

Universidade de São Paulo
Faculdade de Direito

FABIO TORRES DAS CANDEIAS

INFLUÊNCIAS TECNOLÓGICAS RELEVANTES PARA O
DIREITO SOCIETÁRIO E O MERCADO DE CAPITAIS

São Paulo
2022

Universidade de São Paulo
Faculdade de Direito

FABIO TORRES DAS CANDEIAS

INFLUÊNCIAS TECNOLÓGICAS RELEVANTES PARA O
DIREITO SOCIETÁRIO E O MERCADO DE CAPITAIS

Mestrado apresentado à Banca Examinadores do Programa de Pós-Graduação em Direito, da Faculdade de Direitos da Universidade de São Paulo, na área de concentração de Direito Comercial, sob orientação do Prof. Dr. José Marcelo Martins Proença.

São Paulo
2022

Autorizo a reprodução total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins exclusivamente de estudo e pesquisa, desde que feita a atribuição de autoria e citação completa da fonte.

Catálogo na Publicação (CIP)
Biblioteca da Faculdade de Direito da USP

Candeias, Fabio Torres das.

Influências tecnológicas relevantes para o Direito Societário e o Mercado de Capitais. / Fabio Torres das Candeias; Orientador: Professor Dr. José Marcelo Martins Proença; São Paulo, 2022.

126 p.

Dissertação (Mestrado) Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo, 2022.

1 Direito Comercial brasileiro. 2 Direito Societário. 3 Mercado de Capitais. 4 Título.

CANDEIAS, Fabio Torres das. *Influências tecnológicas relevantes para o Direito Societário e o Mercado de Capitais*. 2022. Tese (Mestrado em Direito). Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

Aprovada em: _____

BANCA EXAMINADORA:

Professor(a) Dr(a): _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Professor(a) Dr(a): _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Professor(a) Dr(a): _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Dedico o presente trabalho à minha esposa Julia, ao meu filho Pedro, aos meus pais
e à minha querida irmã.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me concedeu a oportunidade de estudar, à minha esposa Julia, por entender as minhas ausências e mesmo assim estar ao meu lado, aos meus pais por sempre me incentivarem a estudar, e ao meu filho Pedro que chegou durante o desenvolvimento deste trabalho e trouxe alegria e entusiasmo para finalizá-lo.

Além desses, quero agradecer a algumas pessoas especiais que contribuíram para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho: à professora Vera Kattwinkel, ao professor Valdemir de Abreu, que sempre me incentivaram e desafiaram a entregar a minha melhor versão. Aos amigos Alessandra Montebelo Gonsales Rocha, Fernanda de Fátima Borges, Dante Perin Jorge de Araújo, Carmem Letícia da Maia Pereira, Tainá Ramos Pereira, Victor Borges Pereira Cegal e Ricardo de Carvalho Destro, que além de me incentivarem, fizeram esse trabalho ser possível.

Finalmente, quero agradecer ao professor doutor (orientador, amigo e palestrino) José Marcelo Martins Proença por toda a paciência e sabedoria na orientação deste trabalho, e nas muitas vezes em que conversamos antes mesmo deste projeto começar.

“O perigo de verdade não é que computadores passem a pensar como humanos, mas sim que humanos passem a pensar como computadores”.

Sydney Harris, jornalista.

RESUMO

CANDEIAS, Fabio Torres das. *Influências tecnológicas relevantes para o Direito Societário e o Mercado de Capitais*. 2022. Tese (Mestrado em Direito). Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

O presente trabalho trata a respeito da inteligência artificial e suas consequências no Direito Comercial, principalmente no mercado de capitais. O intuito é identificar as principais influências da aplicação da inteligência artificial no Direito Comercial, quais os riscos envolvidos nessa operacionalização e quais têm sido as preocupações a respeito dessa nova tecnologia. Para atingir esse objetivo foi necessário o estudo de relevantes regulamentações e relatórios estrangeiros, como o *White Paper* e o *Artificial Intelligence Act* publicados pela Comissão Europeia, o relatório publicado pela IOSCO, a respeito da aplicação da inteligência artificial no mercado de capitais, bem como a análise da estrutura regulatória para inteligência artificial que está em construção no Brasil (Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial e Projeto de Lei nº 21/2020). As atividades de *High Frequency Trading* são objeto de análise pormenorizada, por gerarem efeitos e refletirem as diversas preocupações referentes à atuação de algoritmos no mercado de capitais. Por fim, conclui-se a respeito da necessidade de regulamentação para as aplicações de inteligência artificial, sendo determinados parâmetros fundamentais (como centralização da tecnologia no ser humano, inibição de vieses, respeito aos direitos fundamentais, aos dados pessoais, à privacidade e a defesa da democracia) para que, mitigados os riscos inerentes à sua aplicação, a inteligência artificial tenha condições de ampliar a capacidade humana de conhecimento e desenvolvimento e seja utilizada sempre para o bem.

Palavras-chave: Direito Comercial. Mercado de capitais. Regulamentação. Inteligência artificial. Tecnologia. *High Frequency Trading* (HFT). Inovação.

ABSTRACT

CANDEIAS, Fabio Torres das. *Relevant technologies influences to Corporate Law and Capital Market*. 2022. Tese (Mestrado em Direito). Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

The present work aims to analyze artificial intelligence and its consequences to Commercial Law, specially to capital markets. The objective is to identify the main influences related to the artificial intelligence application in Commercial Law, which are the risks involved with its implementation and what are the concerning related to this technology. To achieve this goal it has been studied the most relevant foreign regulations and reports, such as the *White Paper* and the *Artificial Intelligence Act* both issued by European Commission, the report issued by IOSCO, regarding artificial intelligence application in the capital market, and also it has been analyzed the artificial intelligence regulatory structure that has been built in Brazil (Brazilian Artificial Intelligence Strategy and Project of Law n. 21/2020). High Frequency Trading activities have been detailed studied, as they reflect both effects and concerning applied to algorithms in the capital market. At last, it has been concluded about the necessity of regulation applied to artificial intelligence, observed some fundamental requirements (like human centralized tech, bias inhibition, respect to fundamentals rights, to personal data privacy, to privacy e to democracy protection) in order to mitigate the risks and enable the augmented of human knowledge and development capabilities by the application of artificial intelligence, as it shall always be applied to do good.

Key words: Commercial law. Capital Market. Regulation. Artificial intelligence. Technology. High Frequency Trading (HFT). Innovation.

Sumário

Introdução.....	8
1 Definição de IA e tradução de seus conceitos ao campo do Direito Comercial	15
1.1 Conceito de Inteligência Artificial	15
1.1.1 Teste de Turing: agir de forma humana	19
1.1.2 Modelagem cognitiva: pensando de forma humana.....	21
1.1.3 “Leis do pensamento”: pensamento racional.....	21
1.1.4 Ação racional: o agente racional	22
1.1.5 Conceituação para os fins deste trabalho	23
2 Como a Inteligência Artificial tem sido tratada pelo Direito	25
2.1 <i>White Paper</i> publicado pela Comissão Europeia em 2020.....	25
2.2 <i>Artificial Intelligence Act (“AI Act”)</i> , publicado pela Comissão Europeia em abril/2021	34
2.2.1 <i>AI Act</i> – Análise baseada no risco	39
2.3 Posicionamento brasileiro para regulação da IA.....	43
2.3.1 A estratégia brasileira de Inteligência Artificial	44
2.3.2 O Projeto de Lei nº 21/2020 (“PL 21/2020”)	46
2.3.3 Posicionamento brasileiro.....	48
3 O uso de Inteligência Artificial e <i>Machine Learning</i> por intermediários do mercado de capitais e gestores de ativos	49
3.1 Análise do relatório de consulta publicado pela IOSCO	49
3.2 AI aplicada ao mercado financeiro.....	52
3.3 Potenciais riscos identificáveis em razão do uso da IA	54
3.4 Principais riscos envolvidos nas aplicações de IA.....	60
3.5 Propostas para mitigar os riscos na aplicação da IA no mercado de capitais. 62	
3.5.1 Medida 1: executivos responsáveis	63
3.5.2 Medida 2: testes prévios e constantes	64
3.5.3 Medida 3: conhecimento	65
3.5.4 Medida 4: vigilância dos contratados	66
3.5.5 Medida 5: transparência.....	66
3.5.6 Medida 6: controles adequados	67
3.6 Considerações finais do relatório da IOSCO	67
4 Aplicação da Inteligência Artificial no Mercado de Capitais: HFT	69
4.1 <i>High Frequency Trading (“HFT”)</i>	69
4.2 Algoritmos no Mercado de Capitais	70
4.3 Definições e conceitos relevantes	71

4.4	Principais argumentos no debate a respeito das atividades de HFT	74
4.5	HFT no mercado brasileiro	76
4.6	Principais motivos para o estudo dos HFTs	78
4.7	Bases do funcionamento do mercado de capitais	78
4.7.1	Um ambiente baseado nas informações	81
4.8	Acesso Direto ao Mercado	87
4.9	Co-location	87
4.10	<i>HFTs</i> no Mundo Real	88
4.10.1	HFTs e as potenciais consequências no mercado	94
4.10.2	Possibilidades de soluções	97
4.11	Considerações finais a respeito da HFT	98
	Conclusões	103
	Referências bibliográficas	115

Introdução

Por meio desta introdução, buscar-se-á apresentar ao leitor a relevância do tema a ser estudado, quais as tecnologias que são abordadas neste trabalho, motivos para que o tema seja estudado pelo Direito e as consequências do desenvolvimento e aplicação das tecnologias para a sociedade e as relações intersubjetivas e comerciais.

Desde já vale destacar que na atualidade praticamente não existe companhias sem a aplicação de tecnologia e, mais especificamente ainda, não existe companhia que não tenha uma área de tecnologia da informação relevante. Nesse contexto, diz-se que hoje em dia toda empresa¹ é uma empresa de tecnologia². Essa afirmação é cada vez mais verdadeira, uma vez que os investimentos em tecnologia são cada vez maiores e, empresas que antes se davam ao luxo de não entender dessa matéria (pois suas atividades principais são de um ramo ou área totalmente diverso), hoje investem em tecnologia de forma imperativa, sob pena de não só perderem o mercado, mas de serem extintas.

Para conseguir navegar nesse grande e novo oceano, as sociedades precisam entender como a tecnologia afeta seus negócios (interna e externamente – entre seus concorrentes), como transforma sua relação com seus clientes, como deve ser administrada (recursos e conhecimento necessários) e embarcar nessa nova jornada³. Ao menos é dessa maneira que os principais veículos de comunicação empresarial têm endereçado o tema da tecnologia.

Observe-se a importância da tecnologia para o Direito Comercial, seja agora ao se estudar as implicações da inteligência artificial, seja quando do surgimento da *internet* no universo empresarial. Nesse contexto, o pensamento do professor Newton de Lucca em relação ao surgimento da *internet* faz muito sentido, ao questionar:

¹ Neste momento a palavra empresa foi utilizada no sentido de sociedade ou entidade organizada que pratica atividade empresarial, apenas para fins didáticos, já que é dessa forma atécnica que a maioria dos artigos jornalísticos tratam o conceito de empresa.

² MIMS, Christopher. Every Company Is Now a Tech Company. That's why all established businesses need to hire a 'technical co-founder. *Wall Street Journal*. Edição de 04/12/2018. Disponível em: <https://www.wsj.com/articles/every-company-is-now-a-tech-company-1543901207>. Acesso em: 02 mar. 2022.

³ STONE, Stephanie. Why Every Company Is A Technology Company. *Forbes*. Edição de 23/01/2017. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2017/01/23/why-every-company-is-a-technology-company/?sh=50c28e6c57ae>. Acesso em 2 mar. 2022.

Que espécie de futuro nos reservam os prodígios da internet? Será ele um fenômeno meramente passageiro, sem maiores consequências para esse mundo de dor e sofrimento em que vivemos, nada interferindo sobre o constrangedor estado em que a humanidade se encontra, ou, ao revés, terá influência decisiva no destino desta e determinará profunda alteração nas estruturas de poder atualmente vigentes?⁴

Apesar de apresentarmos algumas possíveis visões do que a inteligência artificial pode representar para o futuro, não se tem a pretensão de prever o que a tecnologia da informação nos reserva, mas sim de analisar quais as consequências da aplicabilidade dessa inovação em ambientes tão competitivos como o Mercado de Capitais, regido pelas regras do Direito Societário. Nesse âmbito, serão discutidas as implicações de algoritmos atuantes no mercado de capitais, sejam utilizados para definição de estratégias de compra e venda de ativos, seja para controles operacionais de intermediários ou, ainda, para o desenvolvimento de estratégias de *High Frequency Trading* (HFT), bem como devem as responsabilidades ser atribuídas de maneira multidisciplinar, dada à complexidade inerente dos algoritmos que se utilizam de inteligência artificial.

Para isso, a análise das implicações da tecnologia, da inovação, do novo, para o Direito Comercial tem papel fundamental, como já norteou o professor Newton de Lucca:

(...) Fi-lo, sobretudo, na convicção de que a pesquisa jurídica no campo da informática e da telemática, tanto nacional quanto internacional – com ou sem uma disciplina normativa própria, como agora temos no Brasil –, exige a mais cuidadosa reflexão sobre o sentido e o alcance dos princípios, além de ser um dos mais apaixonantes temas do mundo pós-moderno, para usar a expressão de Fernández Delpech.⁵

Dessa maneira, o estudo do novo deve ocorrer a todo momento, principalmente no Direito Comercial. Apesar de tarefa complexa, não vamos refutar o desafio, principalmente de tratar de pontos controversos, que serão objeto de análise crítica e imparcial, no intuito de incentivar o pensamento do estudante de Direito para

⁴ DE LUCCA, Newton. *Aspectos Jurídicos da Contratação Informática e Telemática*. São Paulo: Saraiva, 2003. p.130.

⁵ DE LUCCA, Newton; SIMÃO FILHO, Adalberto; LIMA, Cíntia Rosa Pereira de (coords.). *Direito & Internet III*. Tomo I: Marco Civil da Internet (Lei n 12.965/2014). São Paulo: Quartier Latin, 2015. p. 24.

questões de cunho “superficialmente” tecnológicas (muitas vezes ignoradas pelos estudos jurídicos), mas que na verdade geram consequência sociológicas e são responsáveis por transformar as sociedades e suas interações, o que é o objeto principal do estudo do Direito. Com isso trilharemos o caminho de uma discussão aprofundada a respeito das interações entre o Direito Comercial e o universo da tecnologia, que embora muitas vezes entendido como distantes, na realidade seguem interlaçados, gerando consequências um no caminho do outro. Espera-se, também, apontar soluções ou apresentar opções favoráveis ao desenvolvimento da sociedade, sempre com incentivo à inovação e à aplicação da tecnologia, além de poder contribuir para a pesquisa, para o debate e para a necessária e cada vez mais onipresente interconexão entre Direito e tecnologia.

Com isso, será imprescindível a reflexão quanto à atual estrutura regulatória que vem sendo construída para aplicação da inteligência artificial, principalmente pela UE e, mesmo que mais timidamente, também no Brasil, como veremos na composição do texto.

A importância do presente estudo se apresenta, também, em poder auxiliar a interpretação de diversas formas de aplicação da tecnologia pelo Direito Comercial, de maneira a tentar possibilitar a aplicação de melhores políticas de desenvolvimento comercial, tecnológico e social.

Outra relevante consideração remete à extrema velocidade com que as transformações tecnológicas têm se desenvolvido. Após a Segunda Grande Guerra, principalmente, é notável a grande transformação tecnológica ocorrida mundialmente, que impactou o sistema financeiro, modificou a velocidade da geração e transmissão de informação, a capacidade de armazenamento da informação, alterou os meios e formas de comunicação, resultando em novas maneiras de interações pessoais, seja ao possibilitar o acesso a pessoas em qualquer continente do mundo, seja ao criar o relacionamento virtual por meio das redes sociais.

Nessa realidade de veloz transformação tecnológica, o estudo de como a tecnologia afeta o Direito torna-se pujante, relevante e necessário. Dada a realidade tecnológica global, em que o Direito Comercial é instado a se posicionar frente às mudanças radicais de comportamento econômico, momento mais oportuno não há para o desenvolvimento do aludido estudo.

Feita essa pequena explanação, trataremos a seguir da estrutura e organização do texto. Assim, para melhor estruturação lógica e didática do texto, no

início serão abordadas as questões técnicas e definições, a fim de didaticamente contemporizar o leitor quanto à tecnologia e demonstrar os desafios para definição do conceito de inteligência artificial; desenvolver-se-ão as discussões a respeito dos conceitos da inteligência artificial, passando pela sua historicidade, que remonta à década de 1950. Nesse capítulo, serão apresentadas as dificuldades da definição técnica de inteligência artificial, o que se buscou no início do desenvolvimento dessa prática, o que se desenvolveu até hoje e quais algumas das suas aplicações atualmente.

O Direito Comercial também já identificou a necessidade de estudos aprofundados para os casos de aplicação da inteligência artificial, e essas análises jurídicas serão colocadas, para fundamentar o pensamento crítico a respeito dessa tecnologia.

Considerado o conteúdo do capítulo anterior, o capítulo segundo apresentará a maneira que o Direito (na Europa, principalmente) tem tratado os desafios apresentados em razão da inteligência artificial, e quais os motivos que, cada vez mais, têm fundamentado o caminho da regulamentação.

Nesse contexto, será estudado o posicionamento europeu a respeito das hipóteses de aplicação da inteligência artificial divulgado por meio do *White Paper* a respeito da matéria e como se busca que o Direito Comercial seja o condutor e limitador para a aplicação prática.

Após essa análise do primeiro documento europeu, estudaremos com profundidade o atual projeto para regulação de inteligência artificial da União Europeia, o *Artificial Intelligence Act* (“*AI Act*”), publicado em abril de 2021 e que, mesmo sendo ainda um projeto regulatório, já nasce com a ousada tarefa de se tornar a referência regulatória para IA no mundo (o que, até o momento da publicação do presente trabalho, parece ter logrado êxito).

Apresentadas essas duas importantes referências para a regulação da inteligência artificial, analisaremos brevemente a Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial, bem como o projeto de lei que transita no Senado Federal brasileiro, a fim de entender, comparar e poder apresentar um posicionamento a respeito, considerado o panorama internacional já desenvolvido.

Como pano de fundo, desenvolveremos como o Direito Comercial se relaciona normalmente com a inovação e quão relevante posição é destacada ao Direito como incentivador do desenvolvimento tecnológico. Para isso, será analisada a realidade

da regulação para inteligência artificial mediante as bases críticas da função do Direito Comercial desenvolvidas pela professora Paula A. Forgioni e pelo professor Calixto Salomão, por meio das quais o Direito Comercial deverá tomar as rédeas do descobrimento e incentivar ou coibir determinados comportamentos, em vez de simplesmente reagir às novas realidades.

Com esses conceitos em pauta, será analisada o relevante papel da regulação para restringir ou incentivar determinados comportamentos, conforme maléficis ou benéficos para a sociedade como um todo, e não apenas a uma pequena minoria de beneficiários.

O Mercado de Capitais já convive há um tempo com robôs (*software*) que atuam em operações no mercado, realizam operações financeiras, indicam o momento de compra ou venda para determinados ativos, e essa realidade demandou e demanda o acompanhamento muito próximo das comissões de valores mobiliários para cada uma dessas novas tecnologias, como são aplicadas e quais os efeitos esperados e alcançados por elas.

Por exemplo, as atividades de *high frequency trading* (“HFT”) serão analisadas de maneira pormenorizada, a fim de esclarecer o seu funcionamento, entender quando tem sido praticada, se há riscos envolvidos e se o mercado tende a se beneficiar com essa técnica, ou se o melhor caminho para o regulador é buscar extingui-la a todo custo. Como se trata de um estudo não usual para o Direito e, no entanto, com consequências bastante sensíveis ao universo jurídico, um capítulo inteiro será dedicado a esse tema, super-relevante ao trabalho como um todo.

Apesar de não ser matéria diretamente tratada, inevitavelmente passaremos por alguns assuntos marginais, como a necessária responsabilização multidisciplinar pelas atividades desenvolvidas por algoritmos, por exemplo.

Definidos os conceitos da tecnologia objeto de estudo, tendo sido apresentado como o Direito Comercial, no Brasil e internacionalmente, tem se posicionado a respeito e o protagonismo que o Direito Comercial precisará desempenhar na definição de suas aplicações, os desafios éticos relacionados à inteligência artificial serão também desenvolvidos marginalmente no decorrer do trabalho, de forma a sempre delinear os caminhos a serem seguidos nessa área de conhecimento tão inovadora e disruptiva.

Apesar de sucintamente e de forma transversal, serão tratados alguns dos aspectos sociais e sociológicos da utilização da inteligência artificial, bem como das

justificativas para o Direito Comercial definir limites para sua aplicação e, se há limites, quais princípios devem norteá-los (como será demonstrado no transcorrer do texto, principalmente ao se tratar das propostas para regulação europeias e, mesmo que com menos ênfase, brasileiras também).

Com isso, a análise do viés (*racial bias*, por exemplo), reconhecimento facial, os princípios a serem considerados ao se contrapor privacidade e saúde pública (como se identificou, por exemplo, durante a pandemia causada pelo COVID-19), e o possível impacto da aplicação da inteligência artificial, considerando os atuais cenários de proteção aos dados pessoais e da importância da defesa dos direitos fundamentais e da democracia, a fim de que seja possível demonstrar como os fundamentos jurídicos são relevantes para a aplicação da inteligência artificial.

Nesse contexto, as principais leis gerais de proteção de dados (*General Data Protection Regulation* – GDPR e Lei Geral de Proteção de Dados brasileira – LGPD, por exemplo) têm fundamental relevância e seus princípios devem ser defendidos, principalmente ao se considerar a realidade da aplicação de inteligência artificial cada vez em mais segmentos da atividade econômica e de forma mais disseminada.

A abordagem deste trabalho, portanto, será focada na realidade global, vez que a tecnologia da informação é aplicada universalmente, de forma cada vez mais globalizada. E sempre que possível, será analisada em razão da realidade da sociedade e do sistema jurídico brasileiros, no intuito de que a pesquisa, ao seu final, tenha a capacidade de gerar frutos e benefícios à sociedade brasileira.

Ao final, portanto, conclui-se o trabalho com uma visão realista da maneira como a inteligência artificial vem sendo aplicada (e será ainda mais) e como o mercado de capitais tem buscado endereçar as principais preocupações inerentes a essa nova tecnologia. Espera-se poder transmitir o senso de que a inteligência artificial não é algo necessariamente prejudicial à sociedade e ao mercado de capitais. Ao contrário, se observados os parâmetros definidos na regulação (que está sendo construída), como respeito aos direitos fundamentais, à privacidade de dados pessoais, à defesa à democracia e supressão de quaisquer formas de vieses, a inteligência artificial tem o potencial de aumentar a capacidade humana de análise de dados e, conseqüentemente, de seu progresso, desde que seja desenvolvida e aplicada para o bem.

Essas e possíveis outras consequências serão abordadas neste trabalho, que não tem como intuito a apresentação de uma solução definitiva ou de encaminhamento absoluto das questões referentes à inteligência artificial, mas ao contrário, tem o objetivo de estimular os leitores a navegar por esses novos assuntos que, muitas vezes, parecem velejar em diferentes mares daqueles com que o Direito está acostumado. E, como ficará claro no transcorrer do texto, as matérias relacionadas à inovação, tecnologia e inteligência artificial estão intimamente ligadas ao Direito como um todo, e, neste trabalho, veremos suas relações com o Direito Comercial.

Mas além disso, o intuito é conscientizar o leitor a respeito da realidade acerca da utilização dessa tecnologia no mercado de capitais, suas consequências e riscos envolvidos, para que esteja familiarizado com esses conceitos, tenha condição de aplicá-los na prática e pensar criticamente a respeito do tema. Assim, o potencial de ampliação do desenvolvimento humano a ser gerado pela inteligência artificial poderá ser atingido pela sociedade como um todo, e não apenas conduzido por uma minoria privilegiada detentora do conhecimento para as aplicações dessa tecnologia.

1 Definição de IA e tradução de seus conceitos ao campo do Direito Comercial

1.1 Conceito de Inteligência Artificial

Apesar da utilização do termo “inteligência artificial” (IA) ter ganhado bastante relevância nos últimos anos, principalmente na imprensa e no público em geral, o conceito de inteligência artificial não é novo, pelo contrário, desde a década de 50 do século XX, os especialistas em tecnologia da informação já trabalhavam sob o tema e emitiam opiniões e previsões bastante otimistas (senão utópicas, principalmente no seu início).

O termo foi cunhado por McCarthy e adotado pelo grupo de estudantes que participaram do seminário em *Dartmouth College*, no verão de 1956. Como mencionado no livro *Inteligência Artificial* de Stuart Russell e Peter Norvig, talvez a denominação “racionalidade computacional” fosse mais adequada, mas IA foi o nome definitivamente adotado.

Durante os primeiros anos de pesquisa e trabalho, foram emitidas diversas previsões exageradamente otimistas, de que o avanço tecnológico, por meio da inteligência artificial, resolveria grandes problemas, a ponto de superar a capacidade humana de solucionar o desconhecido em pouco tempo. Porém, essas previsões não se confirmaram no futuro. Ou, ao menos, não no futuro tão breve quanto o previsto inicialmente. Isso não significa, todavia, que a inteligência artificial não seja relevante. Muito pelo contrário. Mas é curioso salientar que diversas previsões foram frustradas no decorrer das décadas.

É interessante mencionar que, inclusive, durante os anos de 1970 e 1980, as pesquisas em inteligência artificial foram praticamente inexistentes; em consequência da não concretização de várias previsões iniciais, muitos pesquisadores perderam o interesse em estudar essa área, que passou a ser considerada, por muitos, como uma utopia apenas, algo intangível, um assunto que na teoria pareceu brilhante, mas cuja prática não se mostrou tão vibrante assim.

Tanto isso é verdade que o famoso teste de Turing, criado em 1950 (explicado à frente) para se estabelecer o que é a inteligência artificial, somente foi alcançado

em 2014⁶. Aqui já se percebe, portanto, uma das grandes dificuldades em se conceituar inteligência artificial.

É notório que não há consenso quanto à definição de inteligência artificial. Mesmo assim, é relevante apresentar os principais conceitos dispostos na literatura.

Assim, Elaine Rich, em sua obra denominada *Inteligência Artificial*, reconhece a dificuldade e importância de se buscar uma definição, mesmo que não seja universal:

Embora a maioria das tentativas para definir com precisão termos complexos e de utilização ampla seja exercício de futilidade, é necessário delinear pelo menos uma fronteira aproximada em torno do conceito para que se tenha uma ideia sobre a discussão que se seguirá. Para fazer isto, propomos a seguinte definição, embora não seja ela universalmente aceita. A Inteligência Artificial (I.A.) é o estudo de como fazer os computadores realizarem tarefas em que, no momento, as pessoas são melhores.⁷

Embora tenha sido escrito em 1988, essa definição ainda é atual. A autora, inclusive, explica a definição acima ao tratar exatamente da questão da dificuldade em se realizar na prática o que se previu no início para a inteligência artificial (como mencionado anteriormente):

É claro que esta definição é um tanto efêmera devido ao estado atual da arte da ciência da computação. Entretanto, como será observado nas discussões do restante do livro, a taxa em que o significado desta definição poderia mudar não é nem de perto tão grande quanto se poderia pensar. Na verdade, o lento progresso no tocante a computadores que pudessem realizar as tarefas “difíceis” melhor do que as pessoas foi um dos primeiros resultados a sair da I.A. experimental. Nos primeiros dias do setor (cerca de 1960), os especialistas previram um progresso muito mais rápido do que de fato vem ocorrendo. Assim, esta definição, pelo menos nos próximos anos, deve fornecer um bom contorno do que constitui a inteligência artificial, evitando as questões filosóficas que dominam as tentativas de definir o significado tanto de *inteligência* quanto de *artificial*.⁸

⁶ O teste de Turing foi alcançado em 2014 pelo programa denominado Eugene Goostman durante o concurso do Teste de Turing de 2014, ocorrido na Royal Society, em Londres. Vide: UNIVERSITY OF READING. Turing Test Success Marks Milestone In Computing History. Publicado em 08/06/2014. Disponível em: <http://www.reading.ac.uk/news-archive/press-releases/pr583836.html>. Acesso em: 17 fev. 2022.

⁷ RICH, Elaine. *Inteligência Artificial*. São Paulo: McGraw-Hill, 1988. p. 1.

⁸ RICH, Elaine. Obra citada, p. 1.

Ressalte-se que o texto acima data de 1988 e, apesar da inteligência artificial ter se desenvolvido muito desde essa época e já poder ser aplicada em diversos ambientes complexos, ainda é possível afirmar, com tranquilidade, que as projeções para a inteligência artificial não foram cumpridas integralmente.

Alguns dos primeiros problemas estudados em IA foram jogos e provas de teoremas. Isso porque embora as pessoas que fossem boas nos jogos ou resolução de teoremas fossem consideradas inteligentes, imaginava-se que os computadores poderiam ser melhores simplesmente pela capacidade de analisar rapidamente uma grande quantidade de possibilidades de solução e, portanto, tomar o caminho mais adequado. Em tese, o processo exigia pouco conhecimento, podendo, assim, ser facilmente programado. Mas essa suposição se comprovou falsa: por mais impressionante que possa soar, não há computador no mundo rápido o suficiente para superar a explosão combinatória gerada por tipo de problema.⁹

Outros dois autores notoriamente reconhecidos na área de tecnologia da informação são Stuart Russell e Peter Norvig, que em sua obra *Inteligência Artificial* também reconhecem o desafio de definir IA. Em suas palavras introdutórias do livro:

Denominamos nossa espécie Homo sapiens – homem sábio – porque nossas capacidades mentais são muito importantes para nós. Durante milhares de anos, procuramos entender como pensamos; isto é, como um mero punhado de matéria pode perceber, compreender, prever e manipular um mundo muito maior e mais complicado que ela própria. O campo da inteligência artificial, ou IA, vai ainda mais além: ele tenta não apenas compreender, mas também construir entidades inteligentes.¹⁰

Apesar de não ser o foco principal do presente trabalho, em linhas gerais vamos apresentar as principais definições de inteligência artificial selecionadas pelos autores, que as dividiram em quatro sistemas: (i) sistemas de inteligência artificial que pensam como seres humanos, (ii) sistemas que pensam racionalmente¹¹, (iii) sistemas que atuam como seres humanos, e (iv) sistemas que atuam racionalmente.

Para o primeiro sistema, Haugeland (1985) e Bellman (1978), respectivamente definem IA:

⁹ RICH, Elaine. Obra citada, p. 1.

¹⁰ RUSSEL, Stuart J. NORVIG, Peter. *Inteligência Artificial*. 8. reimpressão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. p. 3.

¹¹ Racionalidade é definida como um conceito ideal de inteligência. Um sistema é racional “se faz tudo certo”, com os dados que tem. É diferente do conceito de desempenho da inteligência humana.

O novo e interessante esforço para fazer os computadores pensarem... máquinas com mentes, no sentido total e literal.

[Automatização de] atividades que associamos ao pensamento humano, atividades como a tomada de decisões, a resolução de problemas, o aprendizado...¹²

Já os sistemas que pensam racionalmente são definidos por Charniak e McDermott (1985) e por Winston (1992) como:

O estudo das faculdades mentais pelo uso de modelos computacionais.

O estudo das computações que tornam possível perceber, raciocinar e agir.¹³

Sistemas que atuam como seres humanos foram definidos por Kurzweil, em 1990:

A arte de criar máquinas que executam funções que exigem inteligência quando executadas por pessoas.¹⁴

E, por fim, o quarto sistema, que trata da atuação racional, foi definida por Poole *et al.* (1998):

A Inteligência Computacional é o estudo do projeto de agentes inteligentes.¹⁵

Apesar de abordarem aspectos diferentes, os quatro sistemas têm sido estudados e, como se pode imaginar, há uma certa rivalidade entre as abordagens centradas no ser humano e aquelas focadas em torno da racionalidade. Como Russel e Norvig afirmam¹⁶, no decorrer dos estudos, cada grupo ao mesmo tempo tem ajudado e desacreditado o outro.

¹² RUSSEL, Stuart J. NORVIG, Peter. *Inteligência Artificial*. 8. reimpressão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. p. 5.

¹³ RUSSEL, Stuart J. NORVIG, Peter. Obra citada, p. 5.

¹⁴ RUSSEL, Stuart J. NORVIG, Peter. Obra citada, p. 5.

¹⁵ RUSSEL, Stuart J. NORVIG, Peter. Obra citada, p. 5.

¹⁶ RUSSEL, Stuart J. NORVIG, Peter. Obra citada, p. 5.

Nesse contexto, para que seja possível sistematizar os estudos e avanços obtidos, uma abordagem centrada nos seres humanos deve ser uma ciência empírica, de maneira a envolver hipóteses e eventual confirmação experimental. Já uma abordagem racionalista, por outro lado, envolve uma combinação de matemática e engenharia.¹⁷

1.1.1 Teste de Turing: agir de forma humana

Como resta claro, a dificuldade em conceituar Inteligência Artificial gerou diversos debates, mas não necessariamente levou ao aprimoramento ou a avanços nessa área. Por isso, um antigo, mas famoso teste sugerido por Alan Turing, permanece relevante (mesmo que teleologicamente) até os dias atuais. Vamos, portanto, brevemente descrevê-lo.

Alan Turing, já em 1950, propôs um teste prático, objetivo, e de fácil aplicação, a fim de definir se uma máquina realmente possui inteligência, se realmente pode ser considerada como uma máquina que simula de maneira verídica o comportamento humano. Como mencionado, esse teste até hoje é realizado e, inclusive, há uma premiação anual para o programa computacional que obtiver o maior sucesso quando avaliado pelo Teste de Turing¹⁸.

Em vez de estabelecer complexas regras ou fórmulas, o Teste de Turing é simples e objetivo na busca do seu alvo: a ideia está baseada na impossibilidade de se distinguir o comportamento de uma máquina e o de um ser humano (entidade inegavelmente inteligente).

Para ser “aprovado” no teste, um “juiz” humano deverá fazer perguntas por escrito e receber as respostas de uma máquina e de um outro ser humano. O computador passará no teste se o juiz não conseguir identificar claramente se as respostas por escrito vêm do ser humano ou do computador.

Aparentemente esse teste é bastante simples e, em razão dos grandes avanços tecnológicos que temos presenciado, é possível presumir que é fácil programar um computador para passar nesse teste. No entanto, essa tarefa exige

¹⁷ RUSSEL, Stuart J. NORVIG, Peter. Obra citada, p. 4.

¹⁸ Até o ano de 2020 foi realizado anualmente o “Loebner Prize”, que premiava o programa que apresentasse a melhor *performance* no Teste de Turing.

muito trabalho (e até hoje não foi cumprida perfeitamente). Russel¹⁹ explica que, no mínimo, uma máquina precisa ter as seguintes capacidades para ser aprovada no teste de Turing:

- **Processamento de linguagem natural:** de maneira a permitir que o computador tenha sucesso em se comunicar em um idioma naturalmente;
- **Representação de conhecimento:** para que seja possível armazenar tudo o que sabe e recebe (“ouvindo”, por exemplo);
- **Raciocínio automatizado:** é necessário saber relacionar as informações recebidas e armazenadas com a finalidade de responder à pergunta colocada;
- **Aprendizado de máquinas:** deve ter a capacidade de se adaptar em novas situações, e poder para detectar e superar padrões previamente estabelecidos.

Apesar de existir um teste completo de Turing, em que é necessária a interação física entre computador e ser humano (o que exigirá outras habilidades da máquina, como **visão de computador**, para perceber objetos e o ambiente e **robótica**, para ter condições de se movimentar e manipular os objetos), o teste de Turing exclui propositalmente a interação física, já que, como é de se esperar, para confirmar a inteligência do computador não há necessidade de simulação física com seres humanos²⁰.

Turing realmente é bastante valorizado pela criação do teste que permanece relevante para essa área após mais de cinquenta anos, e essas características (ou disciplinas destacadas acima) compõem basicamente a maior parte das pesquisas desenvolvidas no decorrer do tempo em inteligência artificial.

Mesmo assim, a realidade é que os pesquisadores não têm dedicado muitos esforços para superar o teste de Turing, já que normalmente os esforços de pesquisa estão mais voltados para os princípios básicos da inteligência do que à busca por reproduzir exemplares capazes de serem aprovados no teste²¹. Nesse contexto, é interessante a analogia ocorrida no processo de desenvolvimento da aviação: Santos Dumont e outros pesquisadores obtiveram sucesso com o “vôo artificial” quando deixaram de tentar imitar pássaros e passaram a estudar aerodinâmica. Os livros de

¹⁹ RUSSEL, Stuart J. NORVIG, Peter. Obra citada, p. 4.

²⁰ RUSSEL, Stuart J. NORVIG, Peter. Obra citada, p. 4.

²¹ Apesar disso, como mencionado na nota 18, há um prêmio anual para o programa que mais se aproxima do esperado para aprovação no Teste de Turing.

engenharia aerodinâmica não definem como objetivos de seus campos de estudo criar “máquinas que voem exatamente como pombos a ponto de enganar até mesmo outros pombos”.²²

Apesar de não ser o objetivo principal do presente estudo, vamos descrever objetivamente algumas áreas de conhecimento e estudo que influenciaram e influenciam os estudos e desenvolvimento da IA.

1.1.2 Modelagem cognitiva: pensando de forma humana

Para que seja possível determinar se um programa “pensa” como um ser humano, primeiramente é preciso definir como os seres humanos pensam. Para que isso aconteça, há dois caminhos: por meio da introspecção, buscando identificar os próprios pensamentos à medida que se desenvolvem, e por meio de experimentos psicológicos. Definido esse conceito, com uma teoria bastante desenvolvida e precisa, será possível programá-la em um computador. Portanto, se os comandos de entrada e saída do programa corresponderem ao comportamento esperado de um ser humano, seguindo os caminhos do pensamento humano, então “isso será a evidência de que alguns dos mecanismos do programa também poderiam estar operando nos seres humanos”²³. Em 1961, Allen Newell e Herbert Simon desenvolveram o “*General Problem Solver*” (“GPS”) e não se contentaram com seu programa resolvendo os problemas de maneira correta, o que eles buscavam era comparar os passos das etapas do raciocínio aos passos de um ser humano resolvendo o problema.

Essa área do conhecimento denomina-se como ciência cognitiva, e pode ser definida como o campo interdisciplinar entre modelos computacionais de IA e experimentos de psicologia, com o intuito de tentar construir teorias precisas e comprováveis a respeito dos processos de funcionamento do raciocínio humano. É curioso notar que os dois campos de pesquisa, apesar de independentes, têm se ajudado bastante no desenvolvimento conjunto, principalmente nas áreas de visão e linguagem natural, o que é bastante relevante para algumas áreas de desenvolvimento da IA.

1.1.3 “Leis do pensamento”: pensamento racional

²² RUSSEL, Stuart J. NORVIG, Peter. Obra citada, p. 5.

²³ RUSSEL, Stuart J. NORVIG, Peter. Obra citada, p. 5.

Aristóteles é reconhecidamente um dos primeiros a tentar construir o “pensamento correto”, ou seja, processos de raciocínio irrefutáveis. Esse processo é construído por meio dos famosos silogismos, que definem uma única conclusão correta, considerando as premissas previamente apresentadas. Esse foi reconhecidamente o início dos estudos da lógica pelos seres humanos.

É incrível notar que essas notações lógicas foram responsáveis pelo desenvolvimento de diversos programas computacionais e que, por volta de 1965, já existiam programas que poderiam, em tese, resolver qualquer problema solucionável descrito em notação lógica (vale a observação de que se não existisse solução, o programa poderia nunca deixar de procurar por uma, o que muitas vezes se verificou na prática). No campo da IA, a “tradição logicista” é a responsável por desenvolver programas para criar sistemas inteligentes, seguindo os conceitos comentados acima.

Para o estudo dessa abordagem, há dois principais desafios: (i) não é simples traduzir o conhecimento informal em termos necessários pela notação lógica, ainda mais quando o conhecimento não é integralmente correto; e (ii) existe uma grande diferença entre ter condições de, em tese, resolver um problema e efetivamente resolver esse problema. Como mencionado anteriormente, situações com apenas algumas dezenas de fatos podem consumir a capacidade computacional de um ótimo computador, a menos que ele tenha orientações das etapas de raciocínio que devem ser tratadas em primeiro lugar. Ou seja, a capacidade computacional passa a ser um grande limitante, dado que a máquina precisa percorrer todas, exatamente todas as possibilidades existentes (e, se não existir solução, a máquina tenderá a permanecer tentando infinitamente).

1.1.4 Ação racional: o agente racional

Para este subtema, desde o início é importante definir agente como aquele que age. Um agente computacional, todavia, deve realizar mais do que simplesmente agir; espera-se que ele opere sob controle autônomo, tenha condições de perceber seu ambiente, persista em determinada tarefa por um período longo, tenha capacidade de se adaptar às mudanças e seja capaz de assumir metas de outros agentes. Com isso, um agente racional é aquele que age para buscar o melhor resultado possível ou, ao menos, o melhor resultado esperado.

“Todas as habilidades necessárias à realização do teste de Turing existem para permitir ações racionais”²⁴. Como dissemos, é preciso de habilidade para representar o conhecimento armazenado e raciocinar com ele, se é desejada a possibilidade de tomar boas decisões no maior número de situações possível. A capacidade de organizar sentenças inteligíveis em linguagem natural é necessária para interagir com o mundo exterior, compartilhar o conhecimento armazenado e participar de uma sociedade complexa. A percepção visual não é algo apenas interessante, ela permite a verificação do mundo e as consequências no mundo em função das nossas ações. Aprender não é apenas uma questão de erudição, “porque ter uma ideia melhor de como o mundo funciona nos permite gerar estratégias mais efetivas para lidar com ele.”²⁵

Por todas essas razões o estudo da IA como a abordagem de um agente racional tem pelo menos duas vantagens em relação às demais tratadas anteriormente: (i) em primeiro lugar, porque é mais amplo que as “leis do pensamento”, já que a inferência correta é apenas uma parte dentre vários mecanismos para se atingir a racionalidade (a inferência correta deve ser alcançada para se atingir as metas pretendidas, depois disso, deve ocorrer o agir para concretizar a realização da ação); (ii) em segundo lugar, essa abordagem torna o desenvolvimento científico mais acessível, “porque o padrão de racionalidade é definido com clareza e é completamente geral.”²⁶

Portanto, normalmente o estudo da IA tende a se concentrar nos princípios gerais de agentes racionais e nos principais componentes necessários para construí-los.

1.1.5 Conceituação para os fins deste trabalho

Após essa breve introdução a respeito dos conceitos e principais questões envolvidas nessa área do conhecimento, fica claro que diversas disciplinas contribuíram e contribuem para o desenvolvimento da IA, seja por meio de ideias, considerações, técnicas ou pensamentos; entre essas disciplinas, deve-se considerar incondicionalmente a filosofia, a matemática, a economia, a neurociência, a

²⁴ RUSSEL, Stuart J. NORVIG, Peter. Obra citada, p. 7.

²⁵ RUSSEL, Stuart J. NORVIG, Peter. Obra citada, p. 7.

²⁶ RUSSEL, Stuart J. NORVIG, Peter. Obra citada, p. 7.

psicologia, a engenharia de computadores, a teoria de controle e cibernética e a linguística. Cada uma dessas áreas tem uma contribuição sensível e relevante na forma como enxergamos e estudamos a IA.

Passadas essas primeiras abordagens de como se estuda a IA, quais os métodos que efetivamente têm sido desenvolvidos, quais disciplinas influenciaram o seu desenvolvimento, já tendo conhecimento de um pouco de sua história, e das dificuldades em se apresentar uma definição clara e correta para IA, apresentamos a seguir o conceito que será utilizado para os fins deste trabalho. Durante esta pesquisa, sempre que os conceitos de IA ou *Machine Learning* (“ML”) forem mencionados, estaremos nos baseando nessa definição.

Apesar dessa necessária conceituação, desde já, refutamos a pretensão de apresentar uma consolidada interpretação ao termo IA, visto que diversos mestres já buscaram essa tarefa e concluíram, humildemente, que não há como fazê-lo de maneira universal (ao menos, até o momento da tecnologia).

Assim, para fins deste trabalho, utilizaremos o conceito apresentado pela Comissão Europeia, em seu projeto de regulação da IA (“*Artificial Intelligence Act*”) que, mesmo ainda não estando em vigor, apresenta uma definição bastante útil para os sistemas de IA, e que atende às necessidades deste trabalho. Dessa forma, consideraremos que um sistema de inteligência artificial (ou apenas IA), trata-se

[...] de um programa (software) desenvolvido com uma ou várias das técnicas e abordagens enumeradas no Anexo I, capaz de, tendo em vista um determinado conjunto de objetivos definidos por seres humanos, criar resultados, tais como conteúdos, previsões, recomendações ou decisões, que influenciam os ambientes com os quais interage.²⁷

Portanto, por meio das técnicas e abordagens de desenvolvimento e programação atualmente conhecidas (elencadas no Anexo I do *AI Act*), os *softwares* que possuem capacidade para analisar dados (estruturados ou não) e gerar resultados, conteúdos, previsões, recomendações ou decisões deverão ser encarados como aplicações de IA, ao menos para os fins deste trabalho.

²⁷ COMISSÃO EUROPEIA. *Artificial Intelligence Act*, artigo 3 (1). Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0206&from=EN>. Acesso em: 17 fev. 2022.

2 Como a Inteligência Artificial tem sido tratada pelo Direito

2.1 *White Paper* publicado pela Comissão Europeia em 2020

A União Europeia (UE) solidificou o padrão global para o tratamento de dados pessoais, o que foi claramente consolidado com a promulgação da GDPR (*General Data Privacy Regulation*), que passou a ser uma referência em critérios para proteção de dados pessoais ao redor do mundo. Mesmo não sendo a primeira legislação a respeito, e tendo a UE já estabelecido diversas diretrizes de proteção de dados anteriormente²⁸, a promulgação da GDPR consolidou definitivamente o padrão global e muitas nações passaram a buscar uma regulação adequada para proteção de dados pessoais apenas a partir da entrada em vigor da GDPR.

O mesmo espírito de vanguarda experimentado pela UE quanto à proteção de dados pessoais parece inspirá-la para buscar a melhor maneira de enfrentar os desafios trazidos com a “popularização” da inteligência artificial. No intuito de buscar o melhor pensamento e a melhor abordagem para essa nova realidade, a UE, por meio da Comissão Europeia, emitiu durante o ano de 2020 um *White Paper* para tratar dos aspectos e desafios da IA, de maneira a fomentar os países membros a se instrumentalizarem para as mudanças, e por entender que muitas atuais legislações não comportam adequadamente os alcances da IA.

A provocação ocorre, no entanto, para estimular o desenvolvimento tecnológico e a inovação trazidos pela IA, sem permitir que as fronteiras do Direito (principalmente direitos fundamentais) sejam superadas ou suprimidas.

Uma das preocupações em relação à IA apontada pela Comissão Europeia é a confiabilidade na tecnologia, visto que as pessoas, para que tenham interesse e condições de se beneficiar dela, precisam, antes de tudo, ter confiança. E essa é uma oportunidade para o continente, dados os seus valores e a defesa do Estado de Direito, de se posicionar para estudar, entender e se preparar para a IA. O reconhecimento de que o futuro, o crescimento econômico e o bem-estar social serão moldados pelos valores extraídos dos dados disponibilizados é a base dessa preparação europeia.

²⁸ Como a Diretriz de Proteção de Dados, oficialmente denominada Diretiva 95/46/EC, promulgada em outubro de 1995.

E como veremos mais adiante no trabalho, após a publicação do *White Paper* objeto da nossa análise neste subcapítulo, a UE já deu o próximo passo e publicou o projeto de lei para a inteligência artificial na União Europeia (“*AI Act*”), que consolida grandes aspectos tratados no *White Paper*. Por isso a importância, também, do estudo desse instrumento.

Dessa maneira, e mesmo cientes das dificuldades práticas quanto à definição de um conceito para inteligência artificial, a Comissão Europeia parte do entendimento de que “a IA é um conjunto de tecnologias que combinam dados, algoritmos e capacidade computacional²⁹”, e se utiliza do conceito construído pelo Grupo de Peritos de Alto Nível, conforme mencionado no *White Paper*:

[...] os sistemas de inteligência artificial (IA) são sistemas de software (e eventualmente também de hardware) concebidos por seres humanos, que, tendo recebido um objetivo complexo, atuam na dimensão física ou digital percebendo o seu ambiente mediante a aquisição de dados, interpretando os dados estruturados ou não estruturados recolhidos, raciocinando sobre o conhecimento ou processando as informações resultantes desses dados e decidindo as melhores ações a adotar para atingir o objetivo estabelecido. Os sistemas de IA podem utilizar regras simbólicas ou aprender um modelo numérico, bem como adaptar o seu comportamento mediante uma análise do modo como o ambiente foi afetado pelas suas ações anteriores.³⁰

Observe que esse conceito é basicamente o mesmo utilizado para os fins da *IA Act*, analisado mais à frente.

Além disso, a Comissão complementa que “os progressos em computação e a cada vez maior disponibilidade de dados são, por conseguinte, os principais motores do atual impulso da IA.”³¹ Com isso, fica clara a compreensão europeia de que, em razão dos progressos tecnológicos e da disponibilização de dados cada vez maior, a IA será cada vez mais aplicada, difundida e essencial para o desenvolvimento econômico e social. Estabelecido esse cenário, a Europa tem condições de tomar providências para os desafios dessa nova realidade. Esse é um dos principais intuitos do *White Paper*.

²⁹ COMISSÃO EUROPEIA. *Livro Branco sobre a inteligência artificial: Uma abordagem europeia virada para a excelência e a confiança*. Bruxelas, 2020. Disponível em: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020_pt.pdf. Acesso em 10 set. 2021.

³⁰ COMISSÃO EUROPEIA. *Livro Branco...*, cit., p. 18.

³¹ COMISSÃO EUROPEIA. *Livro Branco...*, cit., p. 2.

Assim, por meio dessa publicação, a UE expressamente demonstra seu intuito de desenvolver um ecossistema de inteligência artificial que unifique os benefícios da tecnologia para que a economia e sociedades europeias, conjuntamente, tenham condições de que:

(a) seus cidadãos tenham novos e melhores benefícios providos pela tecnologia, como melhor saúde, sistemas de transportes mais integrados, eficientes e menos poluentes, eletrodomésticos com menor necessidade de manutenção, serviços públicos mais adequados;

(b) as empresas se desenvolvam nesse novo cenário, principalmente nas indústrias e serviços em que a Europa tem destaque, como na indústria de máquinas, transportes, agricultura, economia verde e circular, saúde, setores de valor agregado relevante, como turismo e moda; e

(c) os serviços públicos sejam aprimorados, de forma a torná-los mais eficientes, transparentes e com menor custo, como por exemplo nos transportes, energia, educação, além de desenvolver a sustentabilidade de produtos e proporcionar melhores instrumentos às autoridades para aplicação das leis e regulamentos, de forma a garantir a proteção dos cidadãos da comunidade europeia, por meio da defesa dos direitos dos consumidores, proteção de dados pessoais e, principalmente, respeito aos direitos fundamentais e liberdades individuais.

Em busca de apresentar opções políticas que permitam o desenvolvimento confiável e seguro da IA na Europa, observando integralmente seus valores e os direitos dos cidadãos, podemos indicar os seguintes dois elementos como os basilares na construção do mencionado *White Paper*:

(a) estabelecimento de um necessário quadro político que defina medidas destinadas a alinhar os esforços europeus, do ponto de vista regional e nacional, de maneira a desenvolver a necessária colaboração entre setores público e privado e conseguir mobilizar um “ecossistema de excelência” em toda a cadeia de produção, desde pesquisa e desenvolvimento, até incentivos para a adoção de soluções que utilizem IA, inclusive para pequenas e médias empresas;

(b) definição dos principais elementos de uma futura estrutura regulatória para IA na Europa a fim de ser possível a constituição de um único “ecossistema de confiança”. Para que seja possível, os valores da UE devem necessariamente ser respeitados, principalmente a garantia dos direitos fundamentais e dos direitos dos consumidores, sendo uma preocupação especial a utilização de IA em sistemas que

representem um alto risco (como será definido mais a frente, sendo essa construção consolidada no projeto do AI Act). Nesse cenário, há clareza e um firme posicionamento de que a abordagem deve ser centrada no ser humano, sempre se baseando na comunicação apresentada como meio de “aumentar a confiança numa inteligência artificial centrada no ser humano”.³²

Apenas no intuito de contextualizar a emissão desse documento, a UE busca se beneficiar da sua posição nos mercados industriais e profissionais, principalmente, para se valer do potencial da IA, não só como usuária, mas também como desenvolvedora e produtora da tecnologia.

Ao adotar esse comportamento, a UE posiciona-se também para aprimorar a sua capacitação de analisar dados em termos de aplicações para consumidores de plataformas de linhas, já que atualmente é reconhecida sua posição desfavorável nesse setor (que se tornará ainda mais relevante no futuro próximo, com a aplicação em maior volume da IA).

Assim, o plano para possibilitar a construção desse ecossistema de excelência europeu a fim de apoiar o desenvolvimento e utilização segura da IA deverá ser construído estruturalmente, em áreas e níveis bastante amplos, conforme se demonstra, de maneira resumida, a seguir:

(a) necessária cooperação entre os Estados-Membros: foram elaboradas propostas de até 70 (setenta) ações conjuntas para cooperação mais estreita e eficaz entre os Estados-Membros e a Comissão, como a investigação, investimentos, entrada no mercado, competências, talentos, dados e cooperação internacional (o que, diga-se, é essencial para a eficácia da aplicabilidade do projeto);

(b) foco dos esforços da comunidade na pesquisa e inovação: é preciso construir interação e sinergia entre os centros de competência e principais instituições europeias, de forma a ter condições para competir no cenário global (principalmente contra Estados Unidos e China), e reter e atrair os melhores pesquisadores e desenvolvedores de tecnologia, especialmente focados em IA. Com isso, a UE espera atrair investimentos e a possibilidade de se tornar uma referência mundial em excelência em IA (um dos principais objetivos expressos em toda regulação ou documento emitido pela UE a respeito da IA);

³² COMISSÃO EUROPEIA. *Livro Branco...*, cit., p. 3.

(c) investimento em capacitação e conhecimento: desenvolvimento das habilidades e conhