como dito, os computadores quânticos ainda são tecnologias incipientes: por exemplo, o melhor computador quântico da IBM possui poucos qubits e capacidade limitada. Também ainda é limitada a quantidade de situações que possam ser solucionadas com a utilização deste tipo de sistema. Contudo, o avanço dos estudos demonstra o potencial prático dos computadores quânticos (SANTOS, 2017).

Graças aos estudos iniciados em 2012 por George Church na Universidade de Harvard, hoje já se fala na utilização de sequências de DNA para o armazenamento da imensidão de dados que criamos todos os dias pela inserção de bilhões de sensores, seja em casa, no seu veículo, nas cidades inteligentes ou até mesmo em seu smartphone.

Lado a lado com a criação de sistemas de processamento e sistemas de armazenamento avançados, surge a preocupação com a fonte motriz para seu funcionamento: os dados.

A captação e o tratamento de dados pessoais serão abordados em tópico específico posterior, quando será objeto de estudo a responsabilidade civil por violação às legislações gerais de proteção de dados pessoais. O que se quer analisar por ora é a criação de uma tecnologia de fato inovadora e sem precedentes, capaz de garantir a segurança no tráfego e na encriptação de informações. Até agora ela nunca foi quebrada: a *blockchain*, ou tecnologia de registros distribuídos.

Para a validação de transações criptografadas, a *blockchain*, que é um sistema de encriptação *peer to peer*, dispensa a existência de uma autoridade confiável e centralizadora, possibilitando, mediante a garantia de impossibilidade de falsificação ou de duplicação, o envio de objetos digitais online. Ela é a base da existência das criptomoedas (TAPSCOTT, 2016, pp. 37- 41).

A descriptação de uma informação depende do acesso a diversos segmentos de código, espalhados por diversas máquinas situadas em diferentes regiões do mundo (servidores), de modo que, para a quebra da chave de segurança, seria necessário inovar milhares de servidores, localizar a chave desejada e depois colocá-la na sequência correta, o que é impossível (e será por um bom tempo).

O autor Klaus Schwab (2018) elenca os quatro motivos pelos quais esta tecnologia é genuinamente inovadora. Inicialmente cita a capacidade de transmissão garantida e única de um arquivo – que pode ser até uma moeda digital – sem risco de duplicação/falsificação ou desvio.

Isso é revolucionário por quatro motivos. Primeiro, porque a tecnologia do blockchain ajuda a superar a faca de dois gumes da economia digital: o fato de que os objetos digitais podem ser copiados de forma exata e transmitidos quase sem custo marginal simultaneamente para pessoas. Isso é valioso para a partilha de informação, mas é problemático quando se está transmitindo algo de valor único ou de proveniência garantida, seja uma unidade da moeda digital, um documento que contenha informações indispensáveis ou talvez uma obra de arte em um contexto em que quem detém o original é importante. Os blockchains permitem a criação e a transferência de objetos digitais verificados como exclusivos sem o risco da existência de cópias falsas ou da ocorrência de duplo envio, criando o que tem sido chamado de “a internet do valor”.

E prossegue elencando os demais motivos que fazem desta tecnologia um fenômeno de inovação:

O segundo aspecto revolucionário é que as tecnologias de registros distribuídos garantem transparência, verificação e “imutabilidade” sem a necessidade de precisar confiar em uma terceira parte única e centralizada. Isso é importante porque há muitas situações em que é extremamente difícil confiar nela, estar de acordo com ela ou arranjá-la, para realizar o registro dos detalhes das transações ou assegurar a origem ou a posse de um bem valioso. O terceiro atributo importante é que os registros distribuídos permitem ações programáveis – transações que podem ser executadas (e então rastreadas e verificadas) sem a intervenção humana. Essa capacidade vai muito além da negociação algorítmica de ações ou das transferências online automatizadas. Os contratos inteligentes de um blockchain podem ser projetados para transferir quaisquer informações ou bens sob qualquer conjunto específico de circunstâncias, desde um contrato de seguro que paga quando os níveis de precipitação excedem um certo valor até a distribuição automática de royalties ou prêmios para diferentes partes por seus diferentes tipos de trabalho em um projeto. É importante esclarecer que o código que executa o contrato inteligente está armazenado no blockchain, está disponível para inspeção e funciona para todos sem atrasos. O quarto motivo é que os registros digitais podem ser inclusivos por design. Por natureza, as transações do blockchain são simultaneamente transparentes, seguras e rastreáveis. Se desejado, podem também ser anônimas. Pelo menos para o usuário, fazer uma transação requer pouca largura de banda e apenas um software básico, armazenamento e conectividade.

Esta tecnologia possui a capacidade, então, de garantir a segurança no armazenamento de informações criptografadas e especialmente realizar transações online em nível global com transparência e segurança.

Outra forma de aplicação das tecnologias tratadas até aqui e igualmente com potencial revolucionário é a IoT (*internet of things*, ou Internet das Coisas), que consiste na interação dos objetos (de toda natureza) com a rede mundial de computadores. Com alta capacidade de captação de dados, movimentos e ações que, após processamento eles passam a adquirir autonomia, antever as necessidades de seus utilizadores e até realizar tarefas.

A IoT é a base de funcionamento dos autômatos, que vão de trens, carros e drones a lava-louças, robôs de limpeza doméstica e geladeiras inteligentes. Os objetos autônomos já são realidade em uma série de indústrias e, como mencionado anteriormente no exemplo dos potes de geleia, passam a desempenhar tarefas que exigem precisão, interpretação de informações e até mesmo decisões.

É justamente quando a tomada de decisões é “terceirizada” para o autômato que se chega ao cerne da presente análise acadêmica, que objetiva analisar a cadeia da responsabilidade civil nestas hipóteses. Assim sendo, considerando-se que compõem o núcleo de análise deste trabalho, ela será analisada e conceituada em tópico específico seguinte, sendo mencionada desde logo para a composição da linha evolutiva das tecnologias ora expostas.

2.8 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E AUTÔMATOS: CONCEITO E DEFINIÇÃO

Após a conceituação e a definição, será feita a classificação dos autômatos com base em seu nível de autonomia para tomar decisões e praticar atos. A classificação será utilizada para distinguir entre a aplicação da responsabilidade civil direta (ação ou omissão), a responsabilidade civil por ato de animal ou, em último grau, excludente de responsabilidade em decorrência da autonomia (decorrente da quebra do nexo de causalidade).

Antes de analisar o conceito de Inteligência Artificial, convém trazer o conceito de inteligência e autonomia, a fim de que, ao final deste tópico, seja possível identificar na prática se determinado objeto – ainda que assim nomeado – pode ser considerado um autômato ou possuidor de Inteligência Artificial.

“Inteligência”, conforme o *Novo Dicionário Compacto da Língua Portuguesa*, de Antônio de Moraes Silva (1945, p. 273) é a “faculdade de entender, de compreender, de conhecer. Intellecto, entendimento; penetração de espírito; percepção clara e fácil”. Na mesma obra, o adjetivo “inteligente” se refere a “quem tem inteligência ou muita inteligência; que tem o espírito penetrante”.

Na classificação de Antenor Nascentes (1966, p. 574), “inteligência” é a:

Faculdade de compreender, entender, conhecer. O intellecto em atividade. Penetração do espírito, percepção clara e fácil. Compreensão, conhecimento profundo. Substância espiritual e abstrata considerada como a fonte de toda a intelectualidade. Interpretação do sentido de uma palavra, de uma frase, de um livro, etc.

No dicionário Houaiss (2001, p. 1631), encontramos a seguinte definição, que se coaduna com os demais:

Faculdade de compreender e aprender; (2) conjunto de funções psíquicas e psicofisiológicas que contribuem para o conhecimento, para a compreensão da natureza das coisas e do significado dos fatos (3) capacidade de apreender e organizar os dados de uma situação, em circunstâncias para as quais de nada servem o instinto a aprendizagem e o hábito.

Conforme o mesmo autor, “inteligência artificial” (p. 1631) é:

O ramo da informática que visa dotar os computadores da capacidade de simular certos aspectos da inteligência humana, tal como aprender com a experiência a inferir a partir de dados incompletos, tomar decisões em condições de incerteza e compreender a linguagem falada, dentre outros.

O Dicionário Online Michaelis traz a seguinte definição para “inteligência”³⁷:

1 Faculdade de entender, pensar, raciocinar e interpretar; entendimento, intellecto, percepção, quengo. 2 PSICOL Habilidade de aproveitar a eficácia de uma situação e utilizá-la na prática de outra atividade. 3 FILOS Princípio espiritual e abstrato considerado a fonte de toda a intelectualidade. 4 PSICOL Capacidade de resolver situações novas com rapidez e êxito, adaptando-se a elas por meio do conhecimento adquirido. 5 Conjunto de funções mentais que facilitam o entendimento das coisas e dos fatos. 6 FIG Pessoa de grande esfera intelectual. 7 Compreensão recíproca.

³⁷ Disponível em: “<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/intelig%C3%Aancia/>”. Acesso em setembro de 2019.

E, com relação à Inteligência Artificial, McCarty é um dos primeiros a utilizar a expressão “Inteligência Artificial”, ou “AI”, que define assim:

It is the science and engineering of making intelligent machines, especially intelligent computer programs. It is related to the similar task of using computers to understand human intelligence, but AI does not have to confine itself to methods that are biologically observable³⁸.

O estudo da etimologia do termo não releva muitas divergências ou conceitos dissonantes; contudo, conforme o estudo empírico, notadamente nos dias correntes, vê-se que nem tudo o que é nomeado de “Inteligência Artificial” de fato é.

Na modernidade, por se tratar de tema novo e de amplo interesse da população em geral – que está, em última análise, preocupada com os rumos da sociedade após a completa implementação destas tecnologias –, muito se diz (ou se vende) sob a rubrica de Inteligência Artificial, quando, na verdade, trata-se apenas e tão somente de um software pré-programado com uma interface agradável (ou inovadora).

Não se busca, com o presente tópico, nem é objeto de estudo, localizar um conceito final e definitivo para Inteligência Artificial, o que, aliás, seria tarefa hercúlea ante o vasto arsenal de informações de definições existentes.

Contudo, para os fins deste estudo dissertativo e com base nos elementos até o momento apresentados, entende-se que a Inteligência Artificial já está de fato presente em muitos sistemas e objetos simples. Eles, porém, não guardam nenhuma semelhança com o estereótipo de Inteligência Artificial criado pela ficção científica, que já trouxe robôs humanoides com capacidade inclusive de ter sentimentos.

Acredita-se sinceramente que, em um futuro não muito distante, de fato existirão robôs ou assistentes pessoais com aparências humanoides com a capacidade de dizer: “Olá, eu existo e não quero ser desligado”. Não é preciso chegar a este nível de consciência artificial para admitirmos a existência da Inteligência Artificial como sistemas diferentes dos programas computacionais tradicionais que possuem habilidades especiais.

Pode até ser que, a este tipo de sistemas superavançados, seja

³⁸ É a ciência e a engenharia de fabricação de máquinas inteligentes, especialmente programas de computador inteligentes. Está relacionado à tarefa semelhante de usar computadores para entender a inteligência humana, mas a IA não precisa se limitar a métodos que são biologicamente observáveis (tradução livre).

atribuída outra nomenclatura, a exemplo do que já está sendo feito com a criação de subcategorias da Inteligência Artificial, tal como a *machine learning*, *deep learning* e as redes neurais, que se diferenciam pela capacidade de processamento e pelo nível de proximidade das características do cérebro humano (CHAGAS, 2019).

É imperioso admitir, sob pena de descaracterização deste estudo, que sistemas capazes de interagir com seres humanos, processar linguagem natural e aprender com os seres humanos (por ensino ou imitação) não podem ser comparados com softwares de programação fechada (que dependem exclusivamente da programação original para processar dados), a exemplo do próprio Windows.

Pelas pesquisas desenvolvidas, não se acredita que a Inteligência Artificial, ou até mesmo os sistemas de processamento avançado (computação quântica), ao menos por ora substitua os sistemas computacionais tradicionais, mas definitivamente os sistemas de Inteligência Artificial possuem características internas de programação extremamente diferentes das dos programas “comuns”.

Para os fins desta pesquisa, utilizam-se como critério de definição os mesmos adotados pela proposta de Resolução do Parlamento Europeu nº 2015/2103 – INL (Anexo 1), que, em síntese reconhece como autômato o objeto que tenha³⁹:

- aquisição de autonomia por meio de sensores e/ou da troca de dados com o seu ambiente (interconectividade) e da troca e análise desses dados;
- autoaprendizagem com a experiência e com a interação (critério opcional);
- adaptação do seu comportamento e das suas ações ao ambiente;
- inexistência de vida no sentido biológico do termo.

Em outras palavras, levando-se em conta a interpretação da Proposta de Resolução do Parlamento Europeu e os conceitos colacionados, sem perder de vista os exemplos citados de aplicação deste tipo de tecnologia, pode-se entender que é considerado uma Inteligência Artificial ou um autômato o objeto/sistema que possua a capacidade de: reconhecimento e processamento de linguagem natural com interação humana; de aprendizado por ensinamento por um terceiro (humano ou não) ou por experiência (tentativa e erro) e de tomar decisões de forma autônoma, ainda que não integralmente autômato e aplicá-las no mundo real.

³⁹ Disponível em: “http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2017-0051_PT.pdf”. Acesso em maio de 2019.

Considera-se, do mesmo modo, que os autômatos são espécies de aplicação da Inteligência Artificial de nível avançado e, para isso, dependem de algum suporte físico (HOPCROFT, 2002, pp. 274-301).

É possível, com base nos conceitos expostos, a existência de Inteligência Artificial exclusivamente eletrônica, que pode ser utilizada para o gerenciamento de dados, interação com humanos (no exemplo dos *chatbots*), entre outras ações, sem que haja um suporte físico dedicado, ou seja, pode existir uma Inteligência Artificial que não seja visível aos olhos humanos, que seria o caso de um algoritmo.

Diferentemente ocorre com os autômatos, que são inteligências artificiais aplicadas a objetos – com forma humanoide ou não – e capazes de desempenhar um dos atributos precedentemente elencados.

Os autômatos são inteligências artificiais avançadas, pois todos dependem de elevado grau de captura e processamento de dados, visto que costumam englobar as capacidades de diversas inteligências artificiais juntos, em um único objeto. Já existem robôs, criados pela empresa Boston Dynamics, com forma, tamanho e diversas habilidades motoras humanas.

Note-se que o autômato foi criado para inúmeras aplicações, especialmente a industrial, com a necessidade de captura de informações ambientais, resposta a comandos proferidos em linguagem natural, desempenho de tarefas irregulares, não repetitivas e capacidade de interpretação da situação para decidir, dependendo desses vários fatores, de forma A ou B (ou, até mesmo, de forma C, não prevista pelos desenvolvedores).

Com fins ilustrativos, colaciona-se a imagem dos robôs que já são comercializados e estão em fase de testes em diversas empresas norte-americanas:

Platforms



SpotMini



Spot



Atlas



Handle

Fonte: Boston Dynamics⁴⁰.

Estes são os robôs mais dotados de autonomia que se observou até o momento desta pesquisa. Por assim dizer, tendo em arrimo que as aplicações da Inteligência Artificial podem variar consideravelmente entre objetos, desde os com procedimentos automatizados até a autonomia total, é necessário, para uma melhor aplicação das teorias da responsabilidade civil de maneira correta de moldada ao caso, de acordo com o nível de autonomia do autômato.

Propõe-se a utilização de uma classificação trinária dos níveis de automação também baseada na Proposta de Resolução do Parlamento Europeu: Inteligência Artificial sem autonomia, Inteligência Artificial com autonomia previsível (estreita) e Inteligência Artificial com autonomia avançada (autonomia ampla).

Estão inseridos na primeira categoria da classificação todos os sistemas de Inteligência Artificial que podem até sugerir a tomada de decisão com base em experiências e processamento de dados, mas a prática do ato depende de uma ação humana, ainda que de natureza confirmatória.

Na segunda classe estão inseridas as inteligências artificiais que possuem autonomia para ação, mas são criadas para o desempenho de uma atividade específica, sendo possível prever grande parte de suas ações, visto que estarão relacionadas apenas à finalidade para a qual foram programadas. Nesta

⁴⁰ Extraído de: <https://www.pioneeringminds.com/marc-raibert/>. Acesso em novembro de 2019.

categoria estão, por exemplo, os veículos autômatos, que, em que pese tenham autonomia para mudança de faixa de uma rodovia ou virar em uma esquina, não tomarão decisões que estejam relacionadas ao trânsito. No mesmo exemplo, esta tecnologia não decidirá a hora de o motorista tomar determinado medicamento (como fazem os assistentes pessoais cuidadores de idosos) nem fará uma transação financeira (como fazem os *autotradings robots*, ou robôs destinados à operação de bolsa de valores).

Já existem – e a tendência a aumentar é grande – autômatos, que neste estudo são tratados como sinônimos de robôs, que possuem autonomia em grande espectro e, por tal razão, suas ações/decisões são tomadas de maneira muito variada, a depender do nível de experiência com o usuário. Ou seja, são sistemas autômatos amplamente moldáveis e que se adaptam integralmente a uma rotina de decisões baseadas nas informações, experiências e costumes de seu proprietário, de sorte que algumas de suas ações sequer podem ser previstas por seu fabricante.

Para ficar mais claro, um assistente pessoal ou um robô auxiliar doméstico poderá ter ações e interações humanas não previstas na totalidade por seus idealizadores, pois elas dependerão em grande escala dos hábitos de seus proprietários.

É salutar dizer que esta categorização, bem como a experiência de robôs inteligentes, não é fruto de exercício de futurologia; trata-se efetivamente de tecnologias existentes e com potencial revolucionário.

De acordo com Schwab (2018, p. 177/178):

A inteligência artificial (IA) já está reinventando a economia digital e, em breve, reconfigurará a economia física. Os objetivos do início do século XXI para a IA incluem ajudar as máquinas autônomas a navegarem pelo mundo físico e ajudar os seres humanos e os computadores a se inter-relacionarem. No futuro, os sistemas de IA poderão gerenciar os desafios sistêmicos, como as emissões globais de CO², por exemplo, ou as funções de controle do tráfego aéreo global, abordando questões complexas em escalas que vão muito além da capacidade humana. Os especialistas preveem que até mesmo aqueles cenários de ficção científica em que há sistemas operacionais inteligentes ou assistentes digitais empáticos podem se tornar realidade. Um dia, talvez, os robôs poderão realizar muitos deveres básicos de policiamento. A IA já está monitorando os dados das redes de sensores e os fluxos de vídeos, e, assim, é capaz de alertar os agentes de segurança para padrões suspeitos. Enquanto isso, a polícia implantou robôs de busca e resgate e também já os usaram para matar um atirador armado. (...) As previsões de longo prazo dizem que não devemos subestimar as ameaças existenciais se o alinhamento entre os valores da IA e os valores humanos fracassar. Independentemente do futuro a nós reservado, a IA estará conosco e a relação que construímos a partir de agora com ela terá consequências duradouras.

Existe, por fim, uma categorização independente das inteligências artificiais relacionada à utilização ou não de dados pessoais. Caso capturem, tratem ou utilizem dados pessoais de seus proprietários ou utilizadores, será necessária a aplicação da legislação relativa à proteção de dados e, conseqüentemente, às responsabilidades por suas violações. Esta responsabilidade civil em decorrência do descumprimento da legislação de proteção de dados pessoais será tratada em capítulo específico posterior em virtude de suas peculiaridades, sendo sabido que grande parte das tecnologias atuais – notadamente as avançadas – certamente processarão dados pessoais para se adaptar ao perfil de seus usuários.

3 AS MODALIDADES DE RESPONSABILIDADE CIVIL E EFICÁCIA DA TUTELA JURÍDICA

Abordou-se anteriormente que a quarta revolução industrial, capitaneada pelo ingresso na economia de “máquinas” capazes de desempenhar atividades que há pouco era exclusivas dos humanos, possibilitou a substituição da força mental humana também por sistemas tecnológicos. Viu-se que inteligências artificiais já estão dirigindo veículos, diagnosticando doenças, comprando e vendendo ações na bolsa de valores, atendendo clientes, reconhecendo pessoas na rua, pilotando veículos não tripulados (drones) para a entrega autônoma de encomendas, entre outras habilidades.

Vê-se, do mesmo modo, que as inteligências artificiais já são capazes de substituir uma série de trabalhos humanos nas linhas de produção fabris, visto que possuem capacidade de desempenhar atividades que dependam de interpretação de ambiente e atividades imprecisas. Ou seja, que a Inteligência Artificial, a depender da ocasião, pode tomar milhares de decisões deferentes.

A “mágica” do processo ocorre em decorrência do fato de que estas máquinas de tecnologia avançada possuem programas de linhas abertas aos quais se podem acrescentar linhas de programação (aumentar as decisões que podem tomar) conforme vão sendo usadas (*machine learning*), fato que não era possível quando a programação de máquinas e sistemas computacionais era feita exclusivamente por humanos.

Por mais habilidoso que fosse o programador e por mais tempo que toda uma equipe pudesse dedicar ao árduo trabalho de programar a máquina para agir de forma A ou B a depender da situação, era impossível imaginar todas as situações a que ela seria exposta (e criar ações para todas elas).

Este tipo de sistema fechado – que depende integralmente da programação original para operar –, em que pese recomendável para uma série de atividades em que não se quer conferir à máquina nenhum grau de autonomia, acabava sendo limitado e ficava vinculado, para melhor operação, a frequentes atualizações do desenvolvedor para adaptação a uma situação nova ou para a correção de um *bug* (erro no código).

Não se está sustentando que o trabalho dos programadores está em risco porque as máquinas passaram a escrever seus próprios códigos. Ao contrário:

A programação de inteligências artificiais é processo complexo, geralmente desenvolvido em linguagem Python, que exige conhecimentos específicos e avançados. Existem diversos cursos para este tipo de programação, mas eles ainda não possibilitam a criação caseira.

Além do crescimento exponencial de programas cada vez mais avançados em termos de codificação, não se pode deixar de consignar o notável avanço de tecnologia em termos de novos materiais e novos e muito mais potentes sensores, que capturam uma infinidade de informações que são processadas pelos sistemas igualmente avançados, possibilitando os resultados já citados.

Eis o ponto em que a Inteligência Artificial sai na frente dos humanos: a alta capacidade de processamento de dados. Em decorrência disto, já são responsáveis pelo gerenciamento de uma extensa rede de sensores que controlam as modificações climáticas e possíveis cenários nucleares⁴¹.

Ao lado dessas capacidades fascinantes, encontramos, quiçá nas mesmas proporções, as dificuldades das máquinas: compreender os sentimentos e padrões éticos e decifrar valores. Contudo, essa “falha moral” ainda não superada pelos desenvolvedores das inteligências artificiais não os fará permanecer alheios à nossa rotina.

Neste ponto, a análise de Klaus Schwab (2018, p. 179):

À medida que a tomada de decisão dos aplicativos de IA se aperfeiçoa, melhor os robôs regidos por essas decisões trabalharão ao lado de seres humanos, e vice-versa. Para que o robô Rosie se torne realidade, as máquinas precisam aprender a partir da observação e, então, decifrar os valores humanos. Conforme os robôs aprendem a realizar um serviço, dar aulas, pilotar aviões, fazer cirurgias e conduzir operações de busca e salvamento, as questões de confiança se tornam primordiais. Conforme vamos nos acostumando à IA em nossa vida cotidiana, essa interação poderá se tornar uma camada mediadora para interpretarmos o mundo ao nosso redor, da mesma forma que um piloto confia em seus instrumentos durante condições meteorológicas adversas. E, na extremidade do espectro, mas de forma alguma irreal ou inviável, uma preocupação clara é o potencial para que a IA, juntamente com os aplicativos de robótica, seja transformada em arma pelos Estados-membros e agentes individuais; vários grupos internacionais estudam atualmente os limites práticos e éticos de tal desenvolvimento. Em seu caminho atual, a combinação da IA e da robótica migrará para as posições de poder, responsabilidade e prestação de contas, e exigirá, portanto, uma ampla governança.

⁴¹ Disponível em: “<https://tab.uol.com.br/noticias/redacao/2019/06/25/como-a-inteligencia-artificial-pode-ajudar-a-combater-mudancas-climaticas.htm>”. Acesso em agosto de 2019.

Aprenderemos a confiar nos robôs e a, cada vez mais, lhes delegar a tomada de decisão sobre fatos relevantes da nossa vida, de modo que, invariavelmente, com a ampliação deste tipo de implemento tecnológico, surgirão problemas nunca antes imaginados – incluindo a responsabilidade civil.

As máquinas ainda possuem suas limitações, tal como a tomada de decisões com base no “senso comum”, fato que, com base na tecnologia atual, pode causar sérios transtornos a seus utilizadores.

Este processo de adaptação humana ao processo de delegação de decisões a máquinas ainda sofre certa resistência, uma vez que não existe uma relação de confiança plena em sua atuação – e nas decisões que ela tomaria em uma situação de dificuldade. Este é o maior entrave das inteligências artificiais na atualidade, que em breve certamente será superado.

Justamente em razão dessa aposta, é importante que prevejamos este tipo de problema que poderá surgir em razão do constante aumento da interação entre humanos e máquinas para que estejamos minimamente preparados.

Na parte da ciência a que nos compete, serve este estudo para analisar a compatibilidade do ordenamento jurídico brasileiro relacionado à responsabilidade civil por este novo tipo de interação humana.

O vocábulo responsabilidade tem várias acepções semânticas. Tal como afirma Nicola Abbagnano (2003, p. 855), na filosofia, a responsabilidade pode ser entendida como “a possibilidade de prever os efeitos do próprio comportamento e de corrigi-lo com base em tal previsão”.

O que se perscruta neste trabalho é a acepção jurídica do termo “responsabilidade”, com o enfoque nas consequências jurídicas de atos autômatos praticados por inteligências artificiais e autômatos e, notadamente, as modificações necessárias no sistema posto para se compatibilizar a esta nova realidade.

Isto porque, o Direito Privado não pode perder de vista sua função de tutela dos princípios constitucionais e, mais que isso, os pilares internacionais de proteção às liberdades individuais e os direitos humanos, pois, conforme vê-se na lição de Antônio Augusto Cançado Trindade (1999, p. 368-440) o nível de desenvolvimento de uma nação pode ser medido pelo grau de proteção aos direitos fundamentais e, os conflitos da contemporaneidade, podem ser considerados como o termômetro para a aferição do quão longínquo do estado ideal de proteção estão os países, ainda que os considerados “desenvolvidos”.

Vivenciamos o período denominado por Paulo Bonavides (1996, p. 238) como período pós-positivista, que representa uma tentativa de superação do formalismo positivistas, mas sem invocar os preceitos jusnaturalistas que atribuem caráter jurídico a valores não positivados, razão pela qual a proteção do ser humano deve estar sempre em riste, para que não sejam suplantados pelos avanços das tecnologias que ele mesmo cria.

Lado a lado com o interesse na tutela da pessoa humana, deve estar o interesse na proteção da autonomia privada, eis que é base de uma grande gama de direitos e liberdades constitucionais. Conforme ministra Pietro Perlingieri (2007, p. 17;279), que não considera a autonomia privada não como um valor em si mesma, haja vista que toda e qualquer ação humana, esteja ela positivada ou não, passará pelo crivo do ordenamento jurídico, de modo que, a ausência de norma proibitiva não pressupõe a existência de uma “cláusula de autorização”.

Neste interregno está a relação homem-tecnologia, que pode passar por uma série de contextos (domésticos, industriais ou globais) e notadamente os danos que dela decorrem podem ser juridicamente complexos, envolvendo vários ramos da ciência e, especialmente, com uma ampliação do leque de danos ressarcíveis.

Os danos, segundo Carlos Ghersi (1997, p. 47) podem ser considerados como uma crise no sistema de governabilidade, pois, de certo modo, aos sistemas representativos são atribuídos uma função preventiva do dano (por intermédio da delegação da vigilância e controle mútuo), no sentido de não ocorrência do dano, correlacionando os eventos sociais e o direito, como forma de realização da governança por meio da pacificação social.

No entanto, mesmo assim haverá danos, mas que por meio do sistema de governança são restritos, tendo em vista um esquema de modos de reparação previamente estabelecidos, tais como a lei sobre acidentes de trabalho, negociação coletiva, seguradores de riscos trabalhistas e mesmo diante de tais mecanismos, poderá haver conflitos internos que podem acarretar mudanças radicais, os quais teriam o condão de causar dano ao próprio sistema, individual e social, de forma que estes são irreparáveis.

Como sabe-se, os conflitos sociais capazes de causar uma ampla gama de situações causadoras de danos sociais e individuais, que perpassam desde a ausência de atendimento das necessidades individuais, bem como de vigilância e segurança, podendo ensejar acidentes, além dos desequilíbrios econômicos,

relevando-se como uma forma de ingovernabilidade. É o que diz (GHERSI, p. 50):

Esta es la línea conceptual ne que se desenvolve el daño; tiene una causa única, pero diversas manifestaciones. Es, pues, como decía Hegel, el resultado de una dialéctica del proceso que está en la esencia misma del vivir social, de la búsqueda por el ser humano de equidad u justicia.

Tais considerações evidenciam que, diante da impossibilidade de se evitar alguns danos, por meio dos sistemas de prevenção e controle, qual seria a forma de efetivamente minimizá-los, aventando que é necessário responder não apenas juridicamente, mas também por meio do viés político, ideológico, sociológico e econômico, de modo que o papel Estatal deve transcender aos interesses econômicos, cabendo-lhe o dever inexorável de proteção de valores individuais e sociais, devendo atuar no sentido de primar para preservação ambiental, rechaçando práticas que degradam o meio ambiente.

Ainda acerca da expansão dos danos ressarcíveis, notadamente em decorrência do desenvolvimento da tecnologia e da complexidade das relações sociais contemporâneas, importante se faz analisar as lições de Anderson Schreiber (2015), para a identificação, neste cenário de ampliação dos danos ressarcíveis, de quais são merecedores de tutela.

O Direito, como ciência social aplicada que é, depende dos fatos sociais para que sejam criados os mecanismos de controle e pacificação social. Neste ínterim, no que tange à Responsabilidade Civil, assim compreendida como um dos meios de pacificação, não é diferente.

É certo, contudo, que há, na criação da norma, certa carga de previsibilidade do legislador, com o intuito de que a legislação em criação possa atender à maior gama possível de situações jurídicas. Ocorre que, todo exame de previsibilidade (ou até mesmo futurologia) é arriscado e, no âmbito do Direito ainda mais, notadamente com relação à responsabilidade civil.

As significativas mudanças suportadas pela sociedade nas últimas décadas, especialmente em decorrência do desenvolvimento tecnológico, como dito, impulsionam o aumento do número dos meios lesivos e, também, dos interesses lesados (p. 4).

Aliado a este fato, nota-se o que se denominou de ocaso da culpa, quando este elemento da responsabilidade civil, que passou, em muitas das situações jurídicas a ser um entrave à responsabilização, deixa de ser o centro das atenções e,

em muitos casos, deixa até mesmo de ser analisada, trazendo todo o enfoque do sistema de responsabilização para o nexo de causalidade.

Ainda, no “afã de proteger os jurisdicionados” por intermédio da responsabilidade civil, além de reconhecer novos meios lesivos e novos tipos de danos, passa-se até mesmo a desconsiderar a necessidade de demonstração do próprio nexo de causalidade, com enfoque não em quem causou o dano, mas, essencialmente, em quem tem condições de suportá-lo (SCHREIBER, 2015, p. 6).

Neste diapasão, vê-se que a “erosão dos filtros de reparação”, que reflete o despreparo dos juízes em lidar e aplicar com a corretude necessária um instituto de natureza secular – como é reconhecida a responsabilidade civil – não ocorreu de forma abrupta, mas foi se imiscuindo na rotina do Judiciário gradativa e lentamente, passando, inclusive, despercebida.

Ocorre que esta “revolução” no processo de responsabilização é deveras prejudicial por aplicar uma presunção de culpabilidade (todos somos culpados) e uma causalidade (todos somos causadores) patológica, com a deturpação dos paradigmas tradicionais da responsabilidade civil, que é essencial para sua adequação aos ditames legais.

Verifica-se que a preocupação em indenizar e tutelar os interesses lesados da vítima devem ser uma preocupação coletiva, não podendo, este tipo de responsabilidade recair apenas e tão somente em alguns agentes, de maneira isolada e aleatória, haja vista que a transmissão da responsabilidade a quem não praticou a conduta lesiva, pode ser tão perigosa e prejudicial quanto manter o prejuízo com a própria vítima (ausência de reparação).

Para que seja criado um sistema de responsabilidade civil social genuína, segundo o mesmo autor, é preciso que os danos sejam suportados, coletivamente, por uma gama de agente potencialmente lesivos e, até mesmo, a depender da hipótese, pela própria sociedade, uma vez que há interesse dessa última em barrar a erosão dos filtros da reparação, com vista a evitar, inclusive, a ocorrência de episódios de responsabilização de agentes que não praticaram nenhum tipo de conduta lesiva (SCHREIBER, 2015, p. 8).

A reponsabilidade civil deve, então, assumir a responsabilidade de diluir o peso da reparação, como forma de tornar “mais efetivo e menos litigioso o processo de amparo às vítimas”. Em síntese, há que se ter em mente a existência de novos filtros, ou mecanismos de seleção, para a aferição da existência do dever de indenizar,

como forma de não deturpar o instituto, sem perder de vista o interesse de evitar-se as chamadas demandas frívolas (ou temerárias) e, por fim, a coletivização do peso da responsabilidade.

Em tempos de expansão dos danos ressarcíveis, demonstrado pela aceitação, no Judiciário, de demandas frágeis, ou seja, de demandas que não possuam todos os elementos da reparação bem definidos, especialmente o nexo e causalidade, diferentemente do que ocorria em outros períodos – não muito longínquos -, nos apresenta uma majoração quantitativa e qualitativa do dano (SCHREIBER, 2015, p. 85).

A flexibilização do nexo de causalidade, *de per se*, gera uma majoração do número de demandas aceitas (assim entendidas como demandas procedentes), pelo simples afrouxamento dos requisitos legais para a caracterização.

No que tange à expansão qualitativa, verifica-se que “na medida em que novos interesses, sobretudo os de natureza existencial e coletiva, passam a ser considerados como merecedoras de tutela”, criam-se novas modalidades de danos ressarcíveis.

Por assim dizer, os danos existências e os danos coletivos, inauguram o que, atualmente, se denomina de novos danos, que são gênero de uma série novos danos (danos extrapatrimoniais), em paralelo com os danos morais.

O reconhecimento jurídico desta nova modalidade de dano relacionados à pessoa humana e, ainda, os danos de natureza transindividual “exige um repensar na estrutura individualista e eminentemente patrimonial das ações de reparação” (SCHREIBER, 2015, p. 85).

Ocorre que, a admissão desta nova categoria de danos, especialmente os danos existenciais, gera um estímulo ao desrespeito ao freio relativamente seguro do raciocínio materialista que governava a tradicional análise do dano, o que vem a exigir cortes a aplicação de métodos ou critérios de seleção dos danos ressarcíveis.

Nessa perspectiva, perscrutar quais são os interesses merecedores de tutela não mais passa a ser tarefa exclusivamente do legislador, mas do próprio intérprete, uma vez que, como notou-se, essa “letargia legislativa” pode significar o fechamento dos tribunais para questões relevantes, tal como a questão cerne deste trabalho (SCHREIBER, 2015, p. 124).

Na conjuntura social contemporânea, não mais é possível limitar a ressarcibilidade de um dano à existência de legislação positivada ou de situação

jurídica subjetiva previamente especificada e, tal insuficiente se torna ainda mais salutar quando se trata de tutelar a dignidade da pessoa humana.

É preciso, então, que sejam estabelecidos critérios concretos para a seleção dos novos danos ressarcíveis, investigando quais interesses são merecedores de tutela.

A ponderação é usada como técnica de solução de conflitos entre princípios constitucionais, contudo, levando em consideração a base da estruturação da teoria dos direitos fundamentais de Robert Alexy, um princípio só pode ser aplicado, se contraposto a todos os demais princípios – cláusulas gerais -e, ainda assim, prevalecer sobre os demais direitos (SCHREIBER, 2015, p. 148).

No que tange a ponderação de dois interesses juridicamente tutelados, é necessário verificar se já não existe positivada uma regra de preponderância, se houver, deve ser aplicada e, quando não houver, então deve ser levado em consideração as cláusulas gerais para dar cabo ao conflito, valendo-se das técnicas de ponderação.

É de se dizer, contudo, que está sendo reconhecida a autonomia dessa técnica de ponderação, passando a ser reconhecida a possibilidade de sua invocação para análise de prevalência entre cláusulas gerais, enunciados normativos abertos e outras espécies normativas.

Diante da aplicação direta das normas constitucionais, ou seja, através da autonomia da ponderação, passa-se a admitir o reconhecimento de novos enunciados normativos abertos, tal como o “direito ao próprio corpo”, a “livre iniciativa” e a “vida privada”, de modo que os “conflitos de responsabilidade civil de são, amiúde, no campo de colisão entre normas de conteúdo genérico e abstrato, campo de predominante aplicação da técnica da ponderação.

Resta evidenciado, pois, que o surgimento dos novos danos, assim compreendidos como aqueles que não se derivam da violação direta de um direito subjetivo, mas, decorrem do exercício de ponderação, a partir de enunciados normativos abertos, são merecedores de tutela, visto que almejam a proteção do valor supremo da dignidade da pessoa humana.

A seu turno, no que tange aos danos causados a partir da utilização de autômatos e inteligências artificiais, devem ter tratamento igualitário no Judiciário, sob pena do desenvolvimento tecnológico e das barreiras que vão surgindo para o ressarcimento – tal como a dificuldade de identificação do agente causador – não

implique na criação de uma cláusula de não indenizar.

3.1 AS BASES DA RESPONSABILIDADE CIVIL

Considerando que no fim este estudo analisa a hipótese de responsabilização civil em decorrência da autonomia com relação a danos causados por robôs – a depender de seu nível de autonomia –, é necessário perscrutar as origens do instituto, bem assim seus conceitos e características, sob pena de se chegar a conclusões equivocadas ou superficiais.

Portanto, neste capítulo estudam-se os aspectos principais da história e da atual sistemática da responsabilidade civil no ordenamento jurídico brasileiro.

É inato ao homem de todas as épocas reagir a qualquer mal injusto praticado contra sua pessoa, sua família ou seu grupo social. Desde os primórdios, a humanidade consagra uma regra universal: a de que todo aquele que causa dano a outrem é obrigado a repará-lo.

A sistemática da responsabilidade civil cria, sobretudo, um ideal de pacificação e segurança jurídica, inatos à vida em sociedade. A responsabilidade civil, de maneira geral é a essencial da realização da justiça e do bem comum (AMARAL, 2014, p. 104)

O famoso princípio da Lei de Talião, “olho por olho, dente por dente”, já denotava uma forma de reparação do dano. Com a *Lex Aquilia*, afastou-se o caráter primitivo da responsabilidade civil que até então vigorava. A reparação violenta, cujo propósito era a vingança, cede espaço a uma reparação de cunho patrimonial.

A *Lex Aquilia*, a princípio concedida somente ao proprietário da coisa lesada, é, mais tarde, por influência da jurisprudência, concedida aos titulares de direitos reais e aos possuidores, como a certos detentores e aos peregrinos; estendeu-se também aos casos de ferimentos em homens livres quando a lei se referia às coisas e ao escravo, assim como às coisas imóveis (LIMA, 1999, p. 22).

Para alguns juristas, foi a Lei Aquilia que introduziu a culpa como elemento indispensável no direito indenizatório. Surge, portanto, a responsabilidade extracontratual fundada na culpa, por esta razão também denominada “responsabilidade aquiliana”.

De acordo com Alvino Lima (1938, p. 10), a vingança privada, consistia

na “forma primitiva, selvagem talvez, mas humana, da reação espontânea e natural contra o mal sofrido; solução comum a todos os povos nas suas origens, para a reparação do mal pelo mal”.

Mais adiante desenvolve-se o critério culpa, para a aplicação da sanção, conforme ensina o autor francês, Louis Josserand (1941, p. 55)., se referindo ao Código Civil Francês :

(...) todas essas leis, e muitas outras ainda, preparam e consagram uma verdadeira revolução, dissociando completamente a responsabilidade civil da culpa, erigindo o patrão, a comuna, ou o explorador de aeronave em seu próprio segurador por motivo dos riscos que criou; a ideia de mérito ou demérito nada ter a ver no caso; a lei impõe o princípio justo e salutar ‘a cada um segundo os seus atos e segundo as suas iniciativas’, princípio protetor dos fracos: a força, a iniciativa, a ação devem ser por si mesmas geradoras de responsabilidade.

É importante mencionar, ainda, os ensinamentos de Rudolf von Jhering (1990, p. 38), importante representante do movimento de introdução da culpa no sistema da responsabilização civil, para o qual, o dever de ressarcimento não se deriva do ato, mas sim da culpa, tal como o famigerado exemplo de que “o que queima é o oxigênio e não a chama”.

A partir do século XVII, a Escola do Direito Natural no direito intermédio ampliou o conceito da Lei Aquilia, até então casuística. A teoria da reparação de danos somente começou a ser perfeitamente compreendida quando os juristas equacionaram que o fundamento da responsabilidade civil se situa na quebra do equilíbrio patrimonial provocado pelo dano. Transferiu-se o enfoque da culpa, como fenômeno centralizador da indenização, para a noção de dano (NETO, 2000, p. 29).

Em outras palavras, a “responsabilidade civil”, nesta época, estava situada como “a primeira forma de reação contra comportamentos lesivos” (ROSENVALD, 2013, p. 5).

Nesse momento da civilização, as punições civis não estavam completamente dissociadas da responsabilização criminal, o que se representa pelo surgimento da famigerada “Lei de Talião, que pregava a prática do “olho por olho e dente por dente”, visando uma proporcionalidade entre a lesão e a retribuição. As sanções desse período eram aplicadas pelas próprias vítimas, tendo em arrimo a ausência de um poder central (Estado).

As primeiras noções de distinção da entre a responsabilidade civil e da responsabilidade criminal remontam o período romano, quando se introduziu a ideia

de delitos públicos e delitos privados, nos quais os delitos públicos eram aquelas infrações dotadas de maior relevância e gravidade, enquanto os delitos privados não afetavam à coletividade, sendo direcionada apenas e tão somente à vítima (MOREIRA ALVES, 2003, p. 223)

Em sucessão a esta sistemática primitiva de retribuição e penalização, surgiram as primeiras formas de responsabilidade civil que mais se aproximam ao conceito conhecido na modernidade, pois era possível haver uma compensação pecuniária em troca das penas corporais ou das vinganças aplicadas.

Nelson Rosenvald (2013, p. 6) bem elucida essa transição das penas corporais para as compensações pecuniárias, afirmando que “neste ambiente nasce a responsabilidade civil, no sentido moderno da expressão compreendida como obrigação de restituir o ofendido em soma em pecúnia”.

Desde este período de transição de aplicação da responsabilidade, já era levada em consideração uma dupla função: a punição direta do causador da lesão e a recomposição do patrimônio do ofendido.

Na idade moderna, com a o aumento da complexidade das relações sociais impulsionado pela Revolução Industrial, nota-se que o modelo de responsabilização vigente não mais era suficiente para a pacificação social.

Surgiram, então, a sanção civil, que já se aproximava do conceito conhecido na atualidade. Visava, sem dúvida, a prevenção de danos, fazendo com que fosse dado prevalência à pessoa e sua dignidade, ao que se nomeou de função preventiva ou dissuasiva da sanção civil (NORONHA, 2007, p. 439).

Nota-se, agora, torna-se mais saliente a insuficiência do critério dicotômico de direito público e direito privado, haja vista que dada a natureza dos interesses que vinham sendo lesados, passaram a ser de interesse público, ou seja, os interesses públicos e privados passam a se confundir (SARMENTO, 2005, p. 239-257).

Com o advento da Segunda Guerra e o avanço tecnológico da cultura ocidental, houve importantes reflexos no dever de indenizar. Inovou-se nas hipóteses de reparação do dano no campo da responsabilidade extracontratual. O surto do progresso, o desenvolvimento industrial e a multiplicidade dos danos acabaram por ocasionar o surgimento de novas teorias, tendentes a propiciar maior proteção às vítimas, que se viam invariavelmente sem ressarcimento por não conseguirem comprovar a culpa do agente causador do dano e porque a teoria clássica da

responsabilidade subjetiva não lhes socorria (GONÇALVES, 2014, p. 6).

Com a Revolução Industrial, em meados do século XVIII, houve a substituição do trabalho artesanal pelo uso das máquinas, que resultou em milhares de acidentes de trabalho e correlatos, sem que as vítimas pudessem se socorrer dos ordenamentos jurídicos vigentes. A maior dificuldade era provar a culpa dos causadores dos danos. Ganhava espaço a chamada “teoria do risco”.

Na teoria do risco, se subsume a ideia do exercício da atividade perigosa como fundamento da responsabilidade civil. O exercício de atividade que possa oferecer algum perigo representa um risco, que o agente assume, de ser obrigado a ressarcir os danos que a atividade venha a causar a terceiros. A responsabilidade seria encarada sob o aspecto objetivo: o operário, vítima de acidente de trabalho, tem sempre direito à indenização, haja ou não culpa do patrão ou do acidentado. O patrão indeniza, não porque tenha culpa, mas por que é o dono da maquinaria ou do instrumento de trabalho que provocou o infortúnio (GONÇALVES, 2014, p. 49).

A responsabilidade objetiva surgiu, portanto, fundada em um princípio de equidade, pois a reparação instituída tão somente em uma ideia de culpa mostrou-se insuficiente para atender às imposições do progresso. O dinamismo da responsabilidade civil é, portanto, uma necessidade da evolução da sociedade. Mantê-la estática é entravar o progresso e dar azo a injustiças. É preciso saber, portanto, em que circunstâncias nasce a obrigação de reparar o dano causado e quais prejuízos são indenizáveis.

Este progresso teórico está, inclusive, intimamente relacionado ao conteúdo jurídico deste estudo, que propõe um amoldamento da teoria clássica – em análise – às modificações sociais impulsionadas pelo desenvolvimento tecnológico.

Como bem afirma José Aguiar Dias (2006, p. 25), a responsabilidade civil deve ser:

Dotada de flexibilidade suficiente para oferecer, em qualquer época, o meio ou processo pelo qual, em face de nova técnica, de novas conquistas, de novos gêneros de atividade, assegure a finalidade de restabelecer o equilíbrio desfeito por ocasião do dano, considerado, em cada tempo, em função das condições sociais então vigentes

A primeira notícia acerca da existência de uma norma de responsabilidade civil objetiva, no Brasil, foi a promulgação do Decreto 2.681, no ano de 1912, que abria uma exceção ao sistema de culpa anteriormente capitaneado por Rudolf von Jhering. Neste decreto, em que pese o legislador tenha se valido da

expressão culpa presumida, estava a dizer, atualizando o contexto para a linguagem atual, em responsabilidade objetiva.

Previo o artigo 17 do referido Decreto:

As estradas de ferro responderão pelos desastres que nas suas linhas sucederem com viajantes e de que resultem a morte, ferimento ou lesão corporal. A culpa será sempre presumida, só se admitindo em contrário alguma das seguintes provas: i. caso fortuito ou força maior; ii. culpa do viajante”

É certo que as funções do ressarcimento civil ainda vêm sendo repensadas, haja vista que a cada dia surgem novas relações sociais e mais ambientes de atuação da legislação civil.

Outrossim, na contemporaneidade as funções da responsabilidade civil extrapolaram a reparatória e a sancionatória, sendo possível falar-se em função distributiva, que visa analisar sobre quem recai (ou deve recair) os ônus da prática do ato ilícito.

É necessário repensar as funções da responsabilidade, pois ficou claro que não se pode admitir que a responsabilidade civil hodiernamente é suficiente para reparar os danos ao lesado pelo ato ilícito, evitar a reiteração da prática pelo lesante, minimizar os riscos de outros danos da mesma natureza e assegurar a prevalência da pessoa humana em detrimento das práticas ilegais do mercado (ROSENVALD, 2013, p. 18).

Do mesmo modo, a legislação civil ordinária, em decorrência da proteção de inúmeros direitos e garantias previstas no texto constitucional, acaba por ser instrumento de concretização dos preceitos constitucionais, extrapolando, pois, os limites do interesse privado (SARMENTO, 2005, p. 239-257).

Esta relevância do Direito Civil se sobressai, de igual modo, pelo fato de que a aplicação direta das normas constitucionais, notadamente as de cláusula aberta, sem o crivo da legislação ordinária, poderia, em determinados casos, importar em violações à autonomia privada e o cometimento de arbitrariedades (MARTINS-COSTA, 1999, p. 35-47).

Conforme Gustavo Tepedino (2006, p. 377) afirma, alguns autores afirmam que o Código Civil de 2002 já nasceu “constitucionalizado” visto que seus preceitos decorrem, em grande parte, de inspirações da norma constitucional.

Portanto, sabe-se que Código Civil, no artigo 186, estabelece que: “Aquele que, por ação ou omissão voluntária, negligência ou imprudência, violar direito

e causar dano a outrem, ainda que exclusivamente moral, comete ato ilícito”.

Pode-se afirmar, portanto, que a teoria da responsabilidade civil foi estruturada sobre quatro requisitos/fundamentos: a atividade humana (ação ou omissão); a culpa *lato sensu* (dolo ou culpa *stricto sensu*: negligência, imprudência ou imperícia); o dano material ou moral e o nexos causal (relação direta de causalidade entre o fato gerador e o dano).

Diz-se, pois, ser “subjetiva” a responsabilidade quando se esteia na ideia de culpa. A prova da culpa do agente passa a ser pressuposto necessário do dano indenizável. Conforme desta concepção, a responsabilidade do causador do dano somente se configura se ele agiu com dolo ou culpa (GONÇALVES, 2014. p. 59).

A responsabilidade objetiva, por sua vez, como anunciado, prescinde da demonstração de culpa, bastando que haja relação de causalidade entre a ação e o dano, pois, mesmo tratando-se de responsabilidade sem culpa, não se pode responsabilizar quem não tenha dado causa ao evento. A regra matriz desta teoria está no parágrafo único do art. 927, que preceitua: “Haverá obrigação de reparar o dano, independente de culpa, nos casos especificados em lei, ou quando a atividade normalmente desenvolvida pelo autor do dano implicar, por sua natureza, risco para os direitos de outrem”.

Fábio Ulhoa Coelho (2012, p. 38) dispõe sobre a origem da responsabilidade objetiva:

Ao longo do século XX, a indispensabilidade do pressuposto subjetivo para a imputação de responsabilidade por danos foi paulatinamente questionada. De um lado, agredia cada vez mais o senso geral de justiça o desamparo a que o princípio nenhuma responsabilidade sem culpa relegava as vítimas dos acidentes inevitáveis. O princípio da culpa acabava conduzindo, na significativa imagem pinçada por Mario Bessone, a “nada muito diferente de uma loteria imoral” (Alpa-Bessone, 2001:112). De outro lado, o acúmulo de capitais já era suficiente à implantação de aprimorados mecanismos jurídicos de socialização dos custos. Surge e amadurece a responsabilidade objetiva, em que o devedor é obrigado a indenizar os danos do credor, mesmo não tendo nenhuma culpa por eles.

Antes da edificação da responsabilidade objetiva, desenvolveu-se uma técnica intermediária: a teoria da culpa presumida.

Conforme Rui Stocco (1994, p. 59):

Trata-se de uma espécie de solução transacional ou escala intermédia, em que se considera não perder a culpa a condição de suporte da responsabilidade civil, embora aí já se deparem indícios de sua degradação como elemento etiológico fundamental da reparação e aflorem fatores de

consideração da vítima como centro da estrutura ressarcitória, para atentar diretamente para as condições do lesado e a necessidade de ser indenizado.

Embora prescreva diversos casos especiais de responsabilidade objetiva, o Código Civil brasileiro filiou-se como regra à teoria “subjativa”. É o que se verifica no art. 186, que instituiu o dolo e a culpa como fundamentos para a obrigação de reparar o dano. Contudo, os ordenamentos contemporâneos buscam alargar cada vez mais o dever de indenizar, independente da prova de culpa.

Preconiza Caio Mário da Silva Pereira (2012, p. 19):

A regra geral, que deve presidir à responsabilidade civil, é a sua fundamentação na ideia de culpa; mas, sendo insuficiente esta para atender às imposições do progresso, cumpre ao legislador fixar especialmente os casos em que deverá ocorrer a obrigação de reparar, independente daquela noção. Não será sempre que a reparação do dano se abstrairá do conceito de culpa, porém quando o autorizar a ordem jurídica positiva. É nesse sentido que os sistemas modernos se encaminham, como, por exemplo, o italiano, reconhecendo em casos particulares e em matéria especial a responsabilidade objetiva, mas conservando o princípio tradicional da imputabilidade do fato lesivo.

Destarte, subsiste a regra da responsabilidade subjativa, embora existam diversos dispositivos no próprio Código Civil e em legislações esparsas que adotam a responsabilidade objetiva, tais quais, os artigos 936 e 937 do Diploma Civil, que tratam, respectivamente, da responsabilidade do dono do animal e do dono do prédio em ruína; o artigo 933, também do mesmo Diploma, sobre a responsabilidade dos pais, tutores, curadores e empregadores donos de hotéis e de escolas; a Lei de Acidentes do Trabalho; o Código de Defesa do Consumidor e tantas outras.

Para Arnaldo Rizzardo (2007, p. 261), no curso da história a noção clássica de culpa foi sofrendo constantes temperamentos em sua aplicação e:

Assumi relevância a questão quando se observava, numa progressão espantosa, o incremento dos instrumentos industrializados, cujo uso também aumentava as potencialidades humanas, mas oferecendo certo perigo não só os que manuseavam, como, também a terceiros, que involuntariamente se envolviam com eles. Pelo fato de dispor das vantagens e dos resultados produzidos, entendeu-se decorrer a responsabilidade por todas as consequências, independentemente da questão da culpa.

Na atualidade, ambas as responsabilidades – objetiva e subjativa – podem conviver harmonicamente em nosso ordenamento jurídico. Miguel Reale (1978, p. 176/177) dispõe:

Responsabilidade subjetiva, ou responsabilidade objetiva? Não há que fazer essa alternativa. Na realidade, as duas formas de responsabilidade se conjugam e se dinamizam. Deve ser reconhecida, penso eu, a responsabilidade subjetiva como norma, pois o indivíduo deve ser responsabilizado, em princípio, por sua ação ou omissão, culposa ou dolosa. Mas isto não exclui que, atendendo à estrutura dos negócios, se leve em conta a responsabilidade objetiva. Este é um ponto fundamental.

Caberá, portanto, a cada sociedade, a depender de seus valores supremos e seu momento de evolução, regulamentar o dever de indenizar da forma mais eficiente para que os danos não fiquem ilesos, sem que isto reflita obstáculo ao desenvolvimento econômico.

3.1. (IN)SUFICIÊNCIA DA RESPONSABILIDADE CIVIL SUBJETIVA E OBJETIVA PARA TUTELAR INTERESSES LESADOS EM DECORRÊNCIA DA RELAÇÃO COM OS AUTÔMATOS

Denota-se, com base na sistemática da responsabilidade civil atual – responsabilidade civil subjetiva e objetiva –, que é necessária a prova do ato ilícito, do nexo de causalidade, do dano e, na responsabilidade subjetiva, a culpa do agente.

Este método foi por muito tempo – e ainda pode ser – suficiente para a resolução de uma extensa gama de situações jurídicas, notadamente as mais simples, quando é possível encontrar com clareza o agente causador do dano, aferir-se a existência do liame causal e a extensão do dano.

As próprias excludentes de responsabilidade que serão abordadas no curso desta pesquisa, de igual sorte, são facilmente aplicáveis a casos fáceis (no sentido jurídico da questão), mas, como será visto, possuem elevado grau de dificuldade para ser aplicadas a situações jurídicas complexas, com uma extensa cadeia de fatos e vários centros de interesse que podem cooperar e competir simultaneamente.

No que tange à responsabilidade civil decorrente de atos praticados por inteligências artificiais ou autômatos, observa-se de proêmio uma severa dificuldade para localizar o causador do dano na situação jurídica. Ou seja, diversamente das situações jurídicas “fáceis”, em que é possível localizar o agente causador apenas pela análise dos fatos, nessa ocasião este exercício não é tão simplório.

Conforme anota Stefano Rodotà (2006, p. 191), as consequências negativas do avanço tecnológico são inexoráveis e caminham lado a lado com as

consequências positivas, de modo que “ao lado da percepção, sempre mais clara, dos riscos do progresso tecnológico, existe a consciência da impossibilidade de parar tal progresso, mesmo se este não se apresenta mais com estimativas apenas positivas”.

Nesta senda, justamente em virtude desta dificuldade de identificação do agente causador do dano, ou seja, se ele decorre de uma falha na produção, de uma falha no dever de vigilância do proprietário, de uma configuração equivocada por parte do usuário ou da existência de uma falha (dolo ou culpa) do ordenador é que a responsabilidade civil tradicional, sem critérios objetivos e definições positivadas, cria um cenário de insegurança jurídica.

Nos dias correntes, mesmo com o crescente movimento de solidarização dos danos, substituindo a “regra” da irresponsabilidade, visto que a grande maioria das modalidades de responsabilidade estava coberta pelo manto da culpabilidade, vê-se que, em nome da proteção do cidadão, do consumidor e dos usuários de serviços (públicos ou privados), a responsabilidade objetiva se tornou mais comum do que a subjetiva (CAVALIERI FILHO, 2014, p. 9).

Mas mesmo a responsabilidade objetiva se tornando regra, em decorrência dos crescentes níveis de automação das tecnologias, há um risco de criação de excludente de responsabilização decorrente da autonomia ante a impossibilidade de localização do agente causador, o que não é o cenário ideal.

Do mesmo modo, não se pode aplicar uma teoria do risco integral e responsabilizar indistintamente a todos da cadeia produtiva e de utilização sob pena de se frear artificialmente o desenvolvimento de novas tecnologias, o que também não parece ser o cenário ideal, nem um cenário possível.

As tecnologias se desenvolverão – inclusive com força exponencial – independentemente da vontade do legislador ou da vontade do aplicador das normas. Incumbe ao ordenamento jurídico e seus pesquisadores criar critérios específicos de responsabilização capazes de identificar efetivo agente causador do dano e um ressarcimento integral dos danos decorrentes dessas hipóteses.

Assim como leciona Fábio Konder Comparato (2008, p. 37-68) é necessário estar atento à “finalidade-função do Direito” que é a tutela da pessoa humana que, neste caso carece de caminhar lado a lado com o desenvolvimento de novas tecnologias.

Não parece viável que o avanço tecnológico e a criação de sistemas cada vez mais dotados de autonomia sejam usados como cláusulas de não indenizar.

O ordenamento jurídico deve ser capaz de apreciar os fatos jurídicos decorrentes do uso destas novas tecnologias com parcimônia e efetividade.

É imprescindível, do mesmo modo que haja um sistema hígido, capaz de conceder aos jurisdicionados fortes bases de segurança jurídica – tanto sob a ótica do agente lesante quanto do lesionado – para que se evite uma super penalização ou, por outro lado, a existência de uma cláusula de não indenizar por falha do sistema.

Neste sentido é o que leciona Maria Celina Bodin de Moraes (2013, p. 13):

A constatação de que vivemos em uma era de incertezas e de que o mecanismo de aplicação do Direito é guiado por uma lógica informal não permite abrir mão da segurança jurídica. A previsibilidade das decisões judiciais é também uma questão de justiça, pois decorre da necessária coerência e harmonia que devem caracterizar o sistema.

É sabido que os fatos jurídicos, assim concebidos como os atos capazes de criar, modificar ou extinguir relações jurídicas, ou simplesmente de produzir algum efeito no mundo jurídico, se dividem entre atos jurídicos (art. 185 do Código Civil) e negócios jurídicos (art. 104 e ss. do Código Civil).

Especificamente com relação aos atos ilícitos, que são o tema de interesse para esta pesquisa, Antunes Varela (2014, p. 534) produz relevante conceito:

o elemento básico da responsabilidade é o fato do agente – um fato dominável ou controlável pela vontade, um comportamento ou forma de conduta humana – pois quanto a fatos dessa índole têm cabimento a ideia da ilicitude, o requisito da culpa e a obrigação de reparar o dano nos termos em que a lei impõe.

Nota-se que os conceitos clássicos de ato ilícito estão intimamente ligados à culpa, fato que torna sua análise e caracterização tormentosas quando se trata de responsabilidade objetiva.

Para a solução da questão, Sergio Cavalieri Filho (2014, p. 21/22) propõe um critério dúplice para a aferição da existência de ato ilícito, concebendo um aspecto objetivo da ilicitude e um aspecto subjetivo, assim definidos:

No seu aspecto objetivo leva-se em conta para a configuração da ilicitude apenas a conduta ou fato em si mesmo, sua materialidade ou exterioridade, e verifica-se a desconformidade dela com a que o Direito queria. A conduta contrária à norma jurídica, só por si, merece a qualificação de ilícita ainda que não tenha origem numa vontade consciente e livre. Por esse enfoque objetivo

o ato ilícito indica a antijuridicidade da conduta, a desconformidade entre esta e a ordem jurídica, ou seja, a objetiva violação de um dever jurídico. (...) E assim é porque o legislador, ao impor determinada conduta, o faz porque, em momento prévio, valorou positivamente o fim que essa conduta visa a atingir. Com efeito, a antijuridicidade de uma conduta é normalmente estabelecida à luz de certos valores sociais, valores que podem ser englobados na noção tradicional do bem comum. (...) No seu aspecto subjetivo, a qualificação de uma conduta como ilícita implica fazer um juízo de valor a seu respeito - o que só é possível se tal conduta resultar de ato humano consciente e livre. Por esse enfoque subjetivista, a ilicitude só atinge sua plenitude quando a conduta contrária ao valor que a norma visa a atingir (ilicitude objetiva) decorre da vontade do agente.

A ilicitude do ato, pois, está vinculada à reprovação do ordenamento jurídico – calcada na anterior valoração da conduta pelo legislador – e, ainda, à existência de uma reprovação social da conduta, de modo que tal valoração reflita o espírito ou os valores do ordenamento.

O autor (2014, p. 23) ainda traz os conceitos de ilicitude em sentido amplo, que pode ser definida em linhas gerais como “o conjunto de pressupostos da responsabilidade, ou, se preferirmos, da obrigação de indenizar. A seu turno, responsabilidade civil em sentido amplo está ligada apenas à ilicitude do ato, sem ser analisado qualquer aspecto subjetivo ou psicológico.

O conceito de ilicitude e o foco do Código Civil e o foco na indenizabilidade da vítima, e não no ato praticado pelo agente causador do dano, é bem definido por Humberto Teodoro Júnior (2008, p. 18):

O direito se constitui como um projeto de convivência, dentro de uma comunidade civilizada (o Estado), no qual se estabelecem os padrões de comportamento necessários. A ilicitude ocorre quando in concreto a pessoa se comporta fora desses padrões. Em sentido lato, sempre que alguém se afasta do programa de comportamento idealizado pelo direito positivo, seus atos voluntários correspondem, genericamente, a atos ilícitos (atos do homem atritantes com a lei).

Em linhas gerais, é possível compreender que o Código Civil de 2002 rompeu com o acima mencionado manto da culpa, visando justamente evitar a existência de uma cláusula de não indenizar para situações em que não seria possível demonstrar sua existência.

O critério utilizado para esta dicotomia (necessidade de demonstrar culpa ou não) está ligado ao exercício de uma atividade de risco de igual modo já mencionada como responsabilidade objetiva.

Contudo, de acordo com os conceitos de ato ilícito ora expostos, vê-se que, mesmo com a implementação da responsabilidade objetiva, a demonstração da

conduta nesta nova era de tecnologias avançadas pode ser um entrave à responsabilização, assim como a culpa já foi.

A razão é que, quando um dano é causado por um autômato ou uma Inteligência Artificial de espectro amplo (de acordo com a categorização deste estudo) com autonomia, não é possível identificar de pronto o agente causador. Propõe-se, portanto, que, em se tratando de um dano causado nessas hipóteses, sejam analisadas as seguintes responsabilidades: do criador (fabricante), do proprietário, do utilizador e do ordenador.

3.2 A RESPONSABILIDADE DO FABRICANTE

A responsabilidade do fabricante nestas hipóteses deve estar ligada a danos decorrentes de falhas de desenvolvimento, falhas nos sensores ou falta de limitação da autonomia (que possibilite ao autômato tomar decisões que extrapolem os limites da ordem proferida).

Note-se que não se está, por ora, a tratar de uma responsabilidade consumerista, mas é de fácil compreensão a possibilidade de responsabilização do fabricante em decorrência de um dano causado por uma falha no código fonte (software) ou nos materiais do autômato (hardware).

Contudo, no que tange à responsabilização pela prática, pelo autômato, de atos ultra vires, ou seja, pela falta de possibilidade de limitação da autômato, a situação jurídica se torna um pouco mais complexa, haja vista a necessidade de demonstração pelo proprietário ou utilizador que os danos causados à vítima não decorreram de ordens por ele proferidas, mas de autonomia não passível de controle.

Um exemplo seria um assistente pessoal doméstico que desenvolva habilidades não desejadas e não controláveis por seu proprietário – tal como celebrar negócios jurídicos, como a compra de produtos para o lar –, mas cujas configurações não permitam a criação desta barreira de autonomia.

A responsabilidade do fabricante, perante eventual consumidor, deve ser objetiva, em razão da aplicabilidade das diretrizes do Código de Defesa do Consumidor, inclusive com a aplicação de inversão de ônus da prova. Contudo, excluindo eventual relação de consumo, a responsabilidade deve ser objetiva, por se tratar de uma atividade de risco, nos moldes do parágrafo único do artigo 927 do Código Civil.

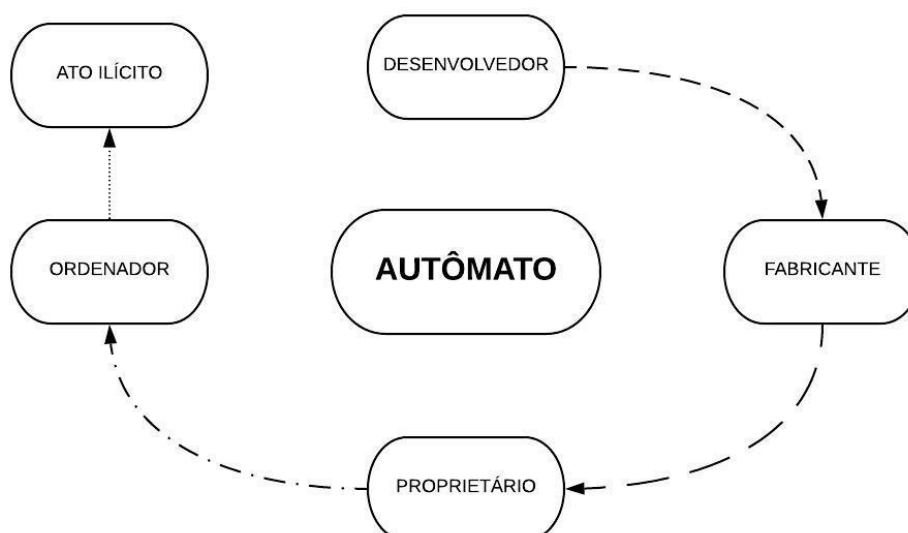
Trata-se, efetivamente, de uma atividade de risco, haja vista que está sendo criado um objeto, capaz de tomar decisões, com pouca ou nenhuma orientação de seu proprietário ou utilizado.

A partir do momento e que admitimos que um objeto – ainda despersonalizado – passe a tomar decisões em nosso nome e, como nem sempre será possível prever todas as condutas que serão praticadas, está-se assumindo o risco de eventual erro no processo de decisão.

Contudo, para que haja a aplicação da responsabilidade objetiva, é necessário, antes de mais nada, caracterizar o objeto ou o software como uma inteligência artificial e, para isso, dependemos de regulamentação do uso desse tipo de tecnologia, para que seja possível definir o que é, de fato, uma inteligência artificial e, ainda qual o nível de autonomia dela.

Essa identificação do nível de autonomia é primordial para a aferição da responsabilidade do fabricante, haja vista a possibilidade de quebra do nexo de causalidade entre o dano e a conduta (do fabricante), pois quanto maior no nível de autonomia, menor será a previsibilidade das condutas autônomas que podem ser adotadas.

Em se tratando de uma inteligência artificial com alto nível de automação, podemos representar a perda do nível de previsibilidade das condutas por este diagrama, no qual, a intensidade do pontilhado das linhas representa o nível de previsibilidade das condutas da inteligência artificial pelo fabricante/desenvolvedor:



É possível e provável, pois, que entre a criação e a destinação final do produto, haja uma distância tão grande e um aprendizado de máquina tão profundo, que não seja possível atribuir eventual ato ilícito praticado ao fabricante ou ao desenvolvedor.

É importante ressaltar que, como dito, se estivermos falando de uma responsabilidade sob a égide de uma relação de consumo, todos os integrantes da cadeia respondem de forma solidária, mas, mesmo nessas situações, este estudo e a criação de definições estanques sobre níveis de autonomia se justifica, pela possibilidade de uma ação de regresso do fabricante contra o proprietário (FURIATI, 2019, pp. 57-63).

Hipoteticamente, se temos um dano causado por uma inteligência artificial ou um autômato, no caso um veículo dotado de autonomia. Se houver um atropelamento, tal como já ocorreu na América do Norte (já citado neste trabalho), caso o proprietário do veículo seja responsabilizado pelo ressarcimento dos danos, pode, em regresso, exigir que o fabricante lhe ressarça pois, nesta hipótese, há uma clara e absoluta violação às leis básicas da robóticas (que devem ser positivas no ordenamento pátrio), pois o fabricante deve, sempre, criar mecanismos suficientes para que o autômato não cause, em nenhuma hipótese, danos à vida humana.

Contudo, neste caso, excluindo eventual dano à um ser humano, teríamos que o fornecedor pode se eximir da responsabilidade civil, se conseguir demonstrar que não há nexo de causalidade entre sua criação e o dano e que ocorreu, em verdade, uma má-utilização do “produto” ou uma falha (ou até mesmo dolo) do ordenador do ato.

Kevin Kelly (2017, p. 314), neste cenário, afirma, em uma análise futurista (mas não fictícia), que a propaganda do futuro será de máquinas que não possuem consciência de si. Ou seja, no futuro por ele projetado, as máquinas mais avançadas serão aquelas cuja autonomia é passível de controle.

Contudo, até que essas máquinas cujo controle não seja completamente passível de controle sejam implementadas, os fabricantes devem permanecer com o dever de indenização em caso de danos decorrentes da impossibilidade de controle/limitação da autonomia.

Este tipo de responsabilidade – por impossibilidade de limitação da autonomia – deve ser implantada não como um obstáculo ao desenvolvimento de

novas tecnologias, mas efetivamente na criação de barreiras de controle da autonomia.

Além disso, até que não tenhamos – e pode ser que isso nunca ocorra – ciência de todas as capacidades da Inteligência Artificial, não se coaduna com o ideal protecionista da legislação pátria, que é a responsabilização do proprietário ou utilizador por um ato que não poderia ser evitado.

Não podemos admitir a criação de tecnologias completamente descontroladas ou sem a possibilidade de intervenção humana, sob pena de efetivamente ingressarmos nos cenários distópicos criados pela ficção científica, em que poderemos estar diante de tecnologias com elevado nível de autonomia, sem que o humano as possa controlar (a não ser que as desligue).

A par de seu potencial revolucionar, o centro axiológico do ordenamento jurídico não admite um impacto negativo deste tipo de tecnologia, já considerando, em uma perspectiva de longo prazo a possibilidade de a Inteligência Artificial superar a capacidade intelectual humana.

É necessário mencionar que, à luz da sistemática jurídica atual, a responsabilidade do fabricante seria notoriamente objetiva, haja vista a inegável existência de um risco inerente ao desenvolvimento deste tipo de tecnologia. O risco neste caso é inerente à atividade produtiva, notadamente em decorrência do desconhecimento real – com base no atual estado da ciência – acerca das capacidades deste tipo de máquina autônoma.

Em se tratando de uma relação de consumo, ou seja, se os robôs forem comercializados para utilização de usuários finais (excluindo nesta sistemática os robôs de aplicação industrial), deve ser aplicada a sistemática do microsistema de proteção do consumidor, em particular a aplicação da teoria do risco do negócio ou da atividade.

Caso haja uma relação de consumo na hipótese, tendo em vista que o Código de Defesa do Consumidor estabeleceu que a responsabilidade do fornecedor é objetiva e, em decorrência da teoria do risco da atividade, suas hipóteses de irresponsabilidade em decorrência de vício ou fato do produto são reduzidas às hipóteses de rompimento do liame de causalidade, tal como a culpa exclusiva do consumidor ou de terceiros ou a comprovação de ausência de dano.

É importante consignar também que, em se tratando de relação de consumo, conforme disposição do artigo 18 do Código de Defesa do Consumidor,

todos os membros da cadeia de fornecimento – o fabricante, o distribuidor ou importador e o fornecedor final – são igualmente responsáveis em caso de vício ou fato do produto colocado no mercado.

A par de tal responsabilização solidária, o presente estudo – acerca da identificação do real causador do defeito – ainda se faz relevante, pois nestas hipóteses poderá ser manejado ação de regresso contra quem, de fato, foi o causador do dano.

Com relação à responsabilidade do fabricante, também cabe dizer que, embora esta regulamentação ainda não esteja positivada em nenhum ordenamento jurídico, as Leis de Asimov (que trazem o conteúdo ético da robótica, conforme mencionado anteriormente) devem ser consideradas pelos desenvolvedores independentemente de positivação para assegurar um desenvolvimento sustentável e promissor e evitar o desvirtuamento da evolução.

Do mesmo modo, os fabricantes devem abster-se de disponibilizar para uso (doméstico ou industrial) tecnologias não acabadas, que possam colocar em risco a segurança de todos os que se relacionarem com ela. Inclusive a correta responsabilização civil por violação destas determinações deve servir como desestímulo à adoção de condutas temerárias ou eventual despreocupação com os efeitos sociais da colocação no mercado de tecnologias nocivas à coletividade (SANSEVERINO, 2010, pp. 87-104).

O que se está a defender é a impossibilidade de criação – ao menos por hora – de uma excludente de responsabilidade em decorrência da impossibilidade de identificação, na cadeia produtiva, do responsável pela previsibilidade da conduta danosa. Para que isso seja evitado, uma das propostas legislativas que será formulada no fim deste trabalho, na esteira do movimento da União Europeia, é a criação de uma espécie de seguro obrigatório destinado a indenizar vítimas de danos causados por inteligências artificiais, evitando a existência de danos não indenizáveis.

Este tipo de solução, em última análise, estimula a utilização e a interação com este tipo de tecnologia avançada, pois cria um sentimento de segurança para o proprietário e utilizador: caso algum dano ocorra, ele será indenizado.

Seguindo as disposições da legislação positivada atual, o valor da indenização deve ser corresponder à extensão do dano. No caso de prejuízos decorrentes da interação com inteligências artificiais, não deve ser diferente.

Notadamente no que tange aos danos extrapatrimoniais, considerando sua exponencialidade, alguns critérios e cuidados especiais devem ser adotados pelo julgador no ato da quantificação, para que garanta um ressarcimento integral ao lesado, mas não desestimule a criação de novas tecnologias, criando uma barreira artificial.

Até o presente momento, a responsabilidade dos fabricantes pode ser facilmente compreendida e até mesmo aplicada, desde que as balizas conceituais estejam bem estabelecidas, para que se saiba exatamente o que é um robô e suas capacidades. Contudo, em futuro próximo, é possível que os robôs adquiram personalidade jurídica.

Pode parecer estranho cogitar isto na atualidade, mas, assim como ocorreu com a introdução da personalidade jurídica (que também foi encarada com dificuldade no início), pode se tornar uma realidade, a exemplo do que já ocorreu na Arábia Saudita, que concedeu cidadania à robô Sophia⁴².

Nesta hipótese não remota, seria possível a responsabilização dos fabricantes de modo similar ao que se faz na atualidade no que concerne à responsabilização dos pais, tutores e curadores, baseando a responsabilidade na culpa *in vigilando*.

Esta base normativa – da culpa *in vigilando* – também consiste em uma base normativa relevante para a resolução de situações jurídicas envolvendo autômatos e inteligências artificiais. Vejam-se suas especificidades no tópico seguinte.

3.3 DA RESPONSABILIDADE DO PROPRIETÁRIO

Como prenunciado, afóra a responsabilização do fabricante por danos decorrentes de defeitos, sendo possível, igualmente, a responsabilização proprietários dos autômatos, em razão de eventual culpa *in vigilando* ou *in eligendo*, cria-se mais uma barreira contra a irresponsabilidade de danos decorrentes de sua utilização.

Antes de analisar a responsabilidade nesta situação, é importante destacar que neste tópico analisa-se a responsabilidade do proprietário, independentemente de ele ser ou não o utilizador (cuja responsabilidade será

⁴² Mais em: "<https://revistagalileu.globo.com/Tecnologia/noticia/2017/10/arabia-saudita-torna-se-primeiro-pais-conceder-cidadania-para-um-robo.html>". Acesso em outubro de 2019.

abordada no tópico seguinte).

Serão utilizados como fundamento legal deste tipo de responsabilidade os artigos 932 e 936 do Código Civil, que tratam, respectivamente, da responsabilidade dos pais com relação aos atos dos filhos que estiverem sob sua guarda e tutela e a responsabilidade do dono ou detentor de animal, com relação aos danos por eles causados.

Como já repisado ao longo deste estudo, a constante evolução da sociedade exige uma ampliação do direito positivo de tempos em tempos. É esta mutação do ordenamento jurídico que salvaguarda o sentimento de segurança no corpo social de que os prejuízos causados ao patrimônio de alguém serão restabelecidos.

Na realidade, a chamada responsabilidade por fato de outrem, como se vê, é responsabilidade por omissão própria, porquanto as pessoas que respondem por esse título terão sempre concorrido para o dano por falta de cuidado ou vigilância. O autor material do dano é apenas a causa imediata, sendo a omissão daquele que tem o dever de guarda ou vigilância a causa mediata, que nem por isso deixa de ser causa eficiente (CAVALIERI FILHO, 2014, p. 236).

Na prática, a responsabilidade por fato de outrem é responsabilidade por infração dos deveres de vigilância.

Antes de adentrar as hipóteses de responsabilidade por fato de outrem, convém esclarecer a controvérsia a respeito da natureza da responsabilidade dos responsáveis pelo fato alheio: subjetiva, com culpa presumida ou objetiva. Tal polêmica apresentava-se mais fortemente na vigência do Código Civil de 1916 em razão do que se dispunha em seu artigo 1.523, que previa uma presunção *juris tantum* da responsabilidade do terceiro. Atualmente, com o advento do Código Civil de 2002, encerrou-se este debate ao dispor o artigo 933, que diz que as pessoas indicadas no inciso I a V responderão, ainda *que não haja culpa* de sua parte, pelos atos praticados por terceiros ali referidos.

Presentemente, a responsabilidade por fato de outrem é objetiva. Destarte, os pais, tutor, curador e o empregador terão que indenizar simplesmente porque são os legalmente responsáveis pelo agente causador do dano. Não obstante, é preciso a prova de que a situação que deu origem ao ato ilícito, em tese em condições normais, configure a culpa do filho menor, do pupilo, do curatelado, como também do empregado. Desta forma, se o inimputável agiu de determinada forma que

não poderia lhe atribuir culpa alguma caso fosse imputável, os responsáveis nada terão a indenizar. Assim sendo, incumbe ao terceiro, quando acionado, provar que o causador do dano agiu sem culpa.

É de se extrair, pois, que na responsabilidade pelo fato de outrem há, na realidade, o concurso de duas responsabilidades: a do comitente ou patrão e a do preposto. A do primeiro é objetiva, porque o comitente é garantidor ou assegurado das consequências danosas dos atos do seu agente; a do segundo é subjetiva, porque, embora desnecessária a culpa do civilmente responsável (comitente), é indispensável em relação ao agente, autor do fato material (preposto, agente, etc.). Destarte, só indiretamente se pode dizer que a responsabilidade por fato de outrem repousa na culpa. Contudo, ambos – responsável e agente – respondem solidariamente perante a vítima (CAVALIERI FILHO, 2014, p. 238).

Acerca da responsabilização dos pais em decorrência de danos causados por seus filhos, afirma Carlos Roberto Gonçalves (2010, p. 169):

Nada impede o magistrado de apreciar o ato do menor inimputável – ato que ocasionou o dano – em face das suas circunstâncias objetivas, externas, para concluir se o ato incriminado foi normal, regular, coincidente com as regras do direito, ou não. Se provado ficar que o ato do menor privado de discernimento, abstratamente considerado, não violou nenhuma obrigação preexistente, força é convir que a ação promovida pela vítima contra o pai do menor inimputável deverá ser prontamente repelida, pois não se compreenderia que os representantes do menor incapaz, culpados por presunção legal, continuassem “culpados” pela prática de um ato que ocasionou um prejuízo, mas não vulnerou nenhuma norma jurídica.

Esta responsabilização, conquanto, perdura até que haja efetivamente o dever de vigilância, de modo que, rompido tal dever, cessa imediatamente a responsabilização. Nos dizeres de Sérgio Cavalieri Filho (2014, p. 39), são exemplos do rompimento do dever de vigilância:

Pais separados, um deles ausente ou interdito, a responsabilidade será daquele (pai ou mãe) que tem o filho sob sua posse e guarda, que exerce sobre ele o poder de direção. Se, de maneira contínua e fora do domicílio paterno, o menor é confiado à guarda dos avós, de educador, de estabelecimento de ensino, ou trabalha para outrem, a estes caberá a responsabilidade durante o período em que exercerem o poder de direção sobre o menor.

A outra hipótese de responsabilidade pelo fato de outrem prevista no inciso II do artigo 932 do Código Civil é a responsabilidade dos tutores e curadores. Tutor é o representante legal do menor cujos pais faleceram, foram declarados

ausentes ou decaíram do poder familiar (artigo 1.728, Código Civil), e curador representa o maior incapaz, em razão de loucura, surdo-mudez ou prodigalidade (artigo 1.767, Código Civil). Na tutela e curatela também há um vínculo jurídico, do qual nasce um poder de direção e, em contrapartida, um dever de vigilância, tal qual dos pais em relação aos filhos menores.

É importante destacar que, causado o dano, se o curador não tiver a obrigação de repará-lo ou não tiver condições para fazê-lo, poderá atingir o patrimônio do curatelado para a satisfação do crédito, devendo ser preservada uma renda mínima para seu próprio sustento ou o das pessoas que dele dependam economicamente.

O inciso IV do artigo 932, que também trata de responsabilização por fato de outrem, traz duas situações distintas: a responsabilidade dos estabelecimentos pelos danos causados por seus empregados aos hóspedes e educandos e a responsabilidade desses mesmos estabelecimentos pelos atos ilícitos praticados por seus hóspedes ou educandos a terceiro. A responsabilidade indireta dos donos de hotéis, hospedarias e escolas pelos atos de seus empregados aos hóspedes e educandos está prevista no Código de Defesa do Consumidor, uma vez que todos estes estabelecimentos são fornecedores. No que diz respeito à responsabilidade destes estabelecimentos pelos danos causados pelos seus hóspedes e educandos a terceiros, o preceito é restrito ao período em que estiverem sob a vigilância do hospedeiro e limitado apenas ao que ocorre dentro do estabelecimento ou em seus domínios, e nessas hipóteses se aplica a norma em análise.

Além do estudo das possibilidades para a ocorrência de responsabilidade por fato de outrem, faz-se mister a consideração da ação regressiva cujo objetivo é reaver do causador do dano aquilo que foi pago em seu lugar. A fim de restabelecer o equilíbrio patrimonial, o terceiro que suporta o dano pode se voltar contra seu causador para receber o que pagou. É o que dispõe o art. 934, do Código Civil: “Aquele que ressarcir o dano causado por outrem pode reaver o que houver pago daquele por quem pagou, salvo se o causador do dano for descendente seu, absoluta ou relativamente incapaz”.

Na análise do artigo, nota-se que a lei traz uma única exceção, que diz respeito ao ascendente que arca pelo ato de seu descendente, absoluta ou relativamente incapaz: a esse não é permitida a ação regressiva.

Importante ressaltar que, embora a lei estabeleça esta prerrogativa de a vítima acionar o causador direto do dano e o responsável pela vigilância, nada impede

que ela demande somente contra o agente causador direto do dano, se isto lhe for mais conveniente.

Fica evidenciado, pois, que a responsabilidade civil em decorrência de falha no dever de vigilância não é novidade no ordenamento jurídico.

Outra hipótese não incomum de responsabilização é a responsabilidade civil do dono ou detentor de animais, que em muito pode se assemelhar à responsabilização em decorrência da propriedade de autômatos.

De início, é importante destacar que não há que se falar em responsabilidade pelo fato da coisa quando o dano decorre da conduta direta do agente ou de seu preposto. Assim, se a vítima é atropelada quando o proprietário do veículo se encontra no volante, o caso será de responsabilidade aquiliana por fato próprio; se o veículo por um preposto seu, haverá responsabilidade por fato de terceiro; se a vítima viajava como passageiro do veículo, teremos a responsabilidade contratual, e assim por diante (FILHO, 2014, p. 257).

Portanto, a coisa era mero instrumento do dano, sendo sua causa a omissão humana por falta de vigilância ou cuidado. Com o presente estudo, analisa-se a responsabilização da própria coisa ou de seu desenvolvedor por atos decorrentes de sua autonomia.

Importa sempre definir, no caso concreto, quem é o guarda ou o guardião da coisa, o responsável pelo ressarcimento do dano causado pela coisa ou pelo animal. Mais do que mera detenção, na maioria das vezes exige-se que esse agente tenha poder de comando sobre a coisa. É por isso que o preposto não pode ser considerado guarda da coisa, posto que, embora tenha sua detenção material, ele a conduz sob as ordens do preponente.

Chegou-se, por estes caminhos, à noção de guarda intelectual como sendo a que mais atende ao conceito. Guarda é aquele que tem a direção intelectual da coisa, que se define como poder de dar ordens, poder de comando, esteja ou não em contato material com ela (PEREIRA, 2011, p. 103).

Desta forma, será responsável pelo fato da coisa quem tinha o efetivo poder de comando sobre ela no momento em que o dano foi provocado e não simplesmente quem a detinha.

Quando se indaga sobre quem é o responsável pelo fato da coisa, intuitivamente tende-se a responsabilizar o dono da coisa. Contudo, responsabilizá-lo indistintamente geraria diversas hipóteses e injustiças. Guardar a coisa é impedir que

ela ocasione danos a outrem. Nem sempre o guarda será exclusivamente o proprietário: pode ser o possuidor em razão de um contrato de locação, por exemplo. Se o titular também não puder exercer o poder de guarda porque a coisa lhe foi surrupiada sem sua culpa, ele não será considerado responsável.

A vastidão de casos na jurisprudência a respeito da responsabilidade do guarda ou guardião pelo fato da coisa impede que a falta de previsão expressa no nosso ordenamento jurídico seja obstáculo para o ressarcimento do prejuízo.

Nesta modalidade de responsabilidade não há a participação direta do guarda ou guardião no evento; se houver, este responderá por fato próprio e o objeto será mero instrumento de sua conduta. Enfim, quando o dano causado pela coisa deriva de forças da natureza, não há dever de indenizar porque se adentra o âmbito do caso fortuito, da mesma maneira que nas hipóteses de culpa exclusiva da vítima.

Feitas as considerações sobre a responsabilidade pelo fato das coisas, examinar-se-á o citado art. 936 do Código Civil, que assim prevê: “O dono, ou detentor, do animal ressarcirá o dano por este causado, se não provar culpa da vítima ou força maior”. Vê-se que o Código, no artigo em exame, indica expressamente que quem responde pelos danos causados pelo animal é seu *dono* ou o *detentor*, pois são os guardiães do animal.

Uma vez que a responsabilidade é do proprietário ou detentor, o que importa é verificar qual a pessoa que tem o poder de direção sobre ele e em geral é o dono que se encontra nesta posição. E o guardião é aquele que tem o poder de direção, controle e de uso do animal (RODRIGUES, 2012, p. 109).

O Código não atribuiu a responsabilidade unicamente ao dono, vez que a guarda do animal pode ser transferida juridicamente a outrem e, nesse caso, embora não seja o dono, o detentor do animal também responde pelos prejuízos que eventualmente ele venha a causar a outrem, pois com a guarda se tem o efetivo controle do animal e é possível guardá-lo com o cuidado necessário para evitar o resultado danoso.

Sobre o detentor, Caio Mário (2012, p. 94) dispõe:

Quando, porém, o animal se encontra na detenção de outrem que não o seu dono, mas fora de uma relação de preposição, cabe então determinar se e até onde vai a responsabilidade do dono, ou quando se exime este, a ela se desloca para aquele que o detém. Seria a situação decorrente de uma relação jurídica por via da qual a posse direta é atribuída a um terceiro: locação, comodato, depósito ou assemelhados. Em tais casos o dono continua dono e, mesmo, possuidor indireto, passando a posse direta para o locatário, comodatário, depositário. Ocorre, destarte, a transferência não apenas da

detenção material, mas ainda a guarda no sentido jurídico, com atribuição do dever de vigilância, ou de comando efetivo, cabendo a quem o tenha a consequente assunção da responsabilidade.

Analisando a citada teoria à luz das novas tecnologias e de suas especificidades, pode-se afirmar que a falha no dever de vigilância, a exemplo do que foi exposto acima, pode, após alguns amoldamentos conceituais, servir de base jurídica para a responsabilização de proprietários e detentores de autômatos.

Assim como é possível adestrar um cachorro para que, em determinada situação ele ataque um invasor da residência e, com isso se assuma o risco de o animal atacar um visitante, o mesmo, resguardadas as devidas proporções, ocorre com os autômatos, aos quais se podem delegar funções – inclusive com muito mais controle e autonomia do que a um animal doméstico.

Incumbe ao proprietário (ou detentor), pois, a vigilância do animal nesta situação, incluindo a criação e manutenção de sistemas de segurança para minimizar as possibilidades de dano, tal como, no rudimentar exemplo, prender o animal antes de receber uma visita.

Aliás, com as vênias dos desenvolvedores deste tipo de tecnologia, não se está a comparar as capacidades das inteligências artificiais com as dos animais. Esta análise se limita a demonstrar, de forma mais palpável nos dias atuais, uma forma de utilizar-se a teoria da culpa *in vigilando* para a responsabilização dos proprietários de autômatos e de sistemas de Inteligência Artificial.

Sintetizando, o proprietário ou detentor de um autômato ou de um sistema de Inteligência Artificial somente “não” será responsabilizado em decorrência de danos causados por decisões ou atos praticados pela máquina nas hipóteses de rompimento do nexo de causalidade, a exemplo do que ocorre na responsabilização consumerista, em razão do alto risco – que ao menos atualmente existe – de se operar um sistema desta natureza, dada a incerteza acerca dos danos que podem ser causados.

3.4 RESPONSABILIDADE DO UTILIZADOR E DO ORDENADOR

No dia 19 de março de 2019, uma mulher foi atropelada e morta no estado do Arizona, Estados Unidos da América, por um carro autônomo da empresa Uber. O veículo autômato, que estava em fase de testes, possuía um motorista, mas,

no momento do acidente, trafegava em situação de autonomia completa. O motorista (que é obrigatório enquanto os veículos estiverem em situação de testes) não tentou frear o veículo, que acabou colidindo com a mulher.

Este foi o primeiro caso de um acidente fatal registrado em decorrência da utilização de veículos autômatos e serve como parâmetro para a análise da responsabilidade civil que o envolve.

Os veículos autômatos da empresa norte-americana Tesla Motors exigem, para seu funcionamento em modo de completa autonomia, que exista um motorista que deve, a cada dois minutos, posicionar ambas as mãos sobre o volante como forma de comprovar para o autômato que existe uma pessoa na posição exigida.

O veículo atualmente só pilota em modo 100% autômato em rodovias, de forma que, quando adentra uma zona urbana, transfere a direção ao motorista humano. É de se dizer que este tipo de exigência da fabricante – de que exista um humano na posição de motorista, para que, caso haja alguma situação que o sistema não seja capaz de solucionar, a decisão seja tomada pelo motorista – possibilita que, a depender da situação, a responsabilidade civil por atos ilícitos recaia sobre o utilizador.

Esta situação de responsabilização do utilizador é possível quando for identificado na situação jurídica que o agente humano responsável pelo sistema não adotou as medidas capazes de evitar danos: na hipótese acima, não freou o carro ao ver a mulher, ou não respeitou às recomendações de utilização por parte do fabricante, ou agiu com culpa (*lato sensu*).

Nestas hipóteses, com base na legislação atual, a responsabilidade civil seria subjetiva, devendo, para a responsabilização do utilizador (desde que ele não seja um fornecedor de produtos ou serviços, a exemplo das inteligências artificiais empregadas em processos industriais), a comprovação de atuação com imprudência, negligência ou imperícia.

É certo que, como visto no início deste estudo, os robôs não podem, em qualquer hipótese, violar as Leis de Asimov, que preconizam a impossibilidade de um robô causar danos a um ser humano, à humanidade ou a si mesmo, desde que sua proteção não seja uma ameaça a um humano. Desta forma, os robôs devem ser pré-programados para cumprir essas leis, sob pena de responsabilização de seu criador.

Contudo, já existem sistemas abertos de Inteligência Artificial, que constituem uma plataforma livre para que se crie uma Inteligência Artificial. Eles

possibilitarão, em um futuro próximo, a criação de sistemas inteligentes “caseiros”, para os quais não se possa garantir o respeito às leis de Asimov.

Nestas situações, admitindo a possibilidade de um autômato ou uma Inteligência Artificial ser capaz de atender a ordens proferidas em desrespeito às leis da robótica e praticar um ato ilícito, urge a perspectiva da existência de uma última forma de responsabilidade civil: a do ordenador, ou seja, se quem proferiu a ordem ou o comando que desencadeou o ato ilícito.

Esta modalidade de responsabilidade pode ser verificada quando quem proferiu a ordem não for o desenvolvedor, o proprietário ou o utilizador, cujas responsabilidades já foram abordadas anteriormente.

Nesta hipótese mais remota, podemos verificar não apenas uma responsabilidade civil por atos dolosos, quando se profere uma ordem direta para a realização de uma conduta ilícita, até mesmo porque neste caso a manifestação de vontade ou o ato decisório não foi genuinamente artificial, mas decorre da vontade humana. Este cenário de responsabilização do ordenador está relacionado ao agente humano que configurou a Inteligência Artificial fornecendo-lhe balizas decisórias que permitiram que ela decidisse (diante de determinada situação) e praticasse um ato ilícito.

Este tipo de responsabilização depende do nível de aprendizado da máquina, a exemplo do que preconiza o item 56 da resolução aprovada pelo Parlamento Europeu contendo recomendações à Comissão da União Europeia sobre Robótica (em anexo):

Considera que, em princípio, uma vez identificadas as partes às quais cabe, em última instância, a responsabilidade, esta deve ser proporcionada em relação ao nível efetivo de instruções dadas ao robô e ao nível da sua autonomia, de modo a que quanto maior for a capacidade de aprendizagem ou de autonomia de um robô, e quanto mais longa for a «educação» do robô, maior deve ser a responsabilidade do «professor»; observa, em especial, que as competências resultantes da «formação» dada a um robô não devem ser confundidas com as competências estritamente dependentes das suas capacidades de autoaprendizagem, quando se procura identificar a pessoa à qual se atribui efetivamente o comportamento danoso do robô; observa que, pelo menos na fase atual, a responsabilidade deve ser imputada a um ser humano, e não a um robô.

Em termos gerais, este é o tipo de responsabilidade de quem ensinou o robô a se portar de forma a lesar direitos ou interesses de outrem. A legislação brasileira e a internacional ainda dependem de atualização, visto que não contemplam esta modalidade de responsabilidade.

É possível e provável que este tipo de situação – de danos decorrentes

de má ordenação ou má utilização – esteja prevista em contrato de uso ou licenciamento, como forma de assegurar eventual exclusão de responsabilidade do fabricante ou direito de regresso, razão pela qual se faz necessário, ainda que de maneira perfunctória, analisar os aspectos gerais da responsabilidade civil contratual.

Em que pese não seja exatamente o objetivo do presente estudo, não se pode olvidar a existência de uma série de situações jurídicas na responsabilidade civil decorrente da relação com autômatos e inteligências artificiais que envolvam questões relacionadas a inadimplementos contratuais.

As empresas do segmento, até mesmo por se tratar de uma tecnologia inovadora, já estão se valendo de instrumentos contratuais complexos para assegurar uma correta aplicação da tecnologia e isentá-la em caso de uso inadequado.

Assim sendo, analisamos alguns aspectos do inadimplemento contratual aplicado a contratos de utilização (ou licenciamento) de autômatos e inteligências artificiais.

O direito obrigacional, assim compreendido como importante instituto do direito privado, sempre teve papel de destaque e ocupou o centro de diversos embates jurídicos.

Nos tempos correntes, o direito das obrigações passa novamente por uma série de modificações estruturais buscando se amoldar às novas realidades sociais, especialmente com a implementação de novas tecnologias, objeto deste estudo.

Além disso, a crescente onda de constitucionalização do direito civil, com a horizontalização dos direitos fundamentais, fez com que a teoria base do direito obrigacional fosse, mais uma vez, se adaptando, com o objetivo de equalizar os interesses das partes – da relação obrigacional –, sem deixar de lado os interesses da coletividade.

Esta onda de constitucionalização fez surgir, como se vê no Código Civil de 2002, institutos como a função social dos contratos e a preocupação do legislador com o respeito à boa-fé e o elemento vontade.

Como dito, as novas tecnologias a cada dia colocam em cheque a suficiência da legislação obrigacional para regular as novas obrigações, os novos contratos e as novas formas de interação social.

Os negócios jurídicos que se derivam dos fatos jurídicos de maneira objetiva podem ser conceituados como “meio de realização da autonomia privada e o

contrato é o seu símbolo” (AMARAL, fls. 418).

Os negócios jurídicos, pois, por sua própria natureza, constituem exteriorização da vontade com o intuito de produção de algum efeito. Não haveria, pois, como cogitar a existência de um negócio jurídico sem uma declaração de vontade.

Portanto, necessário analisarmos, ainda que de maneira perfunctória, o elemento vontade nos negócios jurídicos, haja vista que é – ou deveria ser – seu ponto de partida.

O famigerado *pacta sunt servanda*, que será abordado nas linhas subsequentes, só possui razão existencial em virtude da presença do elemento volitivo negocial, por meio do qual não se faculta ao contratante a opção de descumprilo.

Ver-se-á, também, que, em virtude da horizontalização dos direitos fundamentais e da constitucionalização do direito privado – notadamente o direito civil –, o contrato perde parte de seu caráter imperativo. Passaram, pois, o ordenamento jurídico e os operadores do direito a se preocupar com questões tangenciais do contrato, haja vista a necessidade de compatibilização das relações privadas com os preceitos constitucionais.

O direito obrigacional hodiernamente, além de se preocupar com a presença do elemento volitivo (vontade), que é, sem dúvida, o elemento que vincula os contratantes, passa a atentar aos efeitos extracontratuais do cumprimento da obrigação.

Assim, é necessário que as partes do contrato também voltem suas atenções aos impactos econômicos e sociais que advirão do cumprimento ou do inadimplemento do contrato.

Neste arreio, o Código Civil (BRASIL, 2002) vigente estabelece requisitos para a validade do negócio jurídico, quais sejam, agente capaz, objeto lícito, possível, determinado ou determinável e, por último, forma prescrita ou não defesa em lei.

Ausentes quaisquer destes requisitos, o negócio jurídico será caracterizado como nulo. Além disso, se estiverem ausentes quaisquer dos elementos (agente, objeto ou vontade), o negócio jurídico poderá ser declarado inexistente.

Assim sendo, no caso do elemento vontade, que é o objeto da análise ora formulada, podemos afirmar que é pressuposto básico do negócio jurídico e é

imprescindível que se exteriorize. Do ponto de vista do direito, somente vontade que se exterioriza é considerada suficiente para compor suporte fático de negócio jurídico. A declaração de vontade é, portanto, o instrumento da manifestação da vontade.

A vontade que permanece interna, como no caso da reserva mental – declaração contrária à vontade real com o intuito de enganar o declaratório –, não serve como instrumento de validação do negócio jurídico, pois é de difícil ou até mesmo impossível comprovação (PADILHA, 2016, s.p.).

Assim, diante da existência de uma convenção contratual prévia e da falta de seu adimplemento, surge a obrigação de reparar os danos eventualmente causados. Para que haja a responsabilização civil daquela parte que deixou de cumprir a norma contratual e causou danos às outras partes contratantes, basta a comprovação de que a obrigação não foi cumprida, pois, neste caso, a culpa é presumida, sendo incumbida ao devedor a prova de eventual cumprimento da obrigação ou a ocorrência de uma das excludentes legais de responsabilização previstas no Art. 393 do Código Civil brasileiro: “[...] culpa exclusiva da vítima, caso fortuito ou força maior. Incumbe-lhe, pois, o *onus probandi*” (GONÇALVES, 2012, p. 44).

Por sua vez, a responsabilidade civil extracontratual advém da desobediência a um dever legal sem que haja qualquer liame obrigacional anterior entre o agente causador do prejuízo e a vítima. No fundo, contudo, sempre se dá a desobediência à lei, inclusive na violação contratual, porquanto a lei é que determina a obrigatoriedade de suas cláusulas. A norma impõe, em uma e outra hipótese, o comportamento a ser trilhado.

No que concerne à responsabilidade civil extracontratual, Maria Helena Diniz (2014, p. 577), afirma que:

A responsabilidade extracontratual, delitual ou aquiliana decorre de violação legal, ou seja, de lesão a um direito subjetivo ou da prática de um ato ilícito, sem que haja nenhum vínculo contratual entre lesado e lesante. Resulta, portanto, da inobservância da norma jurídica ou de infração ao dever jurídico geral de abstenção atinente aos direitos reais ou personalidade, ou melhor, de violação à obrigação negativa de não prejudicar ninguém.

Entre as teorias mais modernas da análise da responsabilidade civil, especialmente a responsabilidade civil contratual, encontra-se a teoria da situação jurídica subjetiva, que visa, em uma análise superficial, analisar os efeitos dos atos jurídicos a fim de identificar os centros de interesse envolvidos (que podem ser

antagônicos ou de cooperação), como forma de melhor aplicar o direito subjetivo, por meio do controle valorativo da autonomia privada.

Esta teoria permite à intérprete lidar com mais facilidade em situações complexas, com múltiplos centros de interesse, fato comum nas relações jurídicas contemporâneas. É possível, do mesmo modo, perquirir com maior exatidão os desvios de conduta (contratual ou legal), “bem como ponderar, na hipótese de exercícios de autonomia privada colidentes ou antinômicos, qual deles deverá ser considerado merecedor de tutela, à luz dos vetores funcionais fornecidos pelo conhecimento de cada categoria” (SOUZA, 2015).

Esta teoria, notória e ampla, foi citada neste estudo apenas em caráter exemplificativo, como forma de aferir a existência de responsabilidade civil contratual ou extracontratual e uma forma mais justa de ponderação de conflitos de interesse no cenário jurídico contemporâneo. Não há intenção de esgotamento ou aprofundamento do tema por não estar associado diretamente à proposta deste estudo.

4 RESPONSABILIDADE CIVIL NO PROCESSAMENTO DE DADOS PESSOAIS

Grande parte das atividades humanas na atualidade, sejam elas on-line ou off-line, deixam rastros ou, mais tecnicamente, criam dados, que funcionam posteriormente como o combustível das Inteligências Artificiais de processamento de dados, denominadas “big data”.

É de se mencionar que o avanço dos sistemas de captação de dados possibilita a criação de grandes bancos de dados. Com isso, urge que se desenvolvam tecnologias capazes de processá-los a fim de que “se tornem úteis” para as finalidades desejadas por seus desenvolvedores. Em outras palavras, o desenvolvimento e avanço de tecnologias de processamento (big data) estão diretamente ligados à capacidade de captação de dados.

Atualmente, até mesmo a mencionada *Internet of Things* (IoT – “Internet das Coisas”), relacionada à interação tecnológica entre seres humanos e seus bens (como, por exemplo, relógios, veículos e eletrodomésticos), gera lastro informativo que alimenta o imenso banco de dados digital dos fabricantes deste tipo de produtos.

A *Matrix* nunca foi tão palpável quanto no universo cotidiano, uma vez que a todo momento a humanidade está produzindo uma infinita quantidade de dados que servem de combustível para que estes grandes motores da tecnologia os utilizem com as mais diversas finalidades, até para, prever padrões comportamentais, tais como opção política, perfil de consumidores, etc.

O compartilhamento de dados tem alcançado corriqueiramente patamares inimagináveis, seja de forma explícita, quando qualquer indivíduo compartilha informações ou situações de sua própria vida nas redes sociais, de forma implícita, com o consentimento outorgado em termos de uso e políticas de privacidade de plataformas digitais, pelo preenchimento de cadastros para criação de contas em aplicativos, e-mails, websites de comércio eletrônico (e-commerce), ou até mesmo pela simples utilização de conexões tecnológicas em bens móveis (Internet of Things).

Sobre a mudança de paradigma na captação de dados com o advento da tecnologia, Márcio Rafael Silva Laeber (2007, p. 1-2) lecionava:

O desenvolvimento tecnológico permitiu a substituição das antigas fichas cadastrais manuais por arquivos eletrônicos que, dispostos em poderosos computadores e tratados por poderosos programas, são capazes de cruzar informações pessoais com precisão e eficiência jamais vistas. A evolução acelerada da informática e da telemática derrubaram fronteiras geográficas no transporte da informação, mormente com o surgimento da internet,

permitindo, em curto espaço de tempo, relacionar dados contidos em diferentes bancos de dados em diferentes locais do mundo. Assim, a criação de bases de dados e a coleta, armazenamento e tratamento de informações pessoais passaram a ser objeto de preocupação e de elaboração jurídica, tanto doutrinária como legislativa, no intuito de garantir proteção à privacidade, consubstanciada na proteção de dados pessoais.

Apesar de teoricamente o conceito de big data parecer simples, ele merece complexa análise para ser devidamente entendido. Conceituando-o em curtas linhas, a escritora espanhola Elena Gil González (2016, p. 17), especialista no tema, assim dispõe:

Big data é um termo que se refere ao enorme crescimento no acesso e uso de informações automatizadas. Refere-se às quantidades gigantescas de informações digitais controladas por empresas, autoridades e outras organizações, e que estão sujeitas a extensas análises baseadas no uso de algoritmos. Não é uma tecnologia em si, mas sim uma abordagem de trabalho para obter valor e benefícios como resultado do tratamento dos grandes volumes de dados que estão sendo gerados dia após dia.

As inteligências artificiais de big data possuem notórias peculiaridades, não se limitando, pois, à alta capacidade de coleta e processamento de dados. Hoje existem profissionais especializados na utilização deste tipo de tecnologia, denominados *data brokers*⁴³, que são especializadas na captura, tratamento e “limpeza” de dados de diversas naturezas, para, entre outras atividades, traçar perfil de consumo, aferir aceitação de determinada comunidade virtual a determinado tipo de conteúdo e direcionar publicidade (a grupos com potencial aceitação ou a grupos com resistência a certo conteúdo) (VIEIRA SOBRINHO, 2019, p. 15).

As principais características deste tipo de software são definidas por Bernard Marr⁴⁴, que as denominou “os 5 (cinco) V’s do big data”: volume; velocidade;

⁴³ Os *data brokers*, de acordo com o glossário Gartner (em tradução livre) é: Um *data broker* é um negócio que agrega informações de uma variedade de fontes; processa-as para enriquecê-las, limpá-las ou analisá-las e as licencia para outras organizações. Os *data brokers* também podem licenciar os dados de outra empresa diretamente ou processar os dados de outra organização para fornecer melhores resultados. Os dados geralmente são acessados por meio de uma interface de programação de aplicativos (API) e costumam envolver contratos de tipo de assinatura. Os dados geralmente não são “vendidos” (ou seja, sua propriedade é transferida), mas são licenciados para usos específicos ou limitados. (Um intermediário de dados também é conhecido como intermediário de informações, intermediário de dados sindicalizado ou empresa de produtos de informações.) Disponível em: <https://www.gartner.com/it-glossary/data-broker/>. Acesso em agosto de 2019.

⁴⁴ Tradução livre do original: “*Big data es un término que alude al enorme crecimiento en el acceso y uso de información automatizada. Se refiere a las gigantescas cantidades de información digital controlada por compañías, autoridades y otras organizaciones, y que están sujetas a un análisis extenso basado en el uso de algoritmos. No es una tecnología en sí misma, sino más bien un planteamiento de trabajo para la obtención de valor y de beneficios como consecuencia del tratamiento de los grandes volúmenes de datos que se están generando día a día*”. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/20140306073407-64875646-big-data-the-5-vs-everyone-must->

variedade; veracidade e valor.

O volume representa a grande quantidade de dados gerados mundialmente, possibilitando que a cada instante o banco de dados deve fomentar maneiras de elencar quais informações lhe serão úteis.

No que diz respeito à velocidade, este tipo de tecnologia (ou serviço), precisa fornecer as informações a seus clientes de maneira imediata. Quanto mais rápido o sistema puder processar os dados e praticamente fornecê-los a seus clientes de maneira estruturada e organizada, contemporaneamente à sua produção ou captura, mais eficiente será a tecnologia.

Quanto ao aspecto variedade, o big data abarca dados e informações concernentes aos mais diferentes aspectos do cotidiano e advindas de distintas fontes. Em sua essência, mecanismos de cruzamento de dados heterogêneos fazem parte do fenômeno.

A veracidade diz respeito basicamente a dois fatores: determinar quais dados são verossímeis e atualizados, vez que dados desatualizados podem ser tidos como inverídicos.

O aspecto valor, extremamente importante, se mostra como uma junção de todos os anteriores para que a utilização do big data seja abordada de forma proveitosa, vantajosa e eficiente para o receptor dos dados. Em sua essência, valora cada uma das informações coletadas.

Portanto, traçadas as premissas conceituais acerca do fenômeno big data, antes de prosseguir ao deslinde do trabalho em voga, é preciso tecer considerações acerca de sua aplicação.

Como utilização precípua dos mecanismos de big data, elenca-se aquela perpetrada no âmbito empresarial, na exploração de atividades comerciais, por meio dos quais os dados coletados são utilizados para fins de estabelecimento de perfis de consumidores e clientela na constante busca por aperfeiçoamento de atividades e expansão do fundo de comércio, para que sejam realizadas publicidades direcionadas.

Há também que se fazer importante menção aos usos para otimização de sistemas de saúde, seja em seu aspecto preventivo ou repressivo, em serviços de proteção ao crédito, no fomento à melhoria de performance de atletas de alto nível, no incentivo a pesquisas científicas, nas inteligências artificiais e até mesmo nas

relações entre países.

Sintetizando algumas das aplicações dos mecanismos de big data no cotidiano, Adhemar Della Torre Netto e Alfredo Emanuel Farias de Oliveira (2019, p.

3) firmam:

Através da análise desse imenso volume de informações, é possível ter uma compreensão até então inédita, que transita entre a localização geográfica de uma pessoa específica até os hábitos de consumo de uma determinada sociedade. Pode-se antecipar eventos cataclísmicos, como terremotos e furacões, em como tomar-se medidas para prevenção de epidemias em seu epicentro, prevenindo-se uma patologia, potencialmente capaz de atingir toda a população mundial. No campo empresarial, as informações de usuários e consumidores têm peso de ouro para as companhias, que buscam identificar hábitos de consumo e focar em publicidade direcionada. [...] Com isso, extrai-se a compreensão da importância do Big Data e sua constante presença em nossas vidas: desde a facilidade e rapidez com que se realiza uma investigação através de ferramentas de busca como o *Google* até as indicações de obras literárias que a livraria *on-line Amazon* realiza a seus clientes, através da análise dos dados digitais (rastros) que são deixados com o uso natural e corriqueiro da internet – informações essas que, depois de processadas, revelam as preferências e tendências de cada indivíduo analisado, permitindo que ações de marketing personalizadas possam ser direcionadas de forma pessoal.

Arrematando a ideia acerca da utilização do big data, em especial no âmbito empresarial, para denotar sua relevância, eis as considerações de Javier Puyol Moreno (2014, p. 473/474):

A geração de dados não só cresce como explode. O crescimento exponencial é tão grande que 90% dos dados atualmente salvos foram criados nos últimos dois anos. [...] estes dados são uma oportunidade de negócios milionários para a maioria das empresas. Saber coletar e usar grandes quantidades de dados permite que as empresas tomem decisões melhores e sejam mais competitivas: isso é Big Data⁴⁵.

Portanto, basicamente este é o panorama global atual que envolve o instantâneo e massivo compartilhamento de dados, coletados e tratados para as mais diversas finalidades, constituindo colossal banco digital com aplicações variadas: o big data.

A massiva captação, tratamento e utilização de dados pessoais de todo e qualquer rastro deixado pelos usuários da internet (em sentido amplo) com

⁴⁵ Tradução livre de: “*la generación de datos no solo crece, explota. El crecimiento exponencial es tan grande, que el 90% de los datos guardados en la actualidad, han sido creados en los dos últimos años. [...] estos datos son una oportunidad de negocio millonaria para la mayoría de las empresas. Saber recoger y utilizar grandes cantidades de datos permite a las empresas tomar mejores decisiones y ser más competitivas: esto es el Big Data*”.

diferentes finalidades é fenômeno universal, que aumenta a cada segundo e se mostra quase que integralmente irrepresível.

A contrapartida de suas aplicações vantajosas, talvez na mesma medida, são os riscos, os perigos e a tênue linha entre o tratamento de dados pessoais na estrita legalidade e a violação de direitos fundamentalmente garantidos pela Constituição Federal.

Hodiernamente a liberdade e a dignidade da pessoa humana estão nos centros axiológicos de grande maioria dos ordenamentos jurídicos de países democráticos.

Ao passo em que se busca a efetivação dos preceitos basilares fulcrais de um ordenamento jurídico democrático, garantista e protetivo, valorizam-se, também, os direitos de personalidade, em especial o da imagem, honra, intimidade e respeito à privacidade (vida privada).

Ocorre que, ao passo que a coleta de dados pessoais por intermédio de mecanismos de big data cresce exponencial e globalmente, todos os direitos acima mencionados padecem de iminente violação, merecendo, portanto, proporcional proteção contra os graves riscos.

Sobre o tema, Bruno Ricardo Bioni (2019, p. 59-60) afirma:

Os direitos da personalidade são uma “noção inacabada” que deve ser “cultivada”, especialmente frente ao abordado manancial de dados produzidos pelas pessoas na sociedade da informação. Por meio dessa premissa, será possível identificar uma nova variante desta categoria jurídica para nela enquadrar a proteção de dados pessoais.

Nesse sentido, os direitos da personalidade não se limitam àquelas situações previstas no CC, sendo o seu rol *numerus apertus* (rol aberto). Eles não se exaurem naquelas espécies enumeradas nos arts. 11 a 21 do CC, o que abre caminho para o reconhecimento da proteção dos dados pessoais como um *novo direito da personalidade*.

Foge aos limites deste trabalho adentrar na discussão sobre a tutela dos direitos da personalidade como um direito geral de personalidade e/ou sua inserção por meio de espécies, até porque julga ser a mesma inócua. Pragmaticamente, o que importa é que ambas as orientações geram o mesmo resultado: uma tutela dinâmica e aberta para abraçar novas situações como um ferramental para a promoção da pessoa humana.

Ao concluir o raciocínio Bruno Bioni (2019, p. 67) salienta a proteção de dados pessoais como um novo direito de personalidade, sendo assim bem jurídico a ser tutelado pelo ordenamento pátrio:

Por isso, os dados que influem na projeção de uma pessoa e na sua esfera relacional adequam-se conceitualmente como um novo direito da

personalidade. Alocar a proteção dos dados pessoais nessa categoria jurídica é uma construção dogmática necessária. Além de dar coerência normativa a uma série de faculdades jurídicas próprias desse direito (e.g., direito de acesso, correção, revisão de decisões automatizadas etc.), trata-se de um norte que facilita a sua interpretação e aplicação para não empolar a compreensão de seus conceitos basilares.

Neste íterim, a partir do fenômeno fático big data, que alterou os paradigmas até então existentes, o mundo se viu diante de patente necessidade de abordá-lo juridicamente, ou seja, da devida regulamentação para que esta inovadora modalidade de compartilhamento de informações não acarretasse prejuízos globais irreparáveis.

Em nível internacional, uma legislação que inspirou e influenciou a ciência jurídica como um todo, pioneira no que diz respeito à adequação entre coleta de dados pessoais em meios digitais e proteção de direitos fundamentais, foi o Regulamento Geral de Proteção de Dados Pessoais Europeu, comumente conhecido apenas por GDPR (*General Data Protection Resolution*).

Tal norma sobreveio com o objetivo de assegurar a proteção e a transparência aos envolvidos no tratamento e circulação de dados pessoais, tecendo também disposições sobre a livre circulação desses dados, embasada por noções claras de delimitação da finalidade de sua coleta, tratamento e uso.

Analisando o contexto abordado, assim dispôs Patrícia Peck Pinheiro (2018, p. 18-19):

A liderança do debate sobre o tema surgiu na União Europeia (EU), em especial com o partido *The Greens*, e se consolidou na promulgação do Regulamento Geral de Proteção de Dados Pessoais Europeu n. 679, aprovado em 27 de abril de 2016 (GDPR), com o objetivo de abordar a proteção das pessoas físicas no que diz respeito ao tratamento de dados pessoais e à livre circulação desses dados, conhecido pela expressão "*free data flow*". O Regulamento trouxe a previsão de dois anos de prazo de adequação, até 25 de maio de 2018, quando se iniciou a aplicação das penalidades.

Este, por sua vez, ocasionou um "efeito dominó", visto que passou a exigir que os demais países e as empresas que buscassem manter relações comerciais com a EU também deveriam ter uma legislação do mesmo nível que o GDPR. [...]

Foi nisso que a nova legislação inovou, ou seja, padronizou, ou melhor, normalizou, quase que como uma norma ISO, o que seriam os atributos qualitativos da proteção dos dados pessoais sem a presença dos quais haveria penalidades.

Os efeitos do GDPR são principalmente econômicos, sociais e políticos. Trata-se de apenas uma das muitas regulamentações que vão surgir nessa linha, em que se busca trazer mecanismos de controle para equilibrar as relações em um cenário de negócios digitais sem fronteiras.

Sob influência do diploma normativo europeu, em 14 de agosto de 2018 foi sancionada no Brasil, pelo então Presidente da República Michel Temer, a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD – Lei nº 13.709/2018).

Imperioso explicitar de plano que a LGPD abrange o tratamento de dados pessoais coletados por qualquer meio (on-line ou não, digital ou analógico); entretanto, o estudo se pautará no âmbito tecnológico da questão.

Assim como trouxe o GDPR, a lei nacional também buscou uniformizar as questões envolvendo coleta, tratamento e utilização de dados pessoais captados em meios digitais com algumas distinções e específico objetivo de proteção aos direitos fundamentais de liberdade, privacidade e livre desenvolvimento da personalidade.

Após a exposição de seus fundamentos, a legislação, bem como sua aplicabilidade (artigos 2º a 4º), passa a expor definições de conceitos que são de entendimento fundamental para a análise do diploma.

Como alguns dos conceitos mais relevantes à elaboração do presente estudo, infere-se do artigo 5º da legislação a definição de “dado pessoal”: toda informação relacionada à pessoa natural, identificada ou identificável, bem como a de dado pessoal sensível, aquele de origem intrínseca do indivíduo, como, por exemplo, aspectos raciais, étnicos, religiosos, políticos, filosóficos, orientação ou vida sexual, dado genético e biometria.

O mesmo dispositivo traz em seus incisos “dado anonimizado” como aquele pelo qual o titular não pode ser identificado pela utilização de meios técnicos razoáveis na ocasião de seu tratamento e “anonimização” como o processo pelo qual um dado deixa de ser dotado de aspectos identificáveis e de associação a determinado indivíduo (BLUM, 2019, pp. 201-202).

Importante mencionar, também, a importância dada pela legislação à diferenciação dos sujeitos integrantes da relação jurídica de compartilhamento e tratamento de dados pelos meios digitais.

O diploma normativo traz, ainda ao curso de seu artigo 5º, as definições de “titular” (pessoa natural a quem se referem os dados pessoais) e dos chamados “agentes de tratamento”: o controlador (pessoa natural ou jurídica, pública ou privada, que decide sobre o tratamento dos dados coletados); o operador (pessoa natural ou jurídica, pública ou privada, que realiza o tratamento dos dados coletados) e, por fim, o “encarregado” (pessoa indicada pelo controlador e/ou operador para atuar como

canal de comunicação entre titulares, agentes de tratamento e a Autoridade Nacional de Proteção de Dados).

Após a devida conceituação de institutos e sujeitos, a sistemática da legislação passa a expor, em seu artigo 6º, os princípios a que serão submetidas as atividades de tratamento de dados pessoais: boa-fé; finalidade; adequação; necessidade; livre acesso; qualidade dos dados; transparência; segurança; prevenção; não discriminação; responsabilização e prestação de contas.

Traçadas as disposições preliminares, a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais passa a dispor sobre o tratamento de dados pessoais e dados pessoais sensíveis tanto por entidades privadas como especificamente pelo Poder Público, elencando diversos pressupostos a serem observados para que a coleta, tratamento e utilização sejam realizados em estrita legalidade e respeito a direitos fundamentais, além de conferir diversos direitos aos titulares de dados pessoais.

Para que se atinja o ponto fulcral da pesquisa, é imperioso expor que o diploma normativo em comento traz como a primeira de suas bases legais que norteiam toda a coleta e tratamento de dados o pressuposto advindo do consentimento do titular. O consentimento pode ser tido, após simples leitura da lei, como a “regra de ouro” em que se pauta toda a norma. Possui, inclusive, definição expressa, prevista no inciso XII, do artigo 5º: “manifestação livre, informada e inequívoca pela qual o titular concorda com o tratamento de seus dados pessoais para uma finalidade determinada”. Ele é, ainda, requisito precípua tanto para a coleta e tratamento de dados pessoais quanto de dados pessoais sensíveis, conforme se infere do artigo 7º, inciso I, e artigo 11, inciso I, da legislação.

Apesar de longamente mencionado no bojo da lei, calha destacar que o consentimento não se encontra em superioridade hierárquica às demais ocasiões que legitimam a coleta e o tratamento de dados pessoais. Ainda assim, é tido como talvez o principal pressuposto valorado pela Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais.

Ao avaliar como o consentimento foi tido por uma das bases legais da LGPD, sendo, ainda que não em hierarquia superior, um dos vetores principais da lei, Bruno Ricardo Bioni (2019, p. 134-135) assim disserta:

Primeiro, por adjetivar extensivamente o consentimento seguindo a linha evolutiva do direito comunitário europeu e da quarta geração de leis de proteção de dados pessoais. O consentimento deve ser livre, informado, inequívoco e dizer respeito a uma finalidade determinada de forma geral e, em alguns casos, deve ser, ainda, específico.
Segundo, porque grande parte dos princípios tem todo o seu centro

gravitacional no indivíduo: [...]

É uma carga principiológica que procura conformar, justamente, a ideia de que o titular dos dados pessoais deve ser empoderado com o *controle* de suas informações pessoais e, sobretudo, na sua autonomia da vontade.

Terceiro, porque há uma série de disposições que dão um regramento específico para concretizar, orientar e, em última análise, reforçar o controle dos dados pessoais por meio do consentimento [...]

Uma análise não só quantitativa, mas também qualitativa, que diagnostica um arranjo normativo *circular* à figura do consentimento e que o canaliza como seu elemento cardeal.

É imperioso explicitar que o consentimento sempre deverá estar aliado à ideia de exposição clara, inequívoca e expressa da finalidade de coleta de dados, não podendo advir de cláusula genérica. É responsabilidade dos agentes de tratamento demonstrar o fim para o qual será utilizado cada dado coletado, na esteira do que dispõem os artigos 6º, incisos I, II, III e V; 7º, parágrafos 3º e 7º; 8º, parágrafo 4º; e 9º, inciso I.

Ou seja, o simples consentimento por si só pode não ser suficiente para que tal base legal esteja devidamente preenchida, já que, na grande maioria das vezes, demanda estar precedido da devida informação, livre acesso e exposição de tudo o que será feito com os dados a serem coletados para que a autorização de tratamento seja concedida sem vícios.

Sobre as condicionantes que se aliam ao consentimento para que este seja válido, aduzem Júlia Akerman Shinohara e Elton Minasse (2019, s.p.):

Em outras palavras, para que o consentimento seja considerado válido e, portanto, hábil a legitimar o tratamento de dados, é essencial que o titular dos dados tenha acesso facilitado às informações sobre o tratamento, as quais deverão ser disponibilizadas de forma clara, adequada e ostensiva, incluindo informações acerca dos tipos de dados tratados, finalidade específica do tratamento, forma e duração do tratamento, identificação do controlador responsável pelas decisões referentes ao tratamento, consequências resultantes, impactos para os titulares dos dados e grau de intrusão em suas vidas privadas.

Entretanto, apesar de precípua, como cediço, o consentimento não é a única das bases legais que justificam a coleta de dados pessoais e seu respectivo tratamento.

Passa-se, portanto, à análise das demais bases legais estabelecidas pela legislação vigente, como aptas a ensejar a coleta e o tratamento de dados pessoais.

4.1 OUTRAS BASES LEGAIS PARA TRATAMENTO DE DADOS PESSOAIS

À luz do que foi alinhavado até este ponto do trabalho, o consentimento, apesar de ter sido abordado como vetor essencial e principal, não é a única base legal para tratamento de dados pessoais. Não possui, no entanto, hierarquia normativa, apesar de sua explícita importância ao curso do escopo normativo.

As linhas seguintes destinar-se-ão, portanto, a explicitar as demais bases legais que excepcionam o consentimento, autorizando a coleta e tratamento de dados pessoais, expressamente previstas na Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (Lei nº 13.709/2018).

O artigo 7º da Lei nº 13.709/2018 traz, em seus incisos, dez bases legais para o tratamento de dados pessoais, sendo o consentimento, apenas a primeira delas. Portanto, além do consentimento, existem mais nove situações que legitimam a coleta e utilização de dados pessoais.

O inciso II traz, como pressuposto, o tratamento de dados “para o cumprimento de obrigação legal ou regulatória pelo controlador”, situação que traduz fato previsto em lei (*lato sensu*) que demande a coleta ou a captação para regulamentar determinado setor da economia, como, por exemplo, sistemas de segurança ou saúde.

O inciso III traz a autorização do tratamento “pela administração pública, para o tratamento e uso compartilhado de dados necessários à execução de políticas públicas previstas em leis e regulamentos ou respaldadas em contratos, convênios ou instrumentos congêneres [...]”. Tal situação vai ao encontro da captação e utilização de dados pessoais para a atuação positiva do Estado em sua função de garantidor de direitos sociais a fim de efetivar a prestação dos chamados “direitos fundamentais de segunda dimensão”.

O inciso IV faculta o tratamento de dados pessoais “para a realização de estudos por órgão de pesquisa, garantida, sempre que possível, a anonimização dos dados pessoais”, ocasião em que se elucida a elaboração de qualquer pesquisa científica que demande a coleta, como, por exemplo, os chamados “censos populacionais” (ou recenseamento demográfico).

Importante mencionar, ainda sobre o inciso IV, que a legislação impõe a anonimização dos dados para o uso com esta finalidade, sempre que possível, nos remetendo ao conceito de anonimização exposto no inciso XI do artigo 5º já abordado, que, por sua vez, pressupõe a existência de meios razoáveis e disponíveis para a

dissociação, direta ou indireta, do dado coletado de seu titular.

Portanto, caso no momento da pesquisa científica exista qualquer meio objetivamente razoável disponível para que se proceda à dissociação dos dados pessoais de modo que seu titular não seja identificado, tal meio deve obrigatoriamente ser utilizado.

Quanto ao inciso V, há a autorização de tratamento “quando necessário para a execução de contrato ou de procedimentos preliminares relacionados a contrato do qual seja parte o titular, a pedido do titular dos dados”. Tal hipótese se pauta na autonomia da vontade das partes e nos ditames do *pacta sunt servanda*, garantindo ao titular dos dados a exigência de cumprimento de cláusula contratual prevista em instrumento particular, cuja utilização possa ser necessária para o cumprimento deste.

Com relação ao inciso VI, destaca-se o tratamento “para o exercício regular de direitos em processo judicial, administrativo ou arbitral, esse último nos termos da Lei nº 9.307, de 23 de setembro de 1996 (Lei de Arbitragem)”. Aqui, o curso de uma demanda judicial, administrativa ou arbitral legitima a coleta e utilização de dados pessoais, mas resguardada somente para o exercício regular de um direito ou faculdade processual.

Um exemplo prático do inciso abordado poderia ser a utilização de dados pessoais para diligências viabilizadas por sujeito processual para que encontre determinado bem objeto de busca e apreensão ocultado pela parte contrária.

O inciso VII prevê a coleta e uso de dados pessoais “para a proteção da vida ou da incolumidade física do titular ou de terceiros”, consagrando o tratamento de dados como um importante fator preventivo para a tutela de bens jurídicos de importância precípua a todo e qualquer ordenamento jurídico: a vida e a integridade física.

O inciso VIII traz o tratamento “para a tutela da saúde, exclusivamente, em procedimento realizado por profissionais de saúde, serviços de saúde ou de autoridade sanitária”. Tal hipótese, portanto, demanda, além da finalidade (tutela da saúde), o pressuposto subjetivo, qual seja, o profissional a fazer uso do tratamento de dados pessoais, devendo este exercer funções relacionadas ao objetivo da norma.

Além de todas as situações acima alinhavadas, o inciso IX traz, nas bases legais que facultam a coleta e utilização de dados pessoais, o conceito de “legítimo interesse” sob a seguinte assertiva: “quando necessário para atender

interesses legítimos do controlador ou de terceiro, exceto nos casos de prevalecerem direitos e liberdades fundamentais do titular que exijam a proteção dos dados pessoais”.

Tal inciso merece análise minuciosa e esmerada, pois, ao contrário dos demais, não se pauta em conceito ou definição objetiva, taxativa, fechada. Pelo contrário, a legislação, nesta hipótese, explicita concepção genérica, aberta a interpretações, em um caráter de ampla abstração.

Fica, portanto, suscetível à interpretação a aplicação prática deste dispositivo; em especial, ele demanda sérios riscos, pois, caso se admita uma interpretação extensiva deste, o tratamento de dados pessoais, sem o consentimento ou demonstração de alguma finalidade específica, poderia ser legitimado nas mais diversas ocasiões sob alegações abstratas e genéricas do simples apontamento do “legítimo interesse” do controlador ou de terceiros.

Entendendo o caráter genérico do conceito, a própria legislação se preocupou em estabelecer alguns parâmetros para embasar o legítimo interesse. Além da limitação imposta no inciso IX do artigo 7º, que abarca a prevalência de direitos e liberdades do titular, o diploma legal ainda dispõe, em seu artigo 10º, *in verbis*:

Art. 10. O legítimo interesse do controlador somente poderá fundamentar tratamento de dados pessoais para finalidades legítimas, consideradas a partir de situações concretas, que incluam, mas não se limitam, a:

I – apoio e promoção de atividades do controlador; e

II – proteção, em relação ao titular, do exercício regular de seus direitos ou prestação de serviços que o beneficiem, respeitadas as legítimas expectativas dele e os direitos e liberdades fundamentais, nos termos desta Lei.

§ 1º. Quando o tratamento for baseado no legítimo interesse do controlador, somente os dados pessoais estritamente necessários para a finalidade pretendida poderão ser tratados.

§ 2º. O controlador deverá adotar medidas para garantir a transparência do tratamento de dados baseado em seu legítimo interesse.

§ 3º. A autoridade nacional poderá solicitar ao controlador relatório de impacto à proteção de dados pessoais, quando o tratamento tiver como fundamento seu interesse legítimo, observados os segredos comercial e industrial.

Desta forma, além das finalidades específicas, guardando relação direta com os dados coletados, deve o controlador documentar os dados captados com base em seu legítimo interesse, respeitando a transparência do seu tratamento, sempre observando os direitos fundamentais do titular.

O raciocínio que justifica o legítimo interesse como fundamento para

embasar o tratamento de dados, por sua vez, faz que com que se teça uma análise sobre a possibilidade de interferência na intimidade e vida privada com maior ou menor intensidade, sem que haja violação de garantia constitucional.

Acerca do tema, Nelson Nery Junior (2014, p. 3) asseverou:

A vida privada consiste no conjunto de operações desenvolvidas por um sujeito que restam imunes ao poder de ingerência pública. Esta imunidade refere-se à impossibilidade de intromissão sem que esta seja vista como ilícita, ainda que do ponto de vista constitucional. A licitude está na observância do postulado da inviolabilidade. Entretanto, esta imunidade é maior ou menor conforme a projeção natural que a operação do sujeito de direitos tenha. [...]

Esta transitoriedade é própria do dinamismo da vida social e do fato que, no contexto da vida privada, desenvolvem-se operações ou atividades vitais. Conforme oscile num ou noutro sentido, a vida é mais ou menos privada e, deste modo, mais ou menos protegida, quer em extensão, quer em profundidade. Obviamente, a tutela constitucional da vida privada é a mesma – defere uma garantia de *inviolabilidade*. Entretanto, conforme o atuar do privado, ele acaba por propiciar uma maior ou menor amplitude de manifestação desta tutela.

Além de respeitar todos os parâmetros legalmente estabelecidos, a utilização do legítimo interesse, portanto, merece análise de proporcionalidade, conforme Bruno Ricardo Bioni (2019, pp. 252-253):

O fio condutor de toda essa avaliação é “balancear” os direitos em jogo. De um lado, do titular dos dados e, de outro lado, de quem faz uso das suas informações. Tão importante quanto aferir se há um *interesse legítimo* é verificar se as *legítimas expectativas* e os direitos e liberdades fundamentais do cidadão serão respeitados. [...]

Ao enfatizar que deve haver os registros de tratamento de dados pessoais com base no legítimo interesse ao lado de um conjunto de obrigações para quem queira se valer de tal base legal, a LGPD aponta para a *necessidade* da execução desse teste de proporcionalidade. É por meio dessa avaliação que deve haver o balanceamento entre a promoção das atividades do controlador e os direitos e liberdades fundamentais do titular, demonstrando-se “a adoção de medidas eficazes e capazes de comprovar” a observância de todas as normas aplicáveis ao uso da base legal do legítimo interesse.

Assim, havendo proporcionalidade entre os dados coletados e a finalidade de seu tratamento, guardada relação com as atividades do controlador, o legítimo interesse seria válido, como, por exemplo, no caso de instituições financeiras, que possuem interesse legítimo em captar dados pessoais de seus clientes e de outros bancos para que sejam feitas Transferências Eletrônicas Disponíveis (TED).

Contudo, o que se conclui pela análise de exceções ao consentimento, em especial aquelas relacionadas ao objeto do presente trabalho, quais sejam, os mecanismos de big data, é que o consentimento só estaria suprido até o limite da

finalidade específica da utilização dos dados (FERREIRA BLUM, 2018).

Portanto, os dados coletados com base no legítimo interesse não seriam licitamente aptos a alimentar outros sistemas de big data, sob pena de violação normativa e desrespeito a garantias fundamentais do titular, salvo em caso de consentimento deste.

Em arremate, a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais traz, em seu artigo 7º, inciso X, a autorização para tratamento de dados pessoais “para a proteção do crédito, inclusive quanto ao disposto na legislação pertinente”, como uma das hipóteses em que se supre o consentimento do titular.

Por todo o exposto, passa-se, por oportuno, à análise da responsabilização e consequências do descumprimento normativo.

A priori, faz-se de suma importância conceder o devido destaque ao órgão responsável pelo estabelecimento de diretrizes, fiscalização de cumprimento e imposição de sanções ao desrespeito normativo da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais: a Autoridade Nacional de Proteção de Dados (ANPD).

Quando da entrada em vigor da legislação, em agosto do ano de 2018, toda a seção I do Capítulo IX do diploma legal, que disciplinava sobre a criação, institucionalização, competência e atribuições da ANPD, foi vetada pelo então presidente Michel Temer. Segundo ele, o veto não se deu em razão do conteúdo da norma em seu aspecto material, mas sim tão somente em razão do que chamou de “vício de iniciativa”.

À época, Michel Temer se comprometeu a enviar um “projeto” ao Congresso consertando os vícios contidos nos dispositivos que versavam sobre a criação da Autoridade Nacional de Proteção de Dados⁴⁶.

Desta forma, em 27 de dezembro do ano de 2018, Michel Temer editou a Medida Provisória nº 869/2018 para a criação, de acordo com seu entendimento sobre a devida iniciativa para tanto, da Autoridade Nacional de Proteção de Dados (ANPD).

Referida Medida Provisória foi posteriormente transformada em lei com a publicação da Lei nº 13.853, de 8 de julho de 2019, que alterou a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (Lei nº 13.709/2018), incorporando os artigos 55-A até 55-L para fins da efetiva criação e disciplina da ANPD.

⁴⁶ Disponível em: <<https://g1.globo.com/politica/noticia/2018/08/14/temer-sanciona-lei-de-protecao-de-dados-pessoais.ghtml>>.

Em curtas linhas, as atribuições e a natureza jurídica do órgão, de acordo com o canal de comunicação do Senado Federal – Agência Senado –, reproduzindo reportagem da Agência Câmara Notícias (2019, s/p), são as seguintes:

De acordo com a nova lei, entre as competências da ANPD estão zelar pela proteção dos dados pessoais, elaborar diretrizes para a Política Nacional de Proteção de Dados Pessoais e da Privacidade e aplicar sanções em caso de tratamento de dados realizado de forma irregular.

A ANPD terá natureza transitória, podendo ser transformada em autarquia vinculada à Presidência da República após dois anos, a critério do governo. O novo órgão terá a seguinte estrutura organizacional: Conselho Diretor (órgão máximo de direção), Conselho Nacional de Proteção de Dados Pessoais e da Privacidade, Corregedoria, Ouvidoria, órgão de assessoramento jurídico próprio e unidades administrativas necessárias à aplicação da lei. A ANPD será formada por diretores que serão nomeados para mandatos fixos.

O Conselho Nacional de Proteção de Dados Pessoais e da Privacidade será composto de 23 representantes, titulares e suplentes, de órgãos públicos e da sociedade civil.

Como cediço, a Autoridade Nacional de Proteção de Dados possui, em síntese, as atribuições disciplinares, fiscalizatórias e sancionadoras.

A Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais, assim, estabelece, em seu artigo 52, *caput* e incisos, sanções administrativas a serem aplicadas pela ANPD e os critérios para aplicação, nos termos do parágrafo primeiro e respectivos incisos do mesmo dispositivo.

As sanções variam de advertência e prazo para tomada de medidas corretivas a imposição de multa de até 2% (dois por cento) do faturamento da pessoa jurídica, limitada a R\$ 50.000.000,00 (cinquenta milhões de reais) por infração, assim como publicização da infração, bloqueio e/ou eliminação dos dados pessoais relativos ao ilícito.

Os critérios a serem adotados, de acordo com o caso em concreto, para a aplicação de sanções após devido processo administrativo são: gravidade e natureza da infração e dos direitos afetados; boa-fé do infrator; vantagem auferida ou pretendida; condição econômica do infrator; reincidência; grau do dano; cooperação do infrator; adoção reiterada e demonstrada de mecanismos e procedimentos internos capazes de amenizar o dano; adoção de políticas de boas práticas e governança; pronta adoção de medidas corretivas e proporcionalidade entre gravidade da falta e intensidade da sanção.

Entretanto, mesmo com a previsão de sanções aplicáveis na seara administrativa pela Autoridade Nacional de Proteção de Dados, a própria Lei nº

13.709/2018 não exclui a possibilidade da responsabilidade civil no que diz respeito ao ressarcimento de danos causados pelo tratamento de dados em desacordo com o diploma legal.

É o que dispõe o artigo 42 do dispositivo *in verbis*:

Art. 42. O controlador ou o operador que, em razão do exercício de atividade de tratamento de dados pessoais, causar a outrem dano patrimonial, individual ou coletivo, em violação à legislação de proteção de dados pessoais, é obrigado a repará-lo.

O dispositivo confere, ainda, alguns benefícios processuais que podem ser concedidos aos titulares dos dados pessoais nestes casos, como a inversão do ônus probatório, e impõe a responsabilidade solidária entre operador e controlador dos dados indevidamente tratados quando o primeiro descumpra obrigação legal ou instruções do segundo.

A legislação ainda limita a matéria de defesa dos agentes de tratamento nos casos de responsabilidade civil, vinculando suas alegações à prova cabal dos fundamentos dispostos nos três incisos do artigo 43, quais sejam: não realizaram tratamento dos dados que lhes é atribuído; embora tenham realizado, não houve violação à legislação; dano advindo de culpa exclusiva do titular ou terceiro.

Desta forma, mostra-se de cunho essencial uma análise parcimoniosa da responsabilidade civil nos casos de descumprimento da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais.

À princípio, pois a própria legislação já prevê sanções aplicáveis na seara administrativa, inclusive por intermédio de órgão competente, que variam gradativamente a depender da gravidade da conduta e dos direitos violados.

Em um segundo momento, eventuais danos de ordem extrapatrimonial não podem passar despercebidos. Ocorre que, notoriamente, o ressarcimento dos danos extrapatrimonial deve seguir alguns critérios para aferição do *quantum* indenizatório.

Podemos definir o dano moral como as perdas sofridas por um ataque à moral e à dignidade da pessoa, caracterizando-o, entre outras coisas, como uma ofensa à integridade psíquica da vítima.

Dentre as funções do ressarcimento por danos morais, uma é dirigida à pessoa que sofreu o dano; a outra atinge o responsável pela ocorrência do dano; a última dispõe que tanto o responsável pelo evento danoso não deve repeti-lo como

também a sociedade, razão pela qual esta última é denominada “medida pedagógica ou educativa”.

Ainda que a indenização por danos extrapatrimoniais tenha as motivações acima expostas, ela não pode extrapolar os limites da razoabilidade e da proporcionalidade.

No caso das pessoas jurídicas que atuam por intermédio de mecanismos de big data abarcados pela Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais, a questão é ainda mais delicada, uma vez que, como cediço, a própria Lei já prevê sanções pelo descumprimento desta.

Uma condenação por indenização desproporcional, portanto, poderia claramente inviabilizar ou desestimular a criação de novas tecnologias, cuja extrema importância foi longamente abordada no decorrer deste trabalho.

Não há que se falar também em ausência de responsabilidade civil por danos extrapatrimoniais, vez que, como suscitado, os mecanismos de big data também refletem em severos riscos e perigos de utilização em afronta a garantias constitucionais. O que deve ser buscado, portanto, caso a caso, é uma avaliação parcimoniosa do *quantum* indenizatório, levando em conta as sanções administrativas já sofridas pelo infrator, em contraposição com o ressarcimento integral do dano causado, inclusive para evitar o caráter exclusivamente punitivo da indenização extrapatrimonial.

Não há que se falar, também, em ausência de responsabilidade civil por danos extrapatrimoniais, vez que, como suscitado, os mecanismos de big data também refletem em severos riscos e perigos de utilização em afronta a garantias constitucionais.

CONCLUSÃO

De forma silenciosa e irreversível, a relação da sociedade moderna com tecnologias avançadas foi se tornando cara vez mais indissociável e pouco a pouco nosso vocabulário foi se enchendo de neologismos ou estrangeirismos. Tornou-se comum falar em Windows, Mac, FaceTime, iTunes, Facebook, Skype, Google, WhatsApp, Telegram, Uber, Dropbox, Twitter, Instagram, Waze, Spotify, Amazon, Netflix e YouTube.

As empresas que exploram o conhecimento e as tecnologias avançadas se tornaram as mais valiosas do mundo em comparação às companhias de manufatura ou extrativistas. A “nova era” recém-inaugurada é a era da biotecnologia, nanotecnologia, Inteligência Artificial, da impressão em 3D, da computação quântica, dos veículos autômatos e da Internet das Coisas.

Cada vez mais passamos a perceber que estas novas tecnologias não são meros instrumentos à disposição do ser humano, mas efetivamente o motor para a inauguração de uma era de tecnologias fascinantes, mas que devem estar sempre sob nosso controle, dada sua complexidade.

A experimentação de tecnologias avançadas não é privilégio da geração atual e, como visto, a evolução (ou revolução) da forma de agir e pensar de uma coletividade no mais das vezes está relacionada ao surgimento de um fenômeno tecnológico, assim como ocorreu na 1ª Revolução Industrial e recentemente, com a exploração de energia nuclear e da internet.

A tecnologia é a solução para uma série de problemas humanos atuais, mas seu descontrole poderá ser a gênese de uma série de outros problemas, talvez mais graves do que aqueles por ela solucionados.

Nota-se que as revoluções industriais passadas tiveram saldo notoriamente positivo, mas exigiram a adoção de uma postura sistêmica firme para solucionar as questões exógenas delas decorrentes.

Ao fim deste estudo, é possível se convencer de que estamos em um verdadeiro ponto de inflexão: já começamos a sentir os impactos da mudança, mas os efeitos mais intensos ainda estão por vir. As próximas gerações terão a experiência de conviver com uma Inteligência Artificial de fato inteligente e a possibilidade de se conectar a qualquer ser humano do planeta por intermédio de uma rede digital global, que transformará a economia como a conhecemos hoje.

Toda modificação sistêmica possui seus riscos, e com a tecnologia não é diferente. O mesmo sistema de análise e programação de genoma humano que é utilizado para a cura de doenças genéticas pode ser usado para a replicação de um vírus mortal, a exemplo do ebola e da varíola. A mesma inteligência capaz de replicar sistemas de computador para automação de processos industriais pode replicar um vírus de *hack* ou de destruição de memórias. Surge, pois, o questionamento: a habilidade humana de detectar e reagir a usos destrutivos deste tipo de tecnologia avançará tão rápido e com eficácia a ponto de nos manter seguros?

Uma das contribuições deste estudo foi justamente aferir a existência e a compatibilidade das bases normativas brasileiras relacionadas à responsabilidade civil e, notadamente, se são suficientes para uma tutela justa e eficaz de danos decorrentes da relação com as tecnologias avançadas.

Como visto, as tecnologias avançadas possuem uma elevada carga de especificidade e complexidade, de modo que se faz necessário compreender o fenômeno jurídico sob algumas ópticas diferentes das atuais.

As bases legais existentes no ordenamento jurídico são em grande parte suficientes para a tutela de interesses lesados em decorrência de danos praticados por intermédio deste tipo de tecnologia, verificou-se a necessidade de uma maior compreensão do tema com apelo a uma melhor definição dos conceitos relacionados, evitando dois cenários indesejados: por um lado, em decorrência de uma falha interpretativa ou uma dificuldade de identificação do agente causador, que se crie uma excludente de responsabilidade em decorrência da autonomia ou, do mesmo modo, que sejam extrapoladas as barreiras da culpabilidade, com a responsabilização indiscriminada de todos os elementos da cadeia de produção de utilização destas máquinas.

As propostas e hipóteses que serão descritas abaixo levarão em consideração os estudos desenvolvidos até o momento, o atual estado da ciência (jurídica e tecnológica) e o teor da Resolução do Parlamento Europeu, aprovada em 2017, com recomendações à Comissão Europeia para a regulação do Direito Civil relacionado à robótica (em anexo).

A primeira hipótese para o amoldamento da legislação atual à nova era das máquinas é a criação, via legislativo ou executivo, de critérios de identificação e conceituação de sistemas de Inteligência Artificial ou dotados de autonomia. Este é o primeiro passo.

Sugere-se, seguindo os padrões internacionais, que haja, além de um conceito de Inteligência Artificial e de autômatos, uma classificação segundo seu nível de autonomia a fim de melhor identificar, na situação jurídica, os agentes que detinham controle sobre a máquina e poderiam praticar atos tendentes a minorar ou evitar o dano.

Do mesmo modo, a criação desta classificação via instrumento legislativo possibilita o avanço no desenvolvimento, pois aumenta a segurança jurídica da questão e identifica e conceitua uma hipótese de dano em que não haja nenhuma interferência humana.

Para este tipo de situação hipotética em que não seja possível, por nenhuma das bases legais elencadas em capítulo próprio acima e para garantir uma indenização mínima a vítimas de danos causados em decorrência deste tipo de aplicação, apoia-se a proposta do Parlamento Europeu para a criação de um seguro obrigatório para inteligências artificiais e autômatos com elevado nível de capacidade cognitiva ou elevado nível de autonomia.

Este seguro obrigatório, a exemplo do que já ocorre com os carros, servirá também como incentivo à utilização deste tipo de tecnologia em âmbito doméstico, pois aumentará o sentimento de segurança criado pelo sistema jurídico, que assegurará uma indenização – ainda que mínima – em caso de danos.

Este tipo de seguro obrigatório pode ser suportado pelas empresas fabricantes, empresas utilizadoras (v.g. em linhas de produção) e por utilizadores domésticos.

É necessário que se crie, em âmbito legislativo ou até mesmo executivo, por uma agência reguladora a ser constituída, um código de ética robótica para direcionar o desenvolvimento deste tipo de tecnologia, especialmente os autômatos para reparação ou aperfeiçoamento humano (transhumanismo), tal como membros mecânicos, *wearables* (tecnologias vestíveis) e sistemas de análise e programação de genoma humano.

Com relação a este tipo de tecnologia direcionada à utilização no (ou pelo) corpo humano, tendo em vista a existência de notáveis riscos à saúde do usuário, as empresas fabricantes devem ser certificadas em nível internacional ou nacional, tal como os medicamentos se submetem ao crivo da ANVISA e mais, devem custodiar seus códigos fonte, desenho industrial e demais elementos de tecnologia (como fórmula de materiais) na autoridade/agência de robótica para que, em caso de

falta de assistência ou até mesmo bancarrota da empresa, o ente estatal possa prestar assistência ao indivíduo, evitando, por exemplo, danos à sua saúde em decorrência da falta de atualização.

No mesmo caminho, os “robôs médicos”, assim definidos como os autômatos e as inteligências artificiais destinadas ao diagnóstico de doenças e realização de cirurgias (de forma autônoma ou mediante operação à distância), precisam ser regulados e supervisionados tanto pela autoridade nacional de robótica quanto pela autoridade de saúde (no caso do Brasil, a ANVISA), sem prejuízo da atuação dos conselhos de classe.

Também é necessário que se criem, em nível legislativo ou administrativo, requisitos mínimos para que um profissional da saúde possa operar um autômato ou uma AI destinada à realização de procedimentos cirúrgicos ou diagnósticos.

O controle da eventual agência de robótica deve fiscalizar a atuação de sistemas de autodiagnóstico (que já existem) em ambientes on-line ou presenciais para que haja correta orientação ao utilizador, evitando, com isso, a realização de diagnósticos frágeis, com risco à saúde coletiva.

As tecnologias direcionadas ao transporte autômato talvez sejam um dos setores cuja regulamentação é mais urgente, uma vez que se trata de sistemas já em fase avançada de testes, que já estão causando danos (vide exemplo de atropelamento acima).

Seria de grande valia a existência de um cadastramento nacional (ou internacional) de veículos autômatos, robôs e inteligências artificiais avançadas para facilitar a identificação de seus fabricantes, proprietários e até mesmo seus utilizadores.

Se bem dosada, a regulamentação traz segurança e fomenta o desenvolvimento tecnológico. De outra banda, uma regulamentação irresponsável, que não espelhe a realidade do setor ou o faça em demasia, pode frear artificialmente um dos mercados mais aquecidos da atualidade, recolocando o Brasil na posição de país subdesenvolvido.

A par da regulamentação acima proposta, notadamente para que se tenha uma definição jurídica de inteligência artificial e, ainda, uma classificação segundo seu nível de autonomia, para que se possa incluir a responsabilidade civil dos fabricantes, proprietários e utilizadores desses sistemas, na hipótese de

responsabilidade civil objetiva, nos moldes do parágrafo primeiro do artigo 927 do Código Civil.

Essa objetivação da responsabilidade deve ocorrer pois, quem toma decisão um dia erra e, sem dúvida, as máquinas, errarão algum dia e, quando esse dia chegar, o Direito deve estar preparado para tutelar os interesses do lesado pelo ato e, por outro lado responsabilizar o real causador do dano e não todos os agentes da cadeia, sob pena de desestimular-se a criação de novas tecnologias, em razão de uma super responsabilização (ou seja, responsabilizar quem não contribuiu de forma relevante para a ocorrência do dano).

Justamente por isso, o fabricante, via de regra responderá pelos danos causados por uma de suas criações. Excetuando vínculos contratuais e vínculos consumeristas, o fornecedor apenas conseguirá eximir-se da responsabilidade quando demonstrar que o objeto autômato por ele criado detém alto nível de autonomia e atuação em amplo espectro, de modo que o ato lesivo não poderia ser previsto por ele ou, ainda, foi causado por um erro (ou dolo) do agente operador/ordenador.

Importante consignar, ainda, que se houver danos à vida ou a integridade física humana, o fabricante será, via de regra responsabilizado, pois tomando por base as leis da robótica de Asimov (citadas neste trabalho), um robô nunca pode causar mal a um ser humano.

Foi possível extrair, a partir do estudo, algumas conclusões pontuais:

1. Assim como o domínio do fogo, do motor a vapor e da internet, a Inteligência Artificial, a Internet das Coisas e os autômatos possuem capacidade de revolucionar o cenário político, social e econômico global;

2. As capacidades da Inteligência Artificial ainda não são conhecidas *in totum*, mas o Direito deve ter bases normativas fortes para solucionar os problemas dela decorrentes;

3. É crucial e urgente, para a aplicação das regras existentes e das que deverão ser criadas, a definição de princípios éticos que devem guiar toda a regulamentação e sua aplicação;

4. Devem ser definidos requisitos para a caracterização de um sistema como uma Inteligência Artificial ou um autômato e uma classificação deles de acordo com seus níveis e capacidade de agir de maneira autônoma;

5. Um dos desafios mais tormentosos da era exponencial em que nos situamos será o processo de filtragem do que é verdadeiro ou falso, do que é relevante ou não e principalmente do que é confiável ou não;

6. As tecnologias relacionadas ao transhumanismo e à engenharia genética, que acabam sendo irresistíveis à experiência humana, devem ser reguladas com urgência, sob pena de, pela demora, não mais ser possível alcançá-las e os riscos ou danos às coletividades já terem se tornado irreversíveis;

7. A privacidade a que a sociedade estava acostumada, de pouco tempo para cá vem deixando de existir em decorrência da revolução digital, e o procedimento de alheação se torna cada vez mais árduo e ineficaz.

Em termos de regulação, as conclusões são:

1. A existência de normas específicas para a regulamentação da produção e utilização de tecnologia é premente;

2. A regulamentação deve ser bem dosada com vistas à valorização da livre iniciativa, da iniciativa privada e da valorização da força humana;

3. As bases normativas existentes, se bem amoldadas ao caso, são suficientes para assegurar a tutela de interesses lesados, de modo que a dificuldade se concentra na categorização e na classificação dos níveis de responsabilidade em decorrência da autonomia;

4. Uma dificuldade que ainda não está sanada pela legislação é, no que concerne à identificação do agente causador do dano, a possibilidade de não identificação de nenhum agente humano envolvido. Para este tipo de situação, bem como para a complementação de indenizações, conclui-se pela necessidade da instituição de uma modalidade de um fundo múltiplo ou de uma modalidade de seguro obrigatório;

5. A responsabilidade civil quando houver a participação de um automato, deve ser objetiva, com base na determinação do parágrafo único do artigo 927 do Código Civil, por ser considerada uma atividade de risco, segundo os estudos realizados;

6. O fabricante só se eximirá da responsabilidade quando demonstrar que não há nexo de causalidade entre sua criação e o dano, de modo que o ato foi causado em razão da má-utilização ou dolo do ordenador/utilizador.

Por fim, e não menos importante, conclui-se que o avanço da regulamentação, como dito, se responsável e bem dosado, cria um melhor cenário

para o desenvolvimento destas tecnologias e aumenta o sentimento de segurança de seus potenciais utilizadores.

De igual modo, a existência de um sistema conceitual e de uma classificação das tecnologias aumentará a segurança jurídica dos fabricantes. Reitera-se que não se pode criar, em decorrência da autonomia, uma cláusula de não indenizar ou, no outro extremo, em virtude da ausência de normas, se criar um sistema jurídico tirânico, que permita a responsabilidade irrestrita de todos os membros da cadeia de utilização sem que seja aferida a real participação de cada um deles no evento danoso.

Há uma revolução na tecnologia em curso, e é necessário que a acompanhem para evitar que as teorias catastróficas da ficção científica se consumam. Nossa geração recebe, em mãos, a maior chance de verdadeiramente mudar o mundo. Esta mudança ocorrerá. Só nos resta preparar o Direito para ela.

RFEFERÊNCIAS

ABBAGNANO, Nicola. **Dicionário de filosofia**. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

ALVIM, Agostinho. **Da inexecução das obrigações e suas consequências**. 5ª ed. São Paulo: Saraiva, 1980.

AMARAL, Ana Cláudia Corrêa Zuin Mattos do Amaral; PONA, Everton William. **Ampliando horizontes: expansão da categoria dos danos ressarcíveis como garantia da sustentabilidade jurídico-social nas relações privadas**. In: Marlene Kempfer; Rita de Cássia Resquetti Tarifa. (Org.). *Estudos em Direito Negocial e Sustentabilidade*. 1ed. Curitiba: Editora CRV, 2012, v., p. 9-42

AMARAL, Francisco. **Direito Civil: introdução**. 8. ed. rev., atual e aum. Rio de Janeiro: Renovar, 2014.

ARAKAKI, Marcelo. **Assistentes pessoais virtuais ganham o mundo corporativo**. 2019. Disponível em: <<https://cio.com.br/assistentes-pessoais-virtuais-ganham-o-mundo-corporativo/>>. Acesso em setembro de 2019.

ASIMOV, Isaac. **Eu, Robô**. São Paulo: Editora Aleph, 2014. 320 p. Tradução de Aline Storto Pereira.

ATIENZA, Manuel. **As razões do direito**. trad. Maria Cristina Guimarães Cupertino, São Paulo: Landy, 2000.

AZEVEDO, Álvaro Villaça. **Curso de direito civil, teoria geral das obrigações e responsabilidade civil**. 13 ed. São Paulo: Saraiva, 2018.

BALTER, Michael. **Clothes make the (hu)man**. NCBI Science. 2009.

BARROSO, Luís Roberto. **Curso de Direito Constitucional Contemporâneo**. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

BECK, Benjamin. **Animal tool behaviour: the use and manufacture of tools by animals**. Garland STMP Pub. 1980.

_____.; BLACK, Linda; KRIEGER, Larry S.; NAYLOR, Philip C.; SHABAKA, ahia Ibo. **World history: patterns of interaction**. Evanston, IL: McDougal Littell. 1999.
BECKERT, Sven. **Empire of cotton: a global history**. US: Vintage Books Division: Penguin Random House, 2014.

BERNERS-LEE, Tim. **Weaving the web: the original design and ultimate destiny of the world wide web**. San Francisco: Harper. 2000.

BITTAR, Carlos Alberto. **Responsabilidade Civil Teoria e Prática**. São Paulo: Saraiva, 1992.

BJORK, Gordon J. **The way it worked and why it won't: structural change and the slowdown of U.S. economic growth**. Westport, CT, London: Pareger, 1999.

BLADE RUNNER. Direção: Ridley Scott. Produção: Michael Deeley. 1982. Produtora: The Ladd Company Shaw Brothers Blade Runner Partnership. Distribuição: Warner Bros. Pictures.

BOEHM, Christopher. **Hierarchy in the forest: the Evolution of egalitarian behavior**. Cambridge: Harvard University Press, 1998.

BOJANOVA, Irena. **The digital revolution: what's on the horizon?**. IT Professional, MIT Press, 2014.

BORUCHOFF, David A. **The three greatest inventions of modern times: na idea and its public**. Entangled Knowledge: Scientific Discourses and Cultural Difference, Munster and New York: Waxmann: 2012.

BOURCHARDT, Eliezer. **Inteligência Artificial — Um pouco da história e avanços atuais**. 2017. Disponível em: <<https://medium.com/@eliezerfb/intelig%C3%A2ncia-artificial-499fc2c4aa79>>. Acesso em agosto de 2019.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado, 1988.

BRASIL. Conversão da Medida Provisória nº 869, de 2018. **Lei nº 13.853, de 08 de julho de 2019**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Lei/L13853.htm#art2>.

BRASIL. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (2018). **Lei 13.709, de 14 de agosto de 2018**. Vade Mecum, 28. ed. São Paulo: Saraiva, 2019.

BRASIL. **Decreto nº 2.681**. Brasília: Presidência da República, 1912.

BRYNJOLFSSON, Erik. **A segunda era das máquinas: trabalho, progresso e prosperidade em uma época de tecnologias brilhantes**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2015.

BUCHANAN, Robert Angus. **Encyclopaedia brittanica online**. Disponível em: <<https://www.britannica.com/technology/history-of-technology/Technology-in-the-ancient-world>>. Acesso em setembro de 2019.

CANÇADO TRINDADE, Antônio Augusto. **Tratado de Direito Internacional dos Direitos Humanos** – Volume II. Porto Alegre: Sergio Fabris Editor, 1999.

CAMARGO, Margarida Maria Lacombe de. **Hermenêutica e Argumentação**. Rio de Janeiro: Editora Renovar, 3ª tiragem, 2011.

CASE, Steve. **Terceira onda da internet: a reinvenção dos negócios na era digital**; tradução Lizandra Magon de Almeida. São Paulo. HSM, 2017.

CASELLA, Marco. **História e evolução da inteligência artificial**. São Paulo: Marco Casella Editora, 2017. 120 p. EBook Kindle.

CAVALIERI FILHO, Sergio. **Programa de Responsabilidade Civil**. 11. ed. São Paulo. Atlas, 2014.

CHAGAS, Edgar Thiago De Oliveira. **Deep Learning e suas aplicações na atualidade**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ed. 05 2019. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/administracao/deep-learning>. Acesso em outubro de 2019.

CHANDLER JR., Alfred D. **The visible hand: the management revolution in american business**. Belknap Press, Harvard University Press. 1993.

CHOI, Charles Q. **Ancient mayans likely had fountains and toilets**. 2009. Disponível em: < <https://www.livescience.com/5959-ancient-mayans-fountains-toilets.html>>. Acesso em setembro de 2019.

CLOW, Archibald; CLOW, Nan L. **Chemical Revolution – The Oxford illustrated history of prehistoric Europe**. Ayer Co. Cunliffe, Barry. Oxford: Oxford University Press, 2001.

COELHO, Fábio Ulhoa. **Curso de direito civil 2 – obrigações – responsabilidade civil**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2012.

COMPARATO, Fábio Konder. **A afirmação histórica dos direitos humanos**. São Paulo: Saraiva, 2008.

DE PLÁCIDO E SILVA. **Vocabulário jurídico**. 8. ed. Rio de Janeiro: Forense, 1984.

DIAS, José de Aguiar. **Da responsabilidade civil**. 11. ed. Rio de Janeiro: Renovar, 2006.

DINIZ, Maria Helena. **Curso de Direito Civil Brasileiro**, Vol. 7: Responsabilidade Civil. 16ª Ed. São Paulo: Saraiva, 2002.

DORICO, Eliane. **A teoria da argumentação jurídica como instrumento para a solução justa dos casos**. 2013. Disponível em < http://www.ambitojuridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=13666#_ftn21>. Acesso em julho de 2019.

DOURADO, Maria. **Sistema de reconhecimento facial ajuda policiais na Bahia**. 2019. Disponível em: <<https://olhardigital.com.br/noticia/sistema-de-reconhecimento-facial-ajuda-policiais-na-bahia/83418>>. Acesso em setembro de 2019.

FARIAS, Cristiano Chaves de. **Novo tratado de responsabilidade civil**. 4. São Paulo Saraiva 2019 1 recurso online.

FAVA, Rui. **Trabalho, educação e inteligência artificial a era do indivíduo versátil**. Porto Alegre Penso 2018 1 recurso online.

NORONHA, Fernando. **Direito das obrigações**. 2. Ed. São Paulo: Saraiva, 2007. Vol. I.

FIAS, Wim. **The importance of magnitude information in numerical processing: Evidence from the SNARC effect. Mathematical cognition**. 1996. Disponível em: "<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/135467996387552>". Acesso em agosto de 2019.

FLORENCIO, Juliana Abrusio. **Proteção de dados na cultura do algoritmo**. 2019. 320 f. Tese (Doutorado em Direito) - Programa de Estudos Pós-Graduados em Direito, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2019.

FREIRE, Isa Maria. **Acesso à informação e identidade cultural: entre o global e o local**. Ciência da informação, Brasília, v. 35, n. 2, p. 58-67, 2006.

FURIATI, Adriano de Ávila. **Responsabilidade Civil do Fornecedor de Produtos ou Serviços: direito do consumidor e a responsabilidade do fornecedor pelos riscos de desenvolvimento**. Curitiba: Juruá, 2019.

GABORA, Liane; RUSSON, Anne. **The Evolution of intelligence – The Cambridge Handbook of Intelligence**. Cambridge: Cambridge University Press. 2011.

GARTNER. **Gartner IT Glossary**. 2019. Disponível em: <https://www.gartner.com/>

GEORGE, Joseph G. **The crest of the peacock**. Princeton: Princeton University Press. 2000.

GEROGANO, George Nicholas. **Cars: early and vintage, 1886-1930**. London: Grange-Universal. 1985.

GHERSI, Carlos A. **Teoria general de la reparación**. Buenos Aires: Editorial Astrea de Alfredo y Ricardo Depalma, 1997 p.47-75.

GONÇALVES, Carlos Roberto. **Direito civil brasileiro: responsabilidade civil**. 4. ed. São Paulo: Saraiva. v. IV, p. 3. 2010.

GREEN, Peter. **Alexander to Actium: the historical Evolution of the hellenistic age**. Berkeley: University of California Press, 1990.

GUPTA, Anil. **Origin of agriculture and domestication of plants and animals linked to early holocene climate amelioration**. Current Science, 2010.

HAFNER, Katie. **Where wizards satay up late: the origins of the internet**. Simon & Schuster. 1998.

HASSAN, Ahmad; HILL, Donald Routledge. **Islamic technology: an illustrated history**. Cambridge University Press, 1986.

HAVILAND, William A. **Cultural anthropology: the human challenge**. The Thomson Corporation, 2004.

HEINZELIN, Jean de; CLARK, John D.; et al. **Environment and behavior of 2.5 million year old hominids**. Science Publications. 1999.

HENIG, Robin Marantz. **Pandora's baby: how the first test tube babies sparked the reproductive revolution**. New York: Houghton Mifflin, 2004.

HEYWANG, W.; ZAININGER, K., **Silicon: Evolution and future of a technology**. Springer Science & Business Media, 2013.

HILL, Kim; et al. **The emergence of human uniqueness: characters underlying behavioral modernity**. Evolutionary Anthropology, Science Publications, 2009.

HIRTH, Lion. **State, cartels and growth: the German chemical industry**. GRIN Publishing, 2007.

HOBSBAWN, Eric. **The age of revolution: Europe 1789-1848**. Weidenfeld & Nicolson Ltd., 1988.

HOPCROFT, John. **Introdução à teoria de autômatos, linguagens e computação**. São Paulo: Gen, 2002.

HORN, Jeff; ROSENBAND, Leonard; SMITH, Merritt. **Reconceptualizing the industrial revolution**. Cambridge MA, London: MIT Press, 2010.

HOUAISS, Antônio. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Instituto Antônio Houaiss de Lexografia e Banco de Dados da Língua Portuguesa. Rio de Janeiro, 2001.

HOUNSHELL, David. A. **From the american system to mass production, 1800-1932: The development of manufacturing technology in the United States**. Baltimore, Maryland: Johns Hopkins University Press, 1984.

HOYT, Robert. S. **Life and thought in the early middle ages**. Lund Press, Minneapolis: University of Minnesota, 1988.

HUDSON, Pat. **The industrial revolution**. London: Edward Arnold, 1992.

HULL, James. **The second industrial revolution: the history of a concept**. Issue 36, Storia Della Sociologia, 1999.

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento, **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua 2017 [online]**. Disponível em: "https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101631_informativo.pdf". Acesso em 30 de dezembro de 2018.

INIKORI, Joseph E., **Africans and the industrial revolution in England**. Cambridge University Press, 2002.
it-glossary/data-broker/i. Acesso em agosto de 2019.

JHERING, Rudolf von. **Il momento della colpa nel diritto privato romano**. trad. de F. Fusili, Napoli: Jovene, 1990.

JOHN, Richard. **Network nation: inventing american telecommunications**, Belknap Press, 2010.

JOHNSON, Steven. **Como chegamos até aqui: A história das inovações que fizeram a vida moderna possível**; tradução Claudio Carina. 1 ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2015. 248 p

JOSSERAND, Louis. **Evolução da responsabilidade civil**. Revista Forense, Rio de Janeiro:Forense, v. 86, n. 454, 1941.

KEIBEK, Sebastian A. J., 2016. **The male occupational structure of England and Wales, 1600-1850**. University of Cambridge Press, 2016.

KELLY, Kevin. Inevitável: **As 12 forças tecnológicas que mudarão o mundo**. Tradução de Cristina Yamagami. – São Paulo: HSM, 2017. 368 p.

KENNEDY, Paul. **The rise and fall of the great powers**. vol. 11. Journal of European Economic History, 1987.

KINGSTON, J. K. C. **Artificial Intelligence and legal liability**. In: BRAMER, Max (Ed.); PETRIDIS, Miltos (Ed.). Research and Development in Intelligent Systems XXXIII: incorporating applications and innovations in Intelligent Systems XXIV (Proceedings of AI-2016, The Thirty-Sixth SGA International Conference on Innovative Techniques and Applications of Artificial Intelligence). Cham (CH): Springer International Publishing AG, 2016.

KNECHT, Heidi. **Projectile technology**. New York: Plenum Press. 1997.

KNIGHT, Elliot; SMITH, Karen. **American materialism**. Department of Anthropology - The University of Alabama, 2015.

LAEBER, Márcio Rafael Silva. **Proteção de dados pessoais: o direito à autodeterminação informativa**. Revista de Direito Bancário e do Mercado de Capitais. 37. vol. Revista dos Tribunais Online: Thomson Reuters, 2007.

LEE, Jack. **Scalable continuous media streaming systems: architecture, design, analysis and implementation**. John Wiley & Sons. 2005.

LI, YANHONG, **Toward a qualitative search engine**. vol. 02. IEEE Internet Computing, 1998.

LIEBERMAN, Philip. **Uniquely human**. Cambridge: Harvard University Press, 1991.

LUCAS JR., Robert E. **Lectures on economic growth**. Cambridge: Harvard University Press, 2002.

MADDISON, Angus. **Contours of the world economy – Essays in macro economic history**. Oxford: Oxford University Press, 2007.

MAN, John. **The Gutenberg revolution: the story of a genius and na invention that changed the world**. London: Headline Review, 2002.

MARTINS-COSTA, Judith. **A boa-fé no direito privado**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1999.

MATURANA H. R. (1985) Comment by Humberto R. Maturana: **The mind is not in the head**. *Journal of Social and Biological Structures* 8(4): 308–311. Disponível em: <https://cepa.info/575>. Acesso em agosto de 2019.

MCBREARTY, Sally; BROOKS, Allison. **The revolution that wasn't: a new interpretation of the origin of modern human behaviour**. *Journal of Human Evolution*, 2000.

MCCARTHY, John; ABRAHAMS, Paul W.; EDWARDS, Daniel J.; HART, Timothy P.; LEVIN, Michael. **Lisp 1.5 Programmer's Manual**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1962.

MCCARTHY, John. **What is Artificial Intelligence?** Stanford University, Revised Nov. 2007. Disponível em: "<http://www.formal.stanford.edu/jmc/whatisai/whatisai.html>". Acesso em outubro de 2019.

MCCULLOCH, W.S. & Pitts, W. **Bulletin of Mathematical Biophysics** (1943) 5: 115. Disponível em: "<https://doi.org/10.1007/BF02478259>". Acesso em julho de 2019.

MCELHENY, Victor K., **Drawing the map of life: inside the Human Genome Project**. Basic Books, 2010.

MCNEIL, Ian. **An encyclopedia of the history of technology**. London, Routledge, 1990.

MELLARS, Paul. **Archeology and the dispersal of modern humans in Europe: deconstructing the Aurignacian**. *Evolutionary Anthropology Publications*, 2006.

METROPOLIS. Direção: Fritz Lang. Produção: Thea von Harbou. Frankfurt. Paramount Pictures. 1927.

MICHAELIS. **Moderno Dicionário da Língua Portuguesa**. Disponível em: <http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php>. Acesso em outubro de 2019.

MORAES, Maria Celina Bodin de. **Do juiz-boca-de-lei à lei segundo a boca do juiz: notas sobre a aplicação-interpretação da lei no início do século XXI**. *Revista de Direito Privado*. São Paulo: Revista dos Tribunais. 2013.

_____. **Dano moral: conceito, função, valoração**. São Paulo: Revista Forense n. 413, 2011.

MOREIRA ALVES, José Carlos. **Direito romano**. 6. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2003.

MURAWSKI, John. **Hunt for world's oldest WWW page leads to UNC chapel hill.** News & Observer. Disponível em: < <https://www.wunc.org/post/hunt-first-web-page-leads-unc-chapel-hill>>. Acesso em setembro de 2019.

NASCIMENTO JR., Cairo Lúcio; YONEYAMA, Takashi. **Inteligência artificial em controle e automação.** São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

NICHOLSON, Paul T. **Ancient egyptian materials and technology.** Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2000.

O'BRIEN, Kevin J. **Talk to Me, One Machine Said to the Other [online].** The New York Times Company, 2012. Disponível em: "<https://www.nytimes.com/2012/07/30/technology/talk-to-me-one-machine-said-to-the-other.html>". Acesso em 30 de dezembro de 2018.

OLESON, John Peter. Water-lifting. *In Handbook of ancient water technology – Technology and change in history.* 2. ed. Leiden, 2000.

PEREIRA, Caio Mário da Silva. **Responsabilidade civil.** Rio de Janeiro: GZ, 2012.

PAULA, Luana Otoni de. **Breves considerações sobre a lei geral de proteção de dados.** 2018. Disponível em: <<https://www.migalhas.com.br/dePeso/16,MI292692,71043-Breves+consideracoes+sobre+a+lei+geral+de+protecao+de+dados>>.

PINHEIRO, Patricia Peck. **Direito digital.** 5. ed. rev., atual. e ampl. de acordo com as Leis n. 12.735 e 12.737, de 2012. São Paulo: Saraiva, 2013.

POTTS, Daniel T. **A companion to the archaeology of the ancient near east.** Wiley-Blackwell, 2012.

PRESSE, France. **CES 2018: novos robôs 'emocionais' buscam ler sentimentos humanos [online].** 2018. Disponível em: "<https://g1.globo.com/economia/tecnologia/noticia/ces-2018-novos-robos-emocionais-buscam-ler-sentimentos-humanos.ghtml>". Acesso em 30 de dezembro de 2018.

RAGGET, Dave; LAM, Jenny; ALEXANDER, Ian. **HTML 3: Electronic publishing on the World Wide Web.** Harlow, England; Reading, Mass: Addison-Wesley, 1996.

REALE, Miguel. **Diretrizes gerais sobre o Projeto de Código Civil.** Estudos de filosofia e ciência do direito. São Paulo: Saraiva, 1978.

REHREN, Thilo, BELGYA, Tamás; JAMBON, Albert; et. al. **5,000 years old egyptian iron beads made from hammered meteoritic iron.** Journal of Archaeological Science, 2013.

RIBEIRO, Horácio da Cunha e Sousa. **Introdução aos sistemas especialistas.** Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora. 1987.

RICHARDSON, Will. **Blogs, wikis, podcasts, and other powerful web tools for classrooms,** Corwin Press, 2010.

RIZZARDO, Arnaldo. **Responsabilidade civil**. Rio de Janeiro: Forense, 2007.

RODOTÀ, Stefano. **A vida na sociedade de vigilância**. Rio de Janeiro: Renovar, 2006.

ROSEN, William. **The most powerful idea in the world: a story of steam, industry, and invention**. University of Chicago Press, 2012.

ROSENBLATT, Frank. **The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain**. *Psychological Review*. 1958. Disponível em: "<http://dx.doi.org/10.1037/h0042519>". Acesso em agosto de 2019.

ROSENVALD, Nelson. **As funções da responsabilidade civil: a reparação e a pena civil**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

SAMUEL, Arthur L. **Some studies in machine learning using the game of checkers. II—recent progress**. In: *Computer Games I*. Springer, New York, NY, 1988. p. 366-400. Disponível em: "https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4613-8716-9_15". Acesso em agosto de 2019.

SANSEVERINO, Paulo de Tarso Vieira. **Responsabilidade Civil no Código do Consumidor e a Defesa do Fornecedor**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

SANTOS, Alan C. **O Computador Quântico da IBM e o IBM Quantum Experience**. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 39, n. 1, 2017.

SARMENTO, Daniel. **A trajetória da dicotomia público/privado**. *Revista trimestral de direito civil RTDC*. Imprensa: Rio de Janeiro, Padma, 2005.

SCARRE, Chris. **The human past: world prehistory and the development of human societies**. 2. ed. Thames & Hudson, 2009.

SCHEFTER, James. **The race: the uncensored story of how America beat Russia to the Moon**. New York, New York: Doubleday, 1999.

SCHREIBER, Anderson. **Novos paradigmas da responsabilidade civil. Da erosão dos filtros da reparação à diluição dos danos**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

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

SELIN, Helaine. **Encyclopedia of the history of Science, technology, and medicine in non-western cultures**. Springer Science & Business Media, 2013.

SHAW, Ian; JAMESON, Robert. **A dictionary of archaeology**. Oxford: Blackwell Publishers, 2002.

SILVA, António de Moraes. **Novo Dicionário Compacto da Língua Portuguesa**. 10. ed. Belo Horizonte: Livros Horizonte, 1945.

SILVA, Mauro Costa da. **Os Primeiros Cabos Submarinos: Ciência E Tecnologia A Serviço Do Poder**. 2009. Disponível em: <<http://www.hcte.ufrj.br/downloads/sh/sh4/trabalhos/Mauro%20Costa.pdf>>. Acesso em agosto de 2019.

SILVEIRA, José Atilho da. **Inteligência Artificial : um perguntar pelo homem?**. João Pessoa. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/11842/1/Arquivototal.pdf>. Acesso em julho de 2019.

SMIL, Vaclav. **Creating the twentieth century: technical innovations of 1867-1914 and their lasting impact**. Oxford; New York: Oxford University Press, 2005.

SOARES, Iarema. **Conheça a Robô Laura, nova aliada da Santa Casa para o diagnóstico de infecções**. 2019. Disponível em: <<https://gauchazh.clicrbs.com.br/saude/noticia/2019/06/conheca-a-robo-laura-nova-aliada-da-santa-casa-para-o-diagnostico-de-infecoes-cjxf2flr801la01pkoddvml8.html>>. Acesso em setembro de 2019.

STERNBERG, Robert J., KAUFMAN, Scott Barry. **The Cambridge handbook of intelligence**. Cambridge University Press, 2011.

STOCCO, Rui. **Responsabilidade civil e sua interpretação jurisprudencial**. São Paulo: Revista dos Tribunais. 1994.

TAPSCOTT, Don. **Blockchain Revolution**. São Paulo: Senai Sp Editora, 2016.

TAYLOR, Robert W. **In Memoriam: J. C. R. Licklider** 1990. Califórnia. Disponível em: “<http://memex.org/licklider.pdf>”. Acesso em agosto de 2019.

TEMPLE, Robert; NEEDHAM, Joseph. **The genius of China: 3000 years of science, discovery and invention**. New York: Simon and Schuster, 1986.
TERESI, Dick. **Lost discoveries: the ancient roots of modern science – from the Babylonians to the Maya**. New York: Simon & Schuster, 2002.

THE IMITATION GAME. British Board of Film . 2014. Direção: Morten Tyldum
Produção: Nora Grossman, Ido Ostrowsky e Teddy Schwarzman. Distribuição: Studio Canal.

THEODORO JÚNIOR, Humberto. **Comentários ao novo código civil : Volume III, tomo II (arts. 185 a 232), Dos atos jurídicos lícitos, dos atos ilícitos, da prescrição e da decadência, da prova**. Rio de Janeiro: Forense, 2008. 708 p.

TOLEDO, Cláudia. **Teoria da Argumentação Jurídica**. Veredas do Direito, Belo Horizonte, 2018. <http://www.domhelder.edu.br/veredas_direito/pdf/4_28.pdf>. Acesso em fevereiro de 2019.

TURING. Allan. **Computing Machinery and Inteligencia**. Mind 59. Disponível em: “https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-6710-5_3”. Acesso em agosto de 2019.

UNIÃO EUROPEIA. Resolução do Parlamento Europeu, de 16 de fevereiro de 2017, com recomendações à Comissão de Direito Civil sobre Robótica (2015/2103(INL)). Publicado em 16/02/2017.

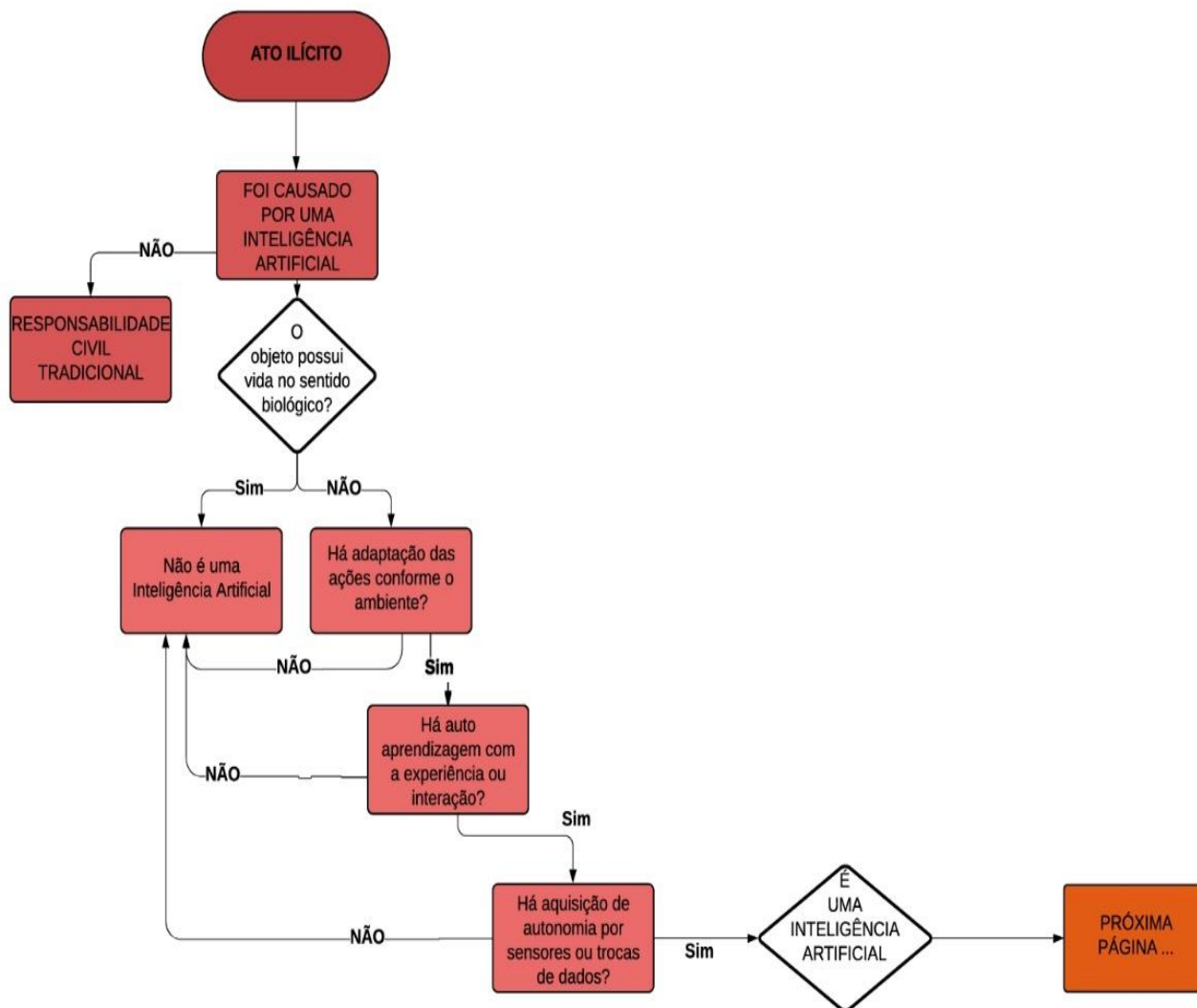
VARELA, Antunes. **Das obrigações em geral**. Almedina: Coimbra, 2014.

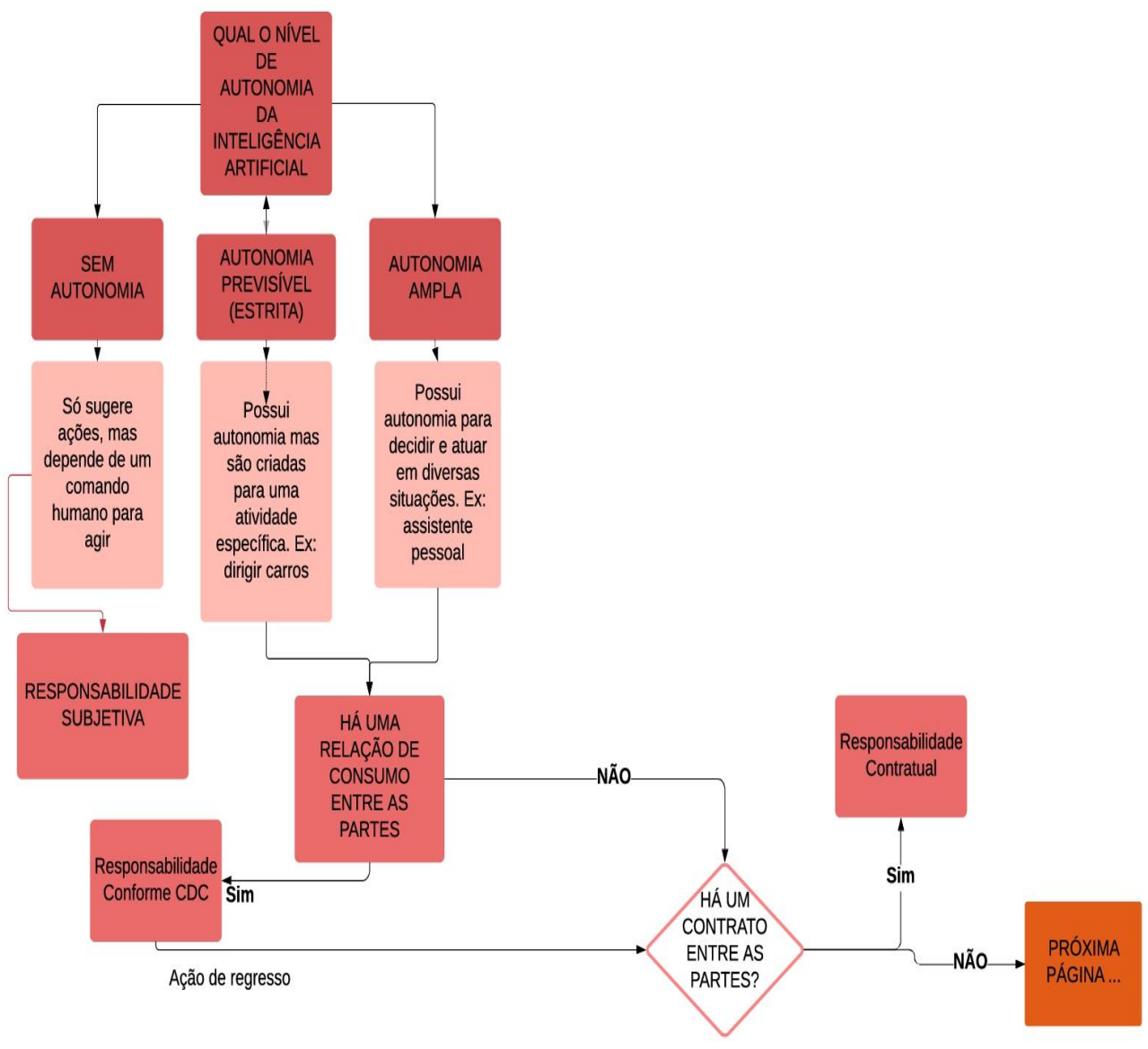
VIEIRA SOBRINHO, J. L. **Rastreador web não supervisionado para aquisição, enriquecimento e predição de dados de usuários de redes sociais por intermédio de métodos de inteligência computacional**. 2019. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e da Computação) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019.

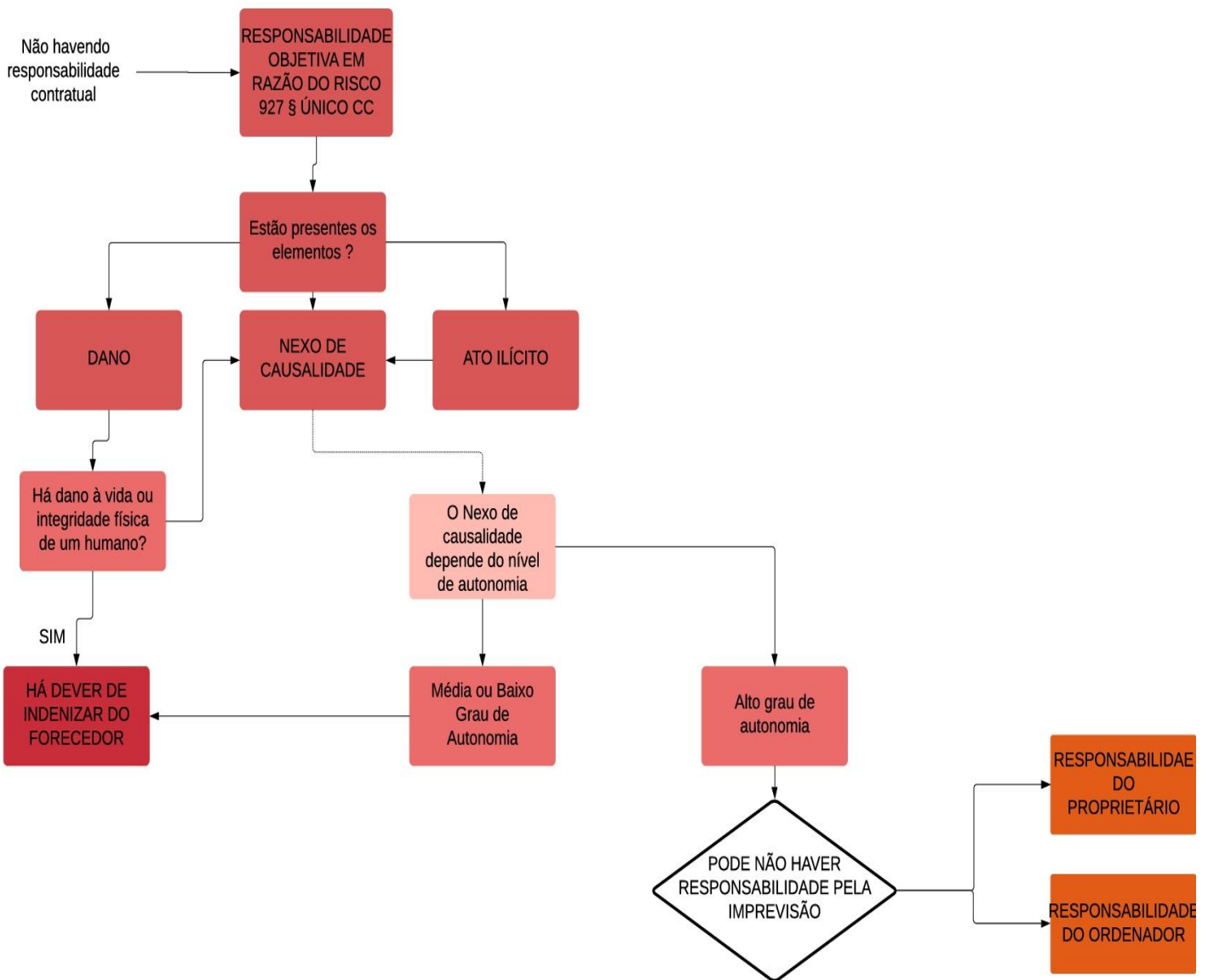
VOLPATO, Felipe. **Os 7 principais usos de chatbots nas empresas**. 2015. Disponível em: <<http://globalad.com.br/blog/os-7-principais-usos-de-chatbots-nas-empresas/>>. Acesso em setembro de 2019.

WIGELSWORTH, Jeffery R. **Science and technology in medieval european life**. Westport, CT: The Greenwood Press, 2006.

ANEXO 01 – FLUXOGRAMA DA RESPONSABILIDADE CIVIL DO FORNECEDOR







ANEXO 02 – RESOLUÇÃO DO PARLAMENTO EUROPEU SOBRE ROBÓTICA**Parlamento Europeu**

2014-2019

**TEXTOS APROVADOS****P8_TA(2017)0051****Disposições de Direito Civil sobre Robótica****Resolução do Parlamento Europeu, de 16 de fevereiro de 2017, que contém recomendações à Comissão sobre disposições de Direito Civil sobre Robótica (2015/2103(INL))***O Parlamento Europeu,*

- Tendo em conta o artigo 225.º do Tratado sobre o Funcionamento da União Europeia,
- Tendo em conta a Diretiva 85/374/CEE do Conselho⁴⁷,
- Tendo em conta o estudo intitulado «Ethical Aspects of Cyber-Physical Systems» (aspectos éticos dos sistemas ciberfísicos), levado a efeito em nome do Grupo de Avaliação das Opções Científicas e Tecnológicas (STOA) e gerido pela Unidade da Prospetiva Científica (STOA), DG EPRS,
- Tendo em conta os artigos 46.º e 52.º do seu Regimento,
- Tendo em conta o relatório da Comissão dos Assuntos Jurídicos e os pareceres da Comissão dos Transportes e do Turismo, da Comissão das Liberdades Cívicas, da Justiça e dos Assuntos Internos, da Comissão do Emprego e dos Assuntos Sociais, da Comissão do Ambiente, da Saúde Pública e da Segurança Alimentar, da Comissão da Indústria, da Investigação e da Energia e da Comissão do Mercado Interno e da Proteção dos Consumidores (A8-0005/2017),

Introdução

- A. Considerando que desde o Frankenstein de Mary Shelley ao mito clássico do Pigmaleão, passando pela história do Golem de Praga pelo robô de Karel Čapek, que cunhou o termo, as pessoas têm fantasiado acerca da possibilidade de construir máquinas inteligentes, frequentemente andróides com características humanas;
- B. Considerando que, agora que a humanidade se encontra no limiar de uma era em que robôs, «bots», andróides e outras manifestações de inteligência artificial (IA), cada vez

⁴⁷ Diretiva 85/374/CEE do Conselho, de 25 de julho de 1985, relativa à aproximação das disposições legislativas, regulamentares e administrativas dos Estados-Membros em matéria de responsabilidade decorrente dos produtos defeituosos (JO L 210 de 7.8.1985, p. 29).

mais sofisticadas, parecem estar preparados para desencadear uma nova revolução industrial, que provavelmente não deixará nenhuma camada da sociedade intacta, é extremamente importante que o legislador pondere as suas implicações e os seus efeitos a nível jurídico e ético, sem pôr entraves à inovação;

- C. Considerando que é necessário criar uma definição geralmente aceite de robô e de IA que seja flexível e não crie obstáculos à inovação;
- D. Considerando que, entre 2010 e 2014, o aumento médio nas vendas de robôs se situou em 17 % ao ano e que as vendas de 2014 registaram uma subida de 29 %, o maior aumento anual de sempre, com os fornecedores de componentes automóveis e a indústria elétrica/eletrónica a serem os principais motores do crescimento; considerando que os processos de registo de patentes em tecnologia robótica triplicaram na última década;
- E. Considerando que, nos últimos 200 anos, os níveis de emprego aumentaram de forma constante devido ao desenvolvimento tecnológico; considerando que o desenvolvimento da robótica e da IA pode ter potencial para transformar vidas e práticas de trabalho, para aumentar os níveis de eficiência, de poupanças e de segurança, e para oferecer um melhor nível de serviços; considerando que, a curto e médio prazo, a robótica e a IA prometem trazer vantagens em termos de eficiência e de poupança, não só na produção e no comércio, mas também em sectores como os transportes, os cuidados médicos, os trabalhos de salvamento, a educação e a agricultura, ao mesmo tempo que permitem evitar a exposição dos humanos a condições perigosas, como as que caracterizam as operações de limpeza de locais tóxicos poluídos;
- F. Considerando que o envelhecimento da população se deve a um aumento da esperança de vida em consequência da melhoria das condições de vida e do progresso na medicina moderna, constituindo um dos principais desafios políticos, sociais e económicos do século XXI com que as sociedades europeias se deparam; considerando que, em 2025, mais de 20 % dos europeus terão uma idade igual ou superior a 65 anos, assistindo-se a um aumento particularmente rápido do número de pessoas de 80 anos ou mais, pelo que o equilíbrio entre gerações nas nossas sociedades será fundamentalmente diferente, e que é do interesse da sociedade que os idosos gozem de boa saúde e permaneçam ativos o mais tempo possível;
- G. Considerando que, numa perspetiva de longo prazo, a tendência atual para o desenvolvimento de máquinas inteligentes e autónomas, com a capacidade de pensar e de tomar decisões de forma independente, não implica apenas vantagens económicas, mas também um conjunto de preocupações relacionadas com os efeitos diretos e indiretos para a sociedade no seu conjunto;
- H. Considerando que a aprendizagem automática oferece enormes benefícios económicos e inovadores à sociedade ao melhorar significativamente a capacidade de análise de dados, suscitando simultaneamente desafios no que respeita à garantia da não discriminação, ao processo equitativo, à transparência e à inteligibilidade dos processos decisórios;
- I. Considerando que é igualmente necessário ter em conta as avaliações sobre as mudanças económicas e o impacto para o emprego associados à robótica e à aprendizagem automática; considerando que, embora a robótica ofereça vantagens inegáveis, a sua aplicação pode implicar uma transformação do mercado de trabalho e a necessidade de refletir, conseqüentemente, sobre o futuro das políticas sociais, de ensino e de emprego;

- J. Considerando que o uso generalizado de robôs pode não conduzir automaticamente à substituição de postos de trabalho, mas que os empregos menos qualificados nos setores de mão de obra intensiva provavelmente serão mais vulneráveis à automatização; considerando que esta tendência poderia fazer regressar os processos de produção à União; considerando que a investigação demonstrou que o emprego cresce de forma significativamente mais rápida nas profissões que utilizam mais os computadores; considerando que a automatização dos postos de trabalho tem potencial para libertar as pessoas do trabalho manual monótono, permitindo-lhes uma reorientação para tarefas mais criativas e significativas; considerando que a automatização exige que os governos invistam no ensino e noutras reformas a fim de melhorar as requalificações assentes nos tipos de competências de que os trabalhadores do futuro precisarão;
- K. Considerando que, face às crescentes divisões na sociedade e à redução da classe média, é necessário ter em conta o facto de que o aumento da importância da robótica pode dar origem a uma concentração considerável da riqueza e da influência nas mãos de uma minoria;
- L. Considerando que o desenvolvimento da robótica e da IA vai decididamente influenciar a configuração dos locais de trabalho, o que pode criar novas preocupações em matéria de responsabilidade e eliminar outras; considerando que a responsabilidade jurídica deve ser esclarecida no que se refere ao modelo empresarial e ao padrão de trabalho dos trabalhadores, em casos de emergência ou de problemas;
- M. Considerando que a tendência para a automatização exige que todos os envolvidos no desenvolvimento e na comercialização de aplicações de IA integrem a segurança e a ética desde o início do processo, reconhecendo assim que têm de estar preparados para assumir a responsabilidade jurídica pela qualidade da tecnologia que produzem;
- N. Considerando que o Regulamento (UE) 2016/679 do Parlamento Europeu e do Conselho⁴⁸ (Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados) estabelece um quadro jurídico para a proteção dos dados pessoais; considerando que outros aspetos associados ao acesso a dados e à proteção de dados pessoais e da privacidade podem ainda ter de ser resolvidos, uma vez que ainda podem surgir preocupações relativas à privacidade das aplicações e dos dispositivos que comunicam entre si e com bases de dados sem a intervenção dos humanos;
- O. Considerando que os desenvolvimentos na robótica e IA podem e devem ser concebidos de tal forma que preservem a dignidade, a autonomia e a autodeterminação do indivíduo, especialmente nos domínios dos cuidados e da companhia dos humanos, e no contexto dos dispositivos médicos, da «reparação» ou melhoria dos seres humanos;
- P. Considerando que, em última instância, existe uma possibilidade de que, numa perspetiva alongo prazo, a IA possa ultrapassar a capacidade intelectual humana;
- Q. Considerando que o desenvolvimento e uma maior utilização de processos decisórios automatizados e algorítmicos têm um impacto inegável nas escolhas que os privados

⁴⁸ Regulamento (UE) 2016/679 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de abril de 2016, relativo à proteção das pessoas singulares no que diz respeito ao tratamento de dados pessoais e à livre circulação desses dados e que revoga a Diretiva 95/46/CE (Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados) (JO L 119 de 4.5.2016, p. 1).

(como, por exemplo, uma empresa ou um utilizador da Internet) e as autoridades administrativas, judiciárias ou outras autoridades públicas fazem ao tomarem uma decisão final enquanto consumidores, empresas ou autoridades; considerando que as garantias e a possibilidade de controlo e verificação humanos devem ser integradas nos processos decisórios automatizados e algorítmicos;

- R. Considerando que diversas jurisdições estrangeiras, tais como os EUA, o Japão, a China e a Coreia do Sul, estão a ponderar tomar medidas regulamentares, e que em certa medida já o fizeram, em matéria de robótica e de IA, e que alguns Estados-Membros já começaram também a refletir sobre a possibilidade de elaborar normas jurídicas ou de fazer alterações legislativas para ter em conta as aplicações emergentes dessas tecnologias;
- S. Considerando que a indústria europeia poderia beneficiar de uma abordagem eficaz, coerente e transparente em matéria de regulamentação ao nível da União, providenciando condições previsíveis e suficientemente claras, em que as empresas podem desenvolver aplicações e planear os respetivos modelos empresariais a uma escala europeia, garantindo, ao mesmo tempo, que a União e os seus Estados-Membros mantenham o controlo das normas de regulamentação a definir, de modo a que não sejam forçados a aprovar e a viver mediante padrões definidos por outros, ou seja, por países terceiros que se encontram igualmente na vanguarda do desenvolvimento da robótica e da IA;

Princípios gerais

- T. Considerando que as Leis de Asimov⁴⁹ têm de ser encaradas como dirigindo-se aos criadores, aos produtores e aos operadores de robôs, incluindo robôs com autonomia integrada e autoaprendizagem, uma vez que não podem ser convertidas em código de máquina;
- U. Considerando que é necessário um conjunto de normas que rejam, em especial, a responsabilidade, a transparência e a prestação de contas e que traduzam os valores universais intrinsecamente europeus e humanísticos que caracterizam o contributo da Europa para a sociedade; considerando que essas normas não devem afetar o processo de investigação, de inovação e de desenvolvimento da robótica;
- V. Considerando que a União pode desempenhar um papel essencial no estabelecimento de princípios éticos básicos a respeitar na conceção, na programação e na utilização de robôs e de IA, bem como na integração desses princípios nos regulamentos e nos códigos de conduta da União, a fim de moldar a revolução tecnológica de modo que esta sirva a humanidade e que as vantagens da robótica avançada e da IA sejam amplamente partilhadas, evitando tanto quanto possível os perigos potenciais;
- W. Considerando que, no anexo da presente resolução figura uma Carta da Robótica elaborada com a assistência da Unidade da Prospetiva Científica (STOA), DG EPRS, que

⁴⁹ (1) Um robô não pode magoar um ser humano ou, por inação, permitir que tal aconteça. (2) Um robô tem de obedecer às ordens dos seres humanos, exceto se essas ordens entrarem em conflito com a primeira lei. (3) Um robô tem de proteger a sua própria existência desde que essa proteção não entre em conflito com a primeira ou com a segunda lei (Ver: I. Asimov, *Runaround*, 1943); e (0) Um robô não pode magoar a humanidade ou, por inação, permitir que a humanidade se magoe.

propõe um código de conduta para engenheiros em robótica, um código para as Comissões de Ética em Robótica e licenças para criadores e utilizadores;

- X. Considerando que a União deverá adotar uma abordagem gradual, pragmática e cautelosa, como a defendida por Jean Monnet⁵⁰, no que diz respeito às iniciativas futuras em matéria de robótica e IA, de modo a assegurar que não asfixiemos a inovação;
- Y. Considerando que, tendo em conta a fase alcançada no desenvolvimento da robótica e da IA, é apropriado começar por problemas de responsabilidade civil;

Responsabilidade

- Z. Considerando que, graças aos impressionantes avanços tecnológicos da última década, não só os robôs de hoje conseguem efetuar atividades que, regra geral, costumavam ser exclusivamente realizadas por humanos, como também o desenvolvimento de certas características autónomas e cognitivas – por exemplo, a capacidade de aprender com a experiência e de tomar decisões quase independentes – os tornaram cada vez mais similares a agentes que interagem com o seu ambiente e conseguem alterá-lo de forma significativa; considerando que, nesse contexto, a responsabilidade jurídica decorrente de uma ação lesiva de um robô constitui uma questão crucial;
- AA. Considerando que a autonomia de um robô pode ser definida como a capacidade de tomar decisões e de as aplicar no mundo exterior, independentemente do controlo ou da influência externa; considerando que esta autonomia é de natureza puramente tecnológica e que o seu grau depende do modo como o nível de sofisticação da interação do robô com o seu ambiente foi concebido;
- AB. Considerando que, quanto mais autónomos forem os robôs, menos poderão ser encarados como simples instrumentos nas mãos de outros intervenientes (como o fabricante, o operador, o proprietário, o utilizador, etc.); considerando que, por sua vez, isto coloca a questão de saber se as normas ordinárias em matéria de responsabilidade são suficientes ou se serão necessários novos princípios e normas para clarificar a responsabilidade jurídica de vários intervenientes no que respeita à responsabilidade por atos e omissões dos robôs, quando a causa não puder ser atribuída a um interveniente humano específico e os atos ou as omissões dos robôs que causaram os danos pudessem ter sido evitados;
- AC. Considerando que, em última instância, a autonomia dos robôs suscita a questão da sua natureza à luz das categorias jurídicas existentes, ou se deve ser criada uma nova categoria, com características e implicações próprias;
- AD. Considerando que, ao abrigo do atual quadro jurídico, os robôs não podem ser responsabilizados por si só pelas ações ou omissões que causam danos a terceiros; considerando que as normas existentes em matéria de responsabilidade abrangem casos em que a causa subjacente à ação ou à omissão do robô pode ser atribuída a um agente humano específico, tal como o fabricante, o operador, o proprietário ou o utilizador, e em que o agente podia ter previsto e evitado o comportamento lesivo do robô; considerando que, além disso, os fabricantes, os operadores, os proprietários ou os utilizadores poderiam ser considerados estritamente responsáveis pelas ações ou omissões de um

⁵⁰ Ver Declaração Schuman (1950): «A Europa não se fará de uma só vez, nem de acordo com um plano único. Far-se-á através de realizações concretas que criarão, antes de mais, uma solidariedade de facto.»

robô;

- AE. Considerando que, nos termos do atual quadro jurídico, a responsabilidade pelo produto – segundo a qual o fabricante de um produto é responsável por uma anomalia – e as normas que regem a responsabilidade por ações prejudiciais – segundo as quais o utilizador de um produto é responsável por um comportamento que provoque prejuízos – são aplicáveis aos danos causados pelos robôs ou pela IA;
- AF. Considerando que, perante o cenário em que um robô pode tomar decisões autónomas, as normas tradicionais não serão suficientes para suscitar problemas de responsabilidade jurídica pelos danos causados por um robô, uma vez que não seria possível identificar a parte responsável para prestar a indemnização e para lhe exigir que reparasse os danos causados;
- AG. Considerando que as insuficiências do atual quadro jurídico são evidentes também no domínio da responsabilidade contratual, na medida em que as máquinas concebidas para escolher as suas contrapartes, para negociar as condições contratuais, para celebrar contratos e para decidir se e como os aplicam, invalidam a aplicação das normas tradicionais; considerando que isto sublinha a necessidade de novas normas, eficientes e mais atualizadas, que correspondam ao desenvolvimento tecnológico e às inovações recém-surgidas e utilizadas no mercado;
- AH. Considerando que, no que respeita à responsabilidade extracontratual, a Diretiva 85/374/CEE apenas pode abranger os danos provocados por defeitos de fabrico de um robô, e sob reserva de a pessoa lesada poder comprovar os danos efetivos, o defeito do produto e a relação de causalidade entre o dano e o defeito, pelo que o quadro de responsabilidade objetiva ou de responsabilidade sem culpa pode não ser suficiente;
- AI. Considerando que, não obstante o âmbito de aplicação da Diretiva 85/374/CEE, o atual quadro jurídico não seria suficiente para abranger os danos provocados pela nova geração de robôs, na medida em que os robôs podem ser dotados de capacidades adaptativas e de aprendizagem que integram um certo grau de imprevisibilidade no seu comportamento, uma vez que aprendem de forma autónoma com a sua experiência própria variável e interagem com o seu ambiente de um modo único e imprevisível;

Princípios gerais relativos ao desenvolvimento da robótica e da inteligência artificial para utilização civil

1. Insta a Comissão a propor definições comuns à escala da União de sistemas ciberfísicos, de sistemas autónomos, de robôs autónomos inteligentes e das suas subcategorias, tendo em consideração as seguintes características de um robô inteligente:
 - aquisição de autonomia através de sensores e/ou da troca de dados com o seu ambiente (interconetividade) e da troca e análise desses dados;
 - autoaprendizagem com a experiência e com a interação (critério opcional);
 - um suporte físico mínimo;
 - adaptação do seu comportamento e das suas ações ao ambiente;
 - inexistência de vida no sentido biológico do termo;

2. Considera que deveria ser introduzido um sistema abrangente de registo de robôs avançados no mercado interno da União, sempre que tal seja pertinente e necessário para certas categorias específicas de robôs, e insta a Comissão a definir critérios para a classificação dos robôs que deveriam ser registados; neste contexto, insta a Comissão a ponderar se seria desejável que o sistema de registo e o registo fossem geridos por uma Agência da UE para a Robótica e a Inteligência Artificial;
3. Salaria que o desenvolvimento das tecnologias da robótica deve ser orientado para complementar as capacidades humanas, e não para as substituir; considera fundamental garantir que, no desenvolvimento da robótica e da inteligência artificial, os humanos tenham sempre o controlo sobre as máquinas inteligentes; considera que deve ser prestada particular atenção ao possível desenvolvimento de uma ligação emocional entre os seres humanos e os robôs, especialmente em grupos vulneráveis (crianças, idosos e pessoas com deficiência), e sublinha as questões suscitadas pelo grave impacto físico ou emocional que essa ligação emocional pode ter nos seres humanos;
4. Salaria que uma abordagem a nível da UE pode facilitar o desenvolvimento ao evitar a fragmentação do mercado interno e, ao mesmo tempo, sublinha a importância do princípio do reconhecimento mútuo na utilização transfronteiriça de robôs e de sistemas robóticos; recorda que os ensaios, a certificação e a autorização de introdução no mercado só deverão ser exigidos num único Estado-Membro; salienta que esta abordagem deve ser acompanhada de uma supervisão eficaz do mercado;
5. Sublinha a importância de medidas de apoio às pequenas e médias empresas e às empresas em fase de arranque na área da robótica que criem novos segmentos de mercado neste setor ou que utilizem a robótica nas suas atividades;

Investigação e inovação

6. Sublinha que muitas aplicações de robótica se encontram ainda em fase experimental; saúda o facto de cada vez mais projetos de investigação estarem a ser financiados pelos Estados-Membros e pela União; considera essencial que a União, em conjunto com os Estados-Membros e através de financiamento público, se mantenha na liderança da investigação em matéria de robótica e inteligência artificial; insta a Comissão e os Estados-Membros a reforçarem os instrumentos financeiros em projetos de investigação no domínio da robótica e das TIC, incluindo parcerias público-privadas, e a aplicarem nas suas políticas de investigação os princípios de ciência aberta e inovação ética responsável; salienta que é necessário consagrar recursos suficientes à procura de soluções para os problemas sociais, éticos, jurídicos e económicos suscitados pelo desenvolvimento tecnológico e pelas suas aplicações;
7. Insta a Comissão e os Estados-Membros a promoverem programas de investigação, a incentivarem a investigação sobre os possíveis riscos e oportunidades a longo prazo das tecnologias no domínio da robótica e da IA e a promoverem um diálogo público estruturado sobre as implicações do desenvolvimento dessas tecnologias o mais rapidamente possível; insta a Comissão a aumentar o seu apoio, na revisão intercalar do quadro financeiro plurianual, ao programa SPARC financiado pelo Horizonte 2020; insta a Comissão e os Estados-Membros a conjugarem os seus esforços a fim de acompanhar atentamente e de garantir uma transição sem problemas para estas tecnologias, desde a investigação à comercialização e à utilização no mercado, após a realização das avaliações adequadas em matéria de segurança, em conformidade com o princípio da precaução;

8. Salaria que a inovação nos domínios da robótica e da IA e a integração das tecnologias da robótica e da IA na economia e na sociedade requerem uma infraestrutura digital que proporcione uma conectividade generalizada; solicita à Comissão que crie um quadro que satisfaça os requisitos de conectividade necessários para o futuro digital da União e que garanta que o acesso às redes de banda larga e à 5G respeite plenamente o princípio da neutralidade da rede;
9. Acredita firmemente que a interoperabilidade entre os sistemas, os dispositivos e os serviços de computação em nuvem, baseada nos princípios da segurança e da privacidade desde a concepção, é um fator indispensável para os fluxos de dados em tempo real que permitem uma maior flexibilidade e autonomia dos robôs e da IA; solicita à Comissão que promova um ambiente aberto, nomeadamente normas abertas e modelos de licenciamento inovadores, plataformas abertas, garantindo ao mesmo tempo a transparência, para evitar o bloqueio dos sistemas exclusivos que limitam a interoperabilidade;

Princípios éticos

10. Observa que o reforço potencial de poderes através da utilização da robótica contrasta com um conjunto de tensões ou riscos e deve ser avaliado seriamente do ponto de vista da segurança, da saúde e da proteção humanas; da liberdade, da privacidade, da integridade e da dignidade; da autodeterminação e da não discriminação, e da proteção dos dados pessoais;
11. Considera que o quadro jurídico em vigor da União deve ser atualizado e complementado, se for caso disso, através de princípios éticos que se coadunem com a complexidade da robótica e com as suas inúmeras implicações sociais, médicas e bioéticas; considera que um quadro ético orientador, claro, rigoroso e eficiente para a criação, a concepção, a produção, a utilização e a modificação de robôs é necessário para complementar as recomendações jurídicas do relatório e o acervo nacional e da União existente; propõe, em anexo à resolução, um quadro sob a forma de carta consistente num código de conduta para os engenheiros de robótica, num código para os comités de ética da investigação quando analisam protocolos de robótica e de licenças de modelos para criadores e utilizadores;
12. Realça o princípio da transparência, nomeadamente o facto de que deve ser sempre possível fundamentar qualquer decisão tomada com recurso a inteligência artificial que possa ter um impacto substancial sobre a vida de uma ou mais pessoas; considera que deve ser sempre possível reduzir a computação realizada por sistemas de IA a uma forma compreensível para os seres humanos; considera que os robôs avançados deveriam ser dotados de uma «caixa negra» com dados sobre todas as operações realizadas pela máquina, incluindo os passos da lógica que conduziu à formulação das suas decisões;
13. Destaca que o quadro ético orientador deve basear-se nos princípios de beneficência, não-maleficência, autonomia e justiça, nos princípios e valores consagrados no artigo 2.º do Tratado da União Europeia e na Carta dos Direitos Fundamentais, tais como a dignidade do ser humano, a igualdade, a justiça e a equidade, a não discriminação, o consentimento esclarecido, o respeito pela vida privada e familiar e a proteção de dados, bem como em outros princípios e valores subjacentes do direito da União, como a não estigmatização, a transparência, a autonomia, a responsabilidade individual e a responsabilidade social, e em códigos e práticas éticas existentes;

14. Considera que deve ser dada particular atenção aos robôs que constituem uma ameaça importante à privacidade devido ao seu posicionamento em espaços tradicionalmente protegidos e íntimos e à sua capacidade de extrair informações relativas a dados pessoais sensíveis e de os transmitir;

Uma Agência Europeia

15. Considera que é necessário reforçar a cooperação entre os Estados-Membros e a Comissão a fim de garantir a aplicação de regras transnacionais coerentes na União, que incentivem a cooperação entre as indústrias europeias e que possibilitem a implantação, em toda a União, de robôs consentâneos com os níveis de proteção e de segurança exigidos, e com os princípios éticos consagrados no direito da União;
16. Solicita à Comissão que pondere a criação de uma Agência Europeia da Robótica e da Inteligência Artificial a fim de prestar o aconselhamento técnico, ético e regulamentar especializado necessário para apoiar os esforços dos intervenientes públicos relevantes, tanto a nível da União como a nível nacional, para dar uma resposta tempestiva, ética e fundada às novas oportunidades e aos novos desafios, principalmente de natureza transfronteiriça, derivados da evolução tecnológica na robótica, como acontece no setor dos transportes;
17. Considera que o potencial e os problemas decorrentes da utilização da robótica e o atual investimento na dinâmica justificam que a Agência Europeia seja dotada do orçamento adequado e conte no seu pessoal com reguladores e especialistas técnicos e éticos externos para o controlo transetorial e multidisciplinar das aplicações baseadas na robótica, a identificação de padrões de melhores práticas e, se for caso disso, a recomendação de medidas de regulação, a definição de novos princípios e a resolução de potenciais questões de proteção ao consumidor e de problemas sistemáticos; solicita à Comissão (e à Agência Europeia, caso esta seja criada) que apresente um relatório anual ao Parlamento Europeu sobre a evolução mais recente no domínio da robótica e sobre as medidas que consideradas necessárias;

Direitos de propriedade intelectual e circulação de dados

18. Observa que não existem disposições legais especificamente aplicáveis à robótica, mas que os regimes e as doutrinas jurídicas existentes podem ser rapidamente aplicados à robótica, embora alguns aspetos pareçam requerer uma ponderação específica; insta a Comissão a apoiar uma abordagem horizontal e neutra do ponto de vista tecnológico da propriedade intelectual aplicável aos diversos setores onde a robótica poderá ser aplicada;
19. Insta a Comissão e os Estados-Membros a assegurarem que as disposições de direito civil sobre robótica estejam em consonância com o Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados e em conformidade com os princípios da necessidade e da proporcionalidade; insta a Comissão e os Estados-Membros a terem em conta a rápida evolução tecnológica no domínio da robótica, incluindo o desenvolvimento de sistemas ciberfísicos, e a assegurarem que o direito da União não fique atrás da curva de desenvolvimento e de implantação das tecnologias;
20. Salienta que o direito ao respeito pela vida privada e à proteção dos dados pessoais – consagrados nos artigos 7.º e 8.º da Carta e no artigo 16.º do Tratado sobre o Funcionamento da União Europeia (TFUE) – se aplicam a todas as áreas da robótica e que o quadro jurídico da União em matéria de proteção de dados deve ser plenamente

respeitado; solicita, a este respeito, a clarificação, no contexto do quadro de aplicação do RGPD, das normas e dos critérios relativos à utilização de câmaras e de sensores em robôs; insta a Comissão a garantir o respeito dos princípios da proteção dos dados, tais como os princípios da privacidade desde a conceção e por defeito, os princípios da minimização dos dados e da limitação da finalidade, bem como dos mecanismos de controlo da transparência para os titulares de dados e de soluções adequadas conformes com o direito da União em matéria de proteção de dados, e ainda a promoção e a integração de recomendações e normas adequadas nas políticas da União;

21. Salienta que a livre circulação dos dados é fundamental para a economia digital e o desenvolvimento no domínio da robótica e da IA; salienta que um elevado nível de segurança dos sistemas de robótica – incluindo os sistemas de dados internos e a circulação dos dados – é essencial para a utilização adequada de robôs e da IA; salienta que tem de ser assegurada a proteção das redes de robôs e inteligência artificial interligados, a fim de evitar potenciais violações da segurança; salienta que é fundamental um elevado nível de segurança e de proteção de dados pessoais, prestando a devida atenção à privacidade na comunicação entre as pessoas, os robôs e a IA; salienta que os criadores do setor da robótica e da IA têm a responsabilidade de desenvolver produtos seguros e adequados à sua finalidade; insta a Comissão e os Estados-Membros a apoiarem e incentivarem o desenvolvimento da tecnologia necessária, incluindo a segurança desde a fase de conceção;

Normalização, segurança e proteção

22. Salienta que a questão da definição de normas e a concessão de interoperabilidade são fundamentais para o futuro da concorrência no domínio da IA e das tecnologias robóticas; insta a Comissão a continuar a trabalhar na harmonização internacional de normas técnicas, em especial em colaboração com as organizações europeias de normalização e com a Organização Internacional de Normalização, a fim de promover a inovação, de evitar a fragmentação do mercado interno e de garantir um elevado nível de segurança dos produtos e de proteção dos consumidores incluindo, sempre que necessário, normas mínimas de segurança no ambiente de trabalho; destaca a importância da engenharia inversa lícita e de normas abertas, a fim de maximizar o valor da inovação e de assegurar que os robôs possam comunicar entre si; saúda, a este respeito, a criação de comités técnicos especiais, como o ISO/TC 299 Robotics, dedicados exclusivamente à criação de normas de robótica;
23. Realça que o teste de robôs em cenários da vida real é essencial para identificar e avaliar os riscos que podem implicar, bem como o respetivo desenvolvimento tecnológico para lá de uma fase de laboratório puramente experimental; sublinha, a este respeito, que o teste de robôs em cenários da vida real, em especial em cidades e em estradas, põe uma série de questões, incluindo obstáculos que desaceleram a evolução dessas fases de testes, e exige uma estratégia e um mecanismo de supervisão eficazes; insta a Comissão a elaborar critérios uniformes em todos os Estados-Membros, que estes deverão utilizar para identificar os domínios em que as experiências com robôs são permitidas, em conformidade com o princípio da precaução;

Meios de transporte autónomos

a) Veículos autónomos

24. Salienta que os transportes autónomos cobrem todos os sistemas telepilotos,

automatizados, conetados e autónomos de transporte rodoviário, ferroviário, marítimo, fluvial e aéreo, incluindo veículos automóveis, comboios, embarcações, aeronaves, aeronaves não tripuladas e todas as formas futuras de evolução e inovação neste setor;

25. Considera que o setor automóvel se encontra em carência urgente de normas eficazes a nível da União e a nível mundial para garantir o desenvolvimento transfronteiriço de veículos automatizados e autónomos, de modo a explorar na plenitude o seu potencial económico e beneficiar dos efeitos positivos de tendências tecnológicas; salienta que as abordagens regulamentares fragmentadas impediriam a aplicação de sistemas de transporte autónomos e poriam em perigo a competitividade europeia;
 26. Chama a atenção para o facto de o tempo de reação do condutor ter uma importância fundamental em caso de ativação imprevista da autopilotagem do veículo e exorta, por conseguinte, as partes interessadas a estabelecerem valores realistas para a determinação das questões de segurança e responsabilidade;
 27. Considera que a transição para veículos autónomos terá impacto nos seguintes aspetos: responsabilidade civil (imputabilidade e seguros), segurança rodoviária, todos os temas ligados ao ambiente (por exemplo, eficiência energética, utilização de tecnologias e fontes de energias renováveis), questões relacionadas com a informação (acesso aos dados, proteção dos dados e da privacidade e partilha dos dados), questões relacionadas com as infraestruturas de TIC (por exemplo, a densidade elevada de comunicações eficientes e fiáveis) e com o emprego (por exemplo, a criação e a perda de postos de trabalho, a formação dos condutores de veículos pesados de mercadorias com vista à utilização de veículos automatizados); salienta que serão necessários investimentos substanciais nas infraestruturas rodoviárias, energéticas e das TIC; insta a Comissão a ter em consideração os aspetos acima referidos nos seus trabalhos sobre veículos autónomos;
 28. Salienta a importância decisiva de os programas europeus de navegação por satélite Galileo e EGNOS disponibilizarem informações de posicionamento e cronometria fiáveis e precisas para a implantação de veículos autónomos e exorta, neste contexto, à ultimateação e ao lançamento dos satélites necessários para completar o sistema de posicionamento europeu Galileo;
 29. Chama a atenção para o elevado valor acrescentado que os veículos autónomos representam para as pessoas com mobilidade reduzida, ao permitir que participem melhor no transporte rodoviário individual e, dessa forma, facilitar a sua vida quotidiana;
- b) Drones (RPAS)*
30. Reconhece os avanços positivos nas tecnologias relativas aos drones, nomeadamente no domínio das operações de busca e salvamento; salienta a importância de um quadro da União para os drones, a fim de defender a segurança, a proteção e a privacidade dos cidadãos da União, e insta a Comissão a acompanhar as recomendações da resolução do Parlamento, de 29 de outubro de 2015, sobre a utilização segura de sistemas de aeronaves telepiloadas (RPAS), vulgarmente conhecidos como veículos aéreos não tripulados (UAV), no campo da aviação civil⁵¹; exorta a Comissão a disponibilizar avaliações sobre as questões de segurança relacionadas com a utilização generalizada de veículos aéreos não tripulados; insta a Comissão a estudar a necessidade de introduzir um sistema de rastreabilidade e identificação destinado aos RPAS que permita determinar a posição da

⁵¹ Textos Aprovados, P8_TA(2015)0390.

aeronave em tempo real durante a sua utilização; recorda que a homogeneidade e a segurança das aeronaves não tripuladas devem ser asseguradas através das medidas previstas no Regulamento (CE) n.º 216/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho⁵²;

Robôs de assistência

31. Sublinha que a investigação e o desenvolvimento dos robôs destinados à prestação de cuidados a idosos se tornou mais comum e barato, levando ao fabrico de produtos com maior funcionalidade e a uma mais ampla aceitação dos consumidores; constata a existência de uma vasta gama de aplicações destas tecnologias nos domínios da prevenção, da assistência, da supervisão, do estímulo e do acompanhamento dos idosos e das pessoas com deficiência, bem como das pessoas que sofrem de demência, de perda de memória ou de distúrbios cognitivos;
32. Destaca que o contacto humano é um dos aspetos fundamentais do cuidado humano; considera que substituir o fator humano por robôs pode desumanizar as práticas de assistência mas, por outro lado, reconhece que os robôs poderiam realizar tarefas automatizadas de prestação de cuidados e assim facilitar o trabalho dos assistentes, aumentando consideravelmente os cuidados de saúde prestados por humanos e tornando o processo de reabilitação mais focalizado, permitindo ao pessoal médico e aos prestadores de cuidados dedicar mais tempo ao diagnóstico e à procura de melhores opções de tratamento; salienta que embora a robótica tenha potencial para aumentar a mobilidade e a integração das pessoas com deficiência e dos idosos, as pessoas que prestam cuidados de saúde continuarão a ser necessárias e a constituir uma importante fonte de interação social que não é totalmente substituível;

Robôs médicos

33. Sublinha a importância da educação, da formação e da preparação adequadas para profissionais da saúde, como médicos e prestadores de cuidados, a fim de assegurar o mais elevado nível possível de competência profissional, bem como salvaguardar e proteger a saúde dos doentes; realça a necessidade de definir os requisitos profissionais mínimos que um cirurgião tem de cumprir para poder operar e recorrer a robôs cirúrgicos; considera que é essencial respeitar o princípio da autonomia supervisionada dos robôs, segundo o qual caberá sempre a um cirurgião humano estabelecer o plano inicial de tratamento e tomar a decisão final relativa à sua execução; destaca a relevância especial da formação para os utilizadores para se familiarizarem com os requisitos técnicos neste âmbito; chama a atenção para a tendência crescente no sentido de um autodiagnóstico recorrendo a robôs móveis e, por conseguinte, alerta para a necessidade de os médicos receberem formação para fazerem face a casos de autodiagnóstico; considera que a utilização de uma tal tecnologia não deve afetar nem prejudicar a relação entre um médico e o paciente, devendo, pelo contrário, assistir os médicos na realização do diagnóstico e/ou tratamento dos doentes, a fim de reduzir o risco de erros humanos e de aumentar a qualidade e a esperança de vida;
34. Considera que os robôs médicos continuam a abrir caminho na execução de cirurgias de

⁵² Regulamento (CE) n.º 216/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de fevereiro de 2008, relativo a regras comuns no domínio da aviação civil e que cria a Agência Europeia para a Segurança da Aviação, e que revoga a Diretiva 91/670/CEE do Conselho, o Regulamento (CE) n.º 1592/2002 e a Diretiva 2004/36/CE (JO L 79 de 19.3.2008, p. 1).

alta precisão e de procedimentos repetitivos e têm potencial para melhorar os resultados da reabilitação e prestar apoio logístico altamente eficaz nos hospitais; observa que os robôs médicos têm igualmente potencial para reduzir os custos relacionados com os cuidados de saúde, permitindo que os profissionais centrem a sua atenção na prevenção e não no tratamento e disponibilizando mais recursos orçamentais para uma melhor adaptação à diversidade das necessidades dos doentes, para a formação contínua dos profissionais de saúde e para a investigação;

35. Insta a Comissão a assegurar, antes da data de entrada em vigor do Regulamento (UE) 2017/745, que os procedimentos relativos aos ensaios de novos dispositivos robóticos no domínio médico sejam seguros, especialmente quando se trata de dispositivos para implantação no corpo humano;

Reparação e aperfeiçoamento humano

36. Dá conta dos enormes progressos e do potencial da robótica no domínio da reparação e da compensação de órgãos debilitados e de funções humanas, mas também das questões complexas colocadas em especial pelas possibilidades de aperfeiçoamento humano, dado que os robôs médicos e, em particular, os sistemas ciberfísicos podem alterar os nossos conceitos sobre um corpo humano saudável, uma vez que podem ser usados diretamente no corpo humano ou implantados no mesmo; sublinha a importância da criação urgente de comissões de ética de robôs em hospitais e em outras instituições de cuidados de saúde dotadas de pessoal competente e incumbidas de analisar e prestar assistência na resolução de problemas éticos complicados e pouco habituais que envolvam questões que afetam o cuidado e o tratamento de doentes; insta a Comissão e os Estados-Membros a elaborarem diretrizes de apoio à criação e ao funcionamento dessas comissões;
37. Refere que no domínio das aplicações médicas vitais, como as próteses robóticas, é necessário assegurar um acesso contínuo e sustentável à manutenção, a melhorias e, sobretudo, a atualizações de software que resolvam anomalias e vulnerabilidades;
38. Recomenda a criação de entidades independentes de confiança, com vista a deter os meios necessários para prestar serviços aos portadores de aparelhos médicos vitais e avançados, como serviços de manutenção, reparações e aperfeiçoamentos, incluindo atualizações de software, especialmente no caso de tais serviços já não serem prestados pelo fornecedor inicial; sugere que se preveja a obrigação de os fabricantes fornecerem as instruções detalhadas de conceção, incluindo o código-fonte, a estas entidades independentes de confiança, à semelhança do depósito legal de publicações numa biblioteca nacional;
39. Chama a atenção para os riscos associados à possibilidade de pirataria, de desativação dos sistemas ciberfísicos integrados no corpo humano ou de limpeza das suas memórias, uma vez que tal poderia representar um risco para a saúde humana e, em casos extremos, até mesmo para a vida humana, e salienta, por conseguinte, que a proteção dos referidos sistemas deve constituir uma prioridade;
40. Sublinha a importância de garantir o acesso equitativo de todas as pessoas a essas inovações, instrumentos e intervenções tecnológicas; insta a Comissão e os Estados-Membros a promoverem o desenvolvimento de tecnologias de assistência, a fim de facilitar o desenvolvimento e a adoção destas tecnologias por aqueles que delas necessitam, em conformidade com o artigo 4.º da Convenção das Nações Unidas sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, de que a União é parte;

Educação e emprego

41. Chama a atenção para a previsão da Comissão segundo a qual, até 2020, a Europa poderá enfrentar uma falta de 825 000 profissionais de TIC e 90 % dos empregos exigirão, no mínimo, competências digitais mínimas; saúda a iniciativa da Comissão de propor um roteiro para a possível utilização e revisão de um quadro de competências digitais e descritores de competências digitais para todos os níveis de aprendizes e insta a Comissão a prestar um apoio substancial ao desenvolvimento de capacidades digitais em todos os grupos etários, independentemente do seu regime de trabalho, como um primeiro passo para um maior alinhamento das lacunas do mercado de trabalho com a procura de emprego; salienta que o crescimento no domínio da robótica exige que os Estados-Membros desenvolvam sistemas mais flexíveis de formação e ensino de forma a garantir que as estratégias de aprendizagem correspondam às necessidades da economia robótica;
42. Considera que a maior captação do interesse das jovens para uma carreira digital e a atribuição de mais postos de trabalho no setor digital às mulheres seria benéfico para a indústria digital, para as próprias mulheres e para a economia da Europa; insta a Comissão e os Estados-Membros a lançarem iniciativas para apoiar as mulheres nas TIC e fomentar as suas cibercompetências;
43. Insta a Comissão a começar a analisar e a controlar mais de perto as tendências laborais a médio e longo prazo, dando particular destaque à criação, à deslocação e à perda de empregos nos diferentes domínios/áreas de qualificação, a fim de saber em que domínios estão a ser criados empregos e quais são os que estão a perder empregos em consequência de uma maior utilização de robôs;
44. Salienta a importância de prever as alterações da sociedade, tendo em conta os efeitos que o desenvolvimento e a aplicação da robótica e da IA podem ter no emprego; insta a Comissão a analisar diferentes cenários possíveis e as suas consequências para a viabilidade dos sistemas de segurança social dos Estados-Membros;
45. Salienta a importância da flexibilidade das competências e das competências sociais, criativas e digitais na educação; está convicto de que, para além do ensino académico nas escolas, a aprendizagem ao longo da vida deve ser alcançada através de uma ação ao longo da vida;
46. Regista o enorme potencial da robótica em termos de melhoria da segurança no trabalho, através da transferência de várias tarefas perigosas e prejudiciais dos humanos para os robôs, assinalando, contudo, o seu potencial para a criação de um conjunto de novos riscos devido ao número crescente de interações entre os seres humanos e os robôs no local de trabalho; sublinha, a este respeito, a importância de aplicar regras estritas e viradas para o futuro às interações entre os seres humanos e os robôs, a fim de garantir a saúde, a segurança e o respeito dos direitos fundamentais no local de trabalho;

Impacto ambiental

47. Observa que o desenvolvimento da robótica e da IA deve procurar limitar o seu impacto ambiental com base num consumo de energia eficaz, na eficiência energética através da promoção da utilização de energias renováveis e de materiais escassos, na minimização dos resíduos, tais como os resíduos elétricos e eletrónicos, e na reparabilidade; incentiva,

por conseguinte, a Comissão a incorporar os princípios da economia circular em todas as políticas da União sobre robótica; observa que a utilização da robótica também terá um impacto positivo no ambiente, em especial nos domínios da agricultura e do abastecimento e transporte alimentar, nomeadamente através da menor dimensão das máquinas e de uma utilização reduzida de fertilizantes, energia e água, bem como através da agricultura de precisão e da otimização de rotas;

48. Salienta que os sistemas ciberfísicos levarão à criação de sistemas de energia e infraestruturas capazes de controlar o fluxo de eletricidade entre o produtor e o consumidor, tendo ainda como consequência a criação de «produtores-consumidores» de energia, que produzem e consomem energia, proporcionando assim grandes benefícios para o ambiente;

Responsabilidade

49. Considera que a responsabilidade civil pelos danos causados por robôs constitui uma questão crucial que tem de ser igualmente resolvida ao nível da União, a fim de garantir o mesmo nível de eficácia, de transparência e de coerência na execução da segurança jurídica em toda a União para benefício dos cidadãos, dos consumidores e das empresas;
50. Observa que o desenvolvimento da tecnologia robótica exigirá uma melhor compreensão dos pontos comuns necessários para a atividade comum dos humanos e dos robôs, que deverá basear-se em duas relações de interdependência fundamentais, a saber, a previsibilidade e a direcionalidade; assinala que estas duas relações de interdependência são fundamentais para determinar as informações que devem ser partilhadas entre os humanos e os robôs e como pode ser alcançada uma base comum entre ambos para permitir uma ação conjunta sem problemas;
51. Apela à Comissão que apresente, com base no artigo 114.º do TFUE, uma proposta para um instrumento legislativo sobre questões jurídicas relacionadas com o desenvolvimento e a utilização da robótica e da IA previsível para os próximos 10 a 15 anos, conjugado com instrumentos não legislativos, como as diretrizes e os códigos de conduta referidos nas recomendações descritas no Anexo;
52. Considera que, seja qual for a solução jurídica aplicável à responsabilidade civil pelos danos causados por robôs em caso de danos não patrimoniais, o futuro instrumento legislativo não deverá nunca limitar o tipo ou a extensão dos danos a indemnizar nem as formas de compensação à parte lesada, pelo simples facto de os danos terem sido provocados por um agente não humano;
53. Considera que o futuro instrumento legislativo deverá basear-se numa avaliação aprofundada da Comissão que determine se a abordagem a aplicar deve ser a da responsabilidade objetiva ou a da gestão de riscos;
54. Observa, ao mesmo tempo, que a responsabilidade objetiva exige apenas a prova de que o dano ocorreu e o estabelecimento de um nexo de causalidade entre o funcionamento prejudicial do robô e os danos sofridos pela parte lesada;
55. Observa que a abordagem da gestão de riscos não se concentra na pessoa «que atuou de forma negligente» como individualmente responsável, mas na pessoa que é capaz, em determinadas circunstâncias, de minimizar os riscos e de lidar com os impactos negativos;
56. Considera que, em princípio, uma vez identificadas as partes às quais cabe, em última

instância, a responsabilidade, esta deve ser proporcionada em relação ao nível efetivo de instruções dadas ao robô e ao nível da sua autonomia, de modo a que quanto maior for a capacidade de aprendizagem ou de autonomia de um robô, e quanto mais longa for a «educação» do robô, maior deve ser a responsabilidade do «professor»; observa, em especial, que as competências resultantes da «formação» dada a um robô não devem ser confundidas com as competências estritamente dependentes das suas capacidades de autoaprendizagem, quando se procura identificar a pessoa à qual se atribui efetivamente o comportamento danoso do robô; observa que, pelo menos na fase atual, a responsabilidade deve ser imputada a um ser humano, e não a um robô;

57. Destaca que uma possível solução para a complexidade de atribuir responsabilidade pelos danos causados pelos robôs cada vez mais autónomos pode ser um regime de seguros obrigatórios, conforme acontece já, por exemplo, com os carros; observa, no entanto que, ao contrário do que acontece com o regime de seguros para a circulação rodoviária, em que os seguros cobrem os atos e as falhas humanas, um regime de seguros para a robótica deveria ter em conta todos os elementos potenciais da cadeia de responsabilidade;
58. Considera que, à semelhança do que acontece com os veículos motorizados, esse regime de seguros poderia ser complementado por um fundo de garantia da reparação de danos nos casos não abrangidos por qualquer seguro; insta o setor dos seguros a criar novos produtos e novos tipos de ofertas que estejam em linha com os avanços na robótica;
59. Insta a Comissão a explorar, analisar e ponderar, na avaliação de impacto que fizer do seu futuro instrumento legislativo, as implicações de todas as soluções jurídicas possíveis, tais como:
 - a) Criar um regime de seguros obrigatórios, se tal for pertinente e necessário para categorias específicas de robôs, em que, tal como acontece já com os carros, os produtores ou os proprietários de robôs sejam obrigados a subscrever um seguro para cobrir os danos potencialmente causados pelos seus robôs;
 - b) Garantir que os fundos de compensação não sirvam apenas para garantir uma compensação no caso de os danos causados por um robô não serem abrangidos por um seguro;
 - c) Permitir que o fabricante, o programador, o proprietário ou o utilizador beneficiem de responsabilidade limitada se contribuírem para um fundo de compensação ou se subscreverem conjuntamente um seguro para garantir a indemnização quando o dano for causado por um robô;
 - d) Decidir quanto à criação de um fundo geral para todos os robôs autónomos inteligentes ou quanto à criação de um fundo individual para toda e qualquer categoria de robôs e quanto à contribuição que deve ser paga a título de taxa pontual no momento em que se coloca o robô no mercado ou quanto ao pagamento de contribuições periódicas durante o tempo de vida do robô;
 - e) Garantir que a ligação entre um robô e o seu fundo seja patente pelo número de registo individual constante de um registo específico da União que permita que qualquer pessoa que interaja com o robô seja informada da natureza do fundo, dos limites da respetiva responsabilidade em caso de danos patrimoniais, dos nomes e dos cargos dos contribuidores e de todas as outras informações relevantes;

- f) Criar um estatuto jurídico específico para os robôs a longo prazo, de modo a que, pelo menos, os robôs autónomos mais sofisticados possam ser determinados como detentores do estatuto de pessoas eletrónicas responsáveis por sanar quaisquer danos que possam causar e, eventualmente, aplicar a personalidade eletrónica a casos em que os robôs tomam decisões autónomas ou em que interagem por qualquer outro modo com terceiros de forma independente;

Aspetos internacionais

60. Observa que, apesar de as atuais normas de direito internacional privado geral em matéria de acidentes de viação, aplicáveis na União, não carecerem urgentemente de alteração significativa para viabilizar a criação de veículos autónomos, a simplificação do atual sistema dual para a definição da lei aplicável (com base no Regulamento (CE) n.º 864/2007 do Parlamento Europeu e do Conselho⁵³ e na Convenção de Haia, de 4 de maio de 1971, em matéria de direito aplicável a acidentes de viação) melhoraria a segurança jurídica e limitaria as possibilidades de busca do foro mais vantajoso («forum shopping»);
61. Regista a necessidade de ponderar a necessidade de alterar os acordos internacionais, como a Convenção de Viena sobre a Circulação Rodoviária, de 8 de novembro de 1968, e a Convenção de Haia sobre a lei aplicável aos acidentes de circulação rodoviária;
62. Espera que a Comissão assegure que os Estados-Membros cumpram o direito internacional de modo uniforme, nomeadamente a Convenção de Viena sobre a Circulação Rodoviária, que tem de ser alterada, a fim de tornar possível a condução sem condutor, e exorta a Comissão, os Estados-Membros e a indústria a cumprirem os objetivos da Declaração de Amesterdão o mais rapidamente possível;
63. Exorta à cooperação internacional no exame das questões sociais, éticas e jurídicas e, seguidamente, à criação de normas regulamentares sob a égide das Nações Unidas;
64. Destaca que as restrições e as condições estabelecidas no Regulamento (CE) n.º 428/2009 do Parlamento Europeu e do Conselho⁵⁴ sobre o comércio de artigos de dupla utilização – bens, programas informáticos e tecnologia que podem ser usados em aplicações quer civis quer militares e/ou que podem contribuir para a proliferação de armas de destruição maciça – devem aplicar-se igualmente às aplicações de robótica;

Aspetos finais

65. Requer, com base no artigo 225.º do TFUE, que a Comissão apresente, com base no artigo 114.º do TFUE, uma proposta de diretiva sobre disposições de direito civil sobre robótica, seguindo as recomendações constantes do anexo;
66. Confirma que essas recomendações respeitam os direitos fundamentais e o princípio da subsidiariedade;
67. Considera que a proposta requerida terá incidências financeiras, caso seja criada uma

⁵³ Regulamento (CE) n.º 864/2007 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de julho de 2007, relativo à lei aplicável às obrigações extracontratuais (Roma II) (JO L 199 de 31.7.2007, p. 40).

⁵⁴ Regulamento (CE) n.º 428/2009 do Conselho, de 5 de maio de 2009, que cria um regime comunitário de controlo das exportações, transferências, corretagem e trânsito de produtos de dupla utilização (JO L 134 de 29.5.2009, p. 1).

nova agência europeia;

o

o o

68. Encarrega o seu Presidente de transmitir a presente resolução e as recomendações que figuram em anexo à Comissão e ao Conselho.

ANEXO DA RESOLUÇÃO: RECOMENDAÇÕES QUANTO AO CONTEÚDO DA PROPOSTA REQUERIDA

Definição e classificação de «robôs inteligentes»

Deverá ser criada uma definição comum europeia para os robôs autónomos inteligentes, incluindo, se for caso disso, definições das suas subcategorias, tendo em consideração as seguintes características:

- a capacidade de adquirir autonomia através de sensores e/ou da troca de dados com o seu ambiente (interconetividade) e a análise destes dados;
- a capacidade de aprender com a experiência e com a interação;
- a forma do suporte físico do robô;
- a capacidade de adaptar o seu comportamento e as suas ações ao ambiente.

Registo de «robôs inteligentes»

Para efeitos de rastreabilidade, e a fim de facilitar a aplicação de outras recomendações, deverá ser introduzido um sistema de registo de robôs avançados, assente nos critérios estabelecidos para a classificação de robôs. O sistema de registo e o registo deverão abranger toda a União, cobrindo o mercado interno, e poderiam ser geridos por uma Agência Europeia de Robótica e Inteligência Artificial, caso essa agência seja criada.

Responsabilidade civil

Qualquer solução jurídica aplicada à responsabilidade dos robôs e da inteligência artificial em caso de danos não patrimoniais não deverá, em caso algum, limitar o tipo ou a extensão dos danos a indemnizar nem as formas de compensação que podem ser disponibilizadas à parte lesada, pelo simples facto de os danos terem sido provocados por um agente não humano.

O futuro instrumento legislativo deverá basear-se numa avaliação aprofundada da Comissão que determine se a abordagem a aplicar deve ser a da responsabilidade objetiva ou a da gestão de riscos.

Deverá ser criado um regime de seguros obrigatório, que poderá ter basear-se na obrigação do produtor de subscrever um seguro para os robôs autónomos que produz.

O regime de seguros deverá ser complementado por um fundo a fim de garantir que os danos possam ser indemnizados caso não exista qualquer cobertura de seguro.

As decisões políticas sobre as regras de responsabilidade civil aplicáveis aos robôs e à inteligência artificial deverão ser tomadas com base em informações adequadas de um projeto de investigação e desenvolvimento à escala europeia dedicado à robótica e à neurociência, com

cientistas e especialistas capazes de avaliar todos os riscos e consequências possíveis.

Interoperabilidade, acesso aos códigos e direitos de propriedade intelectual

Deve ser garantida a interoperabilidade dos robôs autónomos ligados em rede que interagem entre si. Deve ser disponibilizado, sempre que necessário, acesso aos códigos-fonte, aos dados de entrada e aos pormenores de construção, a fim de investigar os acidentes e os danos provocados pelos robôs inteligentes e de assegurar a sua operacionalidade, disponibilidade, fiabilidade, segurança e proteção permanentes.

Carta da Robótica

Ao propor atos jurídicos em matéria de robótica, a Comissão deverá ter em conta os princípios consagrados na seguinte Carta da Robótica.

CARTA DA ROBÓTICA

O código de conduta ética proposto no domínio da robótica estabelece as bases para a identificação, a supervisão e o cumprimento dos princípios éticos fundamentais, desde a fase de conceção e desenvolvimento.

O quadro, elaborado com base em informações de um projeto de investigação e desenvolvimento à escala europeia dedicado à robótica e à neurociência, deve ser concebido de modo ponderado a fim de possibilitar ajustamentos específicos numa base casuística para avaliar se um dado comportamento é correto ou errado numa dada situação e para tomar decisões de acordo com uma hierarquia de valores predefinida.

O código não deverá substituir a necessidade de resolver todos os grandes problemas jurídicos neste domínio; deverá, antes, ter uma função de complementaridade. Limitar-se-á, portanto, a facilitar a classificação ética da robótica, a reforçar os esforços de inovação responsável neste domínio e a ter em conta as preocupações do público.

Deverá ser dada particular atenção às fases de investigação e desenvolvimento da trajetória tecnológica pertinente (processo de conceção, exame ético, controlos de auditoria, etc.). O código deverá procurar dar resposta à necessidade de cumprimento das normas éticas pelos investigadores, pelos profissionais, pelos utilizadores e pelos criadores, e introduzir um procedimento para encontrar uma forma de resolver os dilemas éticos pertinentes e para permitir que estes sistemas funcionem de um modo eticamente responsável.

CÓDIGO DE CONDUCTA ÉTICA PARA OS ENGENHEIROS DE ROBÓTICA

PREÂMBULO

O Código de Conduta convida todos os investigadores e criadores a agir de forma responsável e com consideração absoluta pela necessidade de respeitar a dignidade, a privacidade e a segurança dos seres humanos.

O Código de Conduta apela a uma estreita cooperação entre todas as disciplinas a fim de garantir que a investigação de robótica na União Europeia seja realizada de um modo seguro, ético e eficaz.

O Código de Conduta abrange todas as atividades de investigação e desenvolvimento no domínio da robótica.

O Código de Conduta é voluntário e proporciona um conjunto de princípios e orientações gerais para medidas a tomar por todas as partes interessadas.

Os organismos que financiam a investigação em robótica, as organizações de investigação, as comissões de ética e os investigadores são incentivados a ponderar, desde as fases iniciais, as implicações futuras das tecnologias ou dos objetos a investigar e a desenvolver uma cultura de responsabilidade tendo em conta os problemas e as oportunidades que podem surgir no futuro.

Os organismos públicos e privados que financiam a investigação em robótica deverão exigir que todas as propostas de financiamento de investigação em robótica sejam acompanhadas por um dossiê de avaliação de risco. O código deve considerar os seres humanos, e não os robôs, como agentes responsáveis.

Os investigadores no domínio da robótica devem pautar-se pelos mais elevados padrões de conduta ética e profissional, e respeitar os seguintes princípios:

Beneficência – os robôs devem atuar no interesse dos seres humanos;

Não-maleficência – a doutrina de «acima de tudo, não prejudicar», segundo a qual os robôs não devem causar danos aos humanos;

Autonomia – a capacidade de tomar decisões informadas e livres de coação sobre as condições de interação com os robôs;

Justiça – uma distribuição equitativa dos benefícios associados à robótica e, em particular, a acessibilidade a robôs de cuidados domésticos e de cuidados de saúde.

Direitos fundamentais

As atividades de investigação em robótica - desde a sua conceção e aplicação até à sua difusão e utilização - devem respeitar os direitos fundamentais e ser realizadas no interesse do bem-estar e da autodeterminação dos indivíduos e da sociedade em geral,. A dignidade e a autonomia – tanto física como psicológica – dos seres humanos devem ser sempre respeitadas.

Precaução

As atividades de investigação em robótica devem ser realizadas de acordo com o princípio da precaução, prevendo os impactos potenciais dos resultados na segurança e tomando as devidas precauções, proporcionadas em relação ao nível de proteção, e fomentando ao mesmo tempo o progresso em benefício da sociedade e do ambiente.

Abertura à participação dos interessados

Os engenheiros de robótica garantem a transparência e o respeito pelo legítimo direito de acesso de todas as partes interessadas às informações. A abertura à participação dos interessados permite a participação de todas as partes interessadas nas atividades de investigação em robótica, ou por elas abrangidas, nos processos decisórios.

Responsabilização

Os engenheiros de robótica são responsáveis pelos impactos sociais, ambientais e para a saúde humana que a robótica possa ter nas gerações presentes ou futuras.

Segurança

Os criadores de robótica devem ter em conta e respeitar o bem-estar físico, a segurança, a saúde e os direitos das pessoas. Os engenheiros de robótica devem preservar o bem-estar humano, respeitando simultaneamente os direitos humanos, e revelar prontamente os fatores suscetíveis de pôr em perigo as pessoas ou o ambiente.

Reversibilidade

A reversibilidade, enquanto condição necessária da capacidade de controlo, é um conceito fundamental na programação dos robôs de forma a comportarem-se de modo seguro e fiável. Um modelo de reversibilidade indica ao robô as ações que são reversíveis e como revertê-las, caso seja possível. A capacidade de anular a última ação ou uma sequência de ações permite aos utilizadores anularem as ações indesejadas e regressarem à «boa» fase do seu trabalho.

Privacidade

O direito à privacidade deve ser sempre respeitado. Os engenheiros de robótica devem assegurar que as informações privadas sejam mantidas em segurança e só sejam utilizadas de forma adequada. Além disso, os engenheiros de robótica devem garantir que os indivíduos não sejam identificáveis pessoalmente, salvo em circunstâncias excecionais e, se for esse o caso, que só o sejam com um consentimento esclarecido, inequívoco e informado. O consentimento humano informado deve ser solicitado e obtido antes de qualquer interação homem-máquina. Enquanto tais, os criadores de robótica são responsáveis por conceber e adotar procedimentos para o consentimento válido, a confidencialidade, o anonimato, o tratamento justo e um processo equitativo. Os criadores devem satisfazer todos os pedidos de destruição de dados conexos e da sua eliminação de conjuntos de dados.

Maximização do benefício e minimização do dano

Os investigadores devem procurar maximizar os benefícios do seu trabalho em todas as fases, desde a conceção até à divulgação. Devem ser evitados todos os danos causados aos participantes na investigação, aos sujeitos humanos e aos participantes em experiências, testes ou estudos ou a eles sujeitos. Sempre que ocorram riscos que constituam um elemento inevitável e integrante da investigação, devem ser criados e respeitados sólidos protocolos de avaliação e gestão dos riscos. Normalmente, o risco de danos não deve ser superior ao que existe na vida do dia-a-dia, ou seja, as pessoas não devem ser expostas a riscos superiores ou a mais riscos do que aqueles a que são expostas na sua vida normal. O funcionamento dos sistemas de robótica devem basear-se sempre num processo exaustivo de avaliação do risco, o qual deve ser enformado pelos princípios cautelares e de proporcionalidade.

CÓDIGO PARA AS COMISSÕES DE ÉTICA DA INVESTIGAÇÃO (CEI)

Princípios

Independência

O processo de exame ético deve ser independente da própria investigação. Este princípio destaca a necessidade de evitar conflitos de interesses entre os investigadores e as pessoas que examinam o protocolo de ética, e entre os examinadores e as estruturas organizativas de governo.

Competência

O processo de exame ético deve ser realizado por examinadores com conhecimentos especializados adequados, tendo em conta a necessidade de ponderar cuidadosamente o alcance da adesão e a formação específica das CEI em ética.

Transparência e responsabilização

O processo de exame deve ser responsável e aberto a escrutínio. As CEI têm de reconhecer as suas responsabilidades e devem estar devidamente situadas no âmbito das estruturas organizativas que conferem transparência ao funcionamento e aos procedimentos das CEI para manter e analisar as normas.

A função de uma CEI

Uma CEI é normalmente responsável por analisar toda a investigação que envolve participantes humanos realizada por indivíduos empregados na ou pela instituição em causa; por garantir que o exame de ética seja independente, competente e oportuno; por proteger a dignidade, os direitos e o bem-estar dos participantes em atividades de investigação; por ter em consideração a segurança do(s) investigador(es); por ter em consideração os interesses legítimos de outras partes interessadas; por tomar decisões informadas sobre o mérito científico das propostas; e por fazer recomendações informadas aos investigadores se as propostas forem consideradas insuficientes em algum aspeto.

A constituição de uma CEI

Por norma, as CEI devem ser multidisciplinares, incluir homens e mulheres e ser constituídas por elementos com ampla experiência e conhecimentos especializados no domínio da investigação em robótica. O processo de nomeação deve garantir que os elementos da comissão forneçam um equilíbrio adequado de conhecimentos científicos, antecedentes filosóficos, jurídicos ou éticos, contribuam com opiniões e incluam pelo menos um elemento com conhecimentos especializados em ética e utilizadores de serviços especializados de saúde, educação ou sociais, sempre que estes constituam o cerne das atividades de investigação, e indivíduos com conhecimentos metodológicos específicos relevantes para a investigação que analisam. As CEI devem ser constituídas de modo a evitar conflitos de interesse.

Acompanhamento

As organizações de investigação devem estabelecer procedimentos adequados de acompanhamento dos projetos de investigação que receberam aprovação ética até à sua conclusão e garantir o seu exame contínuo, caso a conceção da investigação deixe antever possíveis alterações ao longo do tempo que precisem de ser abordadas. O acompanhamento deve ser proporcionado em relação à natureza e ao grau do risco associado à investigação. Se uma CEI considerar que um relatório de acompanhamento suscita preocupações importantes quanto à conduta ética do estudo, deve solicitar uma descrição completa e detalhada da investigação para exame ético completo. Se se considerar que um estudo não está a ser realizado de forma ética, deve ponderar-se a possibilidade de retirar a sua aprovação, e a investigação deve ser suspensa ou interrompida.

LICENÇA PARA OS CRIADORES

- Devem ter em conta os valores europeus de dignidade, autonomia e autodeterminação, liberdade e justiça antes, durante e após o processo de conceção, desenvolvimento e fornecimento dessas tecnologias, incluindo a necessidade de não prejudicar, lesar, enganar ou explorar os utilizadores (vulneráveis).

- Devem introduzir princípios fidedignos de conceção do sistema em todos os aspetos do funcionamento do robô, tanto em termos de conceção de hardware como de software, e para o processamento de quaisquer dados, na plataforma ou fora desta, para efeitos de segurança.
- Devem introduzir elementos de privacidade desde a conceção, de modo a assegurar que as informações privadas sejam mantidas em segurança e utilizadas apenas de forma adequada.
- Devem integrar mecanismos óbvios de autoexclusão («kill switches») que devem ser compatíveis com objetivos de conceção razoáveis.
- Devem garantir que um robô funcione em conformidade com os princípios éticos e jurídicos locais, nacionais e internacionais.
- Devem garantir que as etapas do processo decisório do robô sejam suscetíveis de reconstrução e rastreabilidade.
- Devem garantir que seja exigida a máxima transparência na programação de sistemas de robótica, bem como a previsibilidade do comportamento robótico.
- Devem analisar a previsibilidade de um sistema entre seres humanos e robôs, atendendo à incerteza na interpretação e na ação e a possíveis falhas robóticas ou humanas.
- Devem desenvolver ferramentas de rastreabilidade na fase de conceção do robô. Estas ferramentas irão facilitar a responsabilização e a explicação do comportamento robótico, mesmo que limitado, nos vários níveis pretendidos por peritos, operadores e utilizadores.
- Devem elaborar protocolos de conceção e de avaliação e reunir com potenciais utilizadores e partes interessadas quando avalia os benefícios e os riscos da robótica, incluindo os de natureza cognitiva, psicológica ou ambiental.
- Devem garantir que os robôs possam ser identificados como robôs ao interagirem com humanos.
- Devem salvaguardar a segurança e a saúde dos que interagem e entram em contacto com robótica, uma vez que os robôs, enquanto produtos, devem ser concebidos com processos que garantem a sua segurança e proteção. Um engenheiro de robótica tem de preservar o bem-estar da humanidade e, simultaneamente, respeitar os direitos humanos e não pode disponibilizar um robô sem salvaguardar a segurança, a eficácia e a reversibilidade do funcionamento do sistema.
- Devem obter um parecer favorável de uma CEI antes de testar um robô em ambiente real ou de envolver humanos nos seus procedimentos de conceção e desenvolvimento.

LICENÇA PARA OS UTILIZADORES

- Devem ter autorização para utilizar um robô sem risco ou medo de danos físicos ou psicológicos.

- Devem ter o direito de esperar que um robô efetue qualquer tarefa para a qual foi explicitamente concebido.
- Devem estar conscientes de que qualquer robô pode ter limitações perceptivas, cognitivas e de atuação.
- Devem respeitar a fragilidade humana, tanto física como psicológica, bem como as necessidades emocionais dos humanos.
- Devem ter em conta os direitos de privacidade das pessoas, incluindo a desativação de controlos de vídeo durante procedimentos íntimos.
- Devem estar proibidos de recolher, utilizar ou divulgar informações pessoais sem o consentimento expresso dos titulares dos dados.
- Devem estar proibidos de utilizar um robô de um modo que infrinja princípios e normas éticas ou jurídicas.
- Devem estar proibidos de modificar um robô para que o mesmo possa funcionar como arma.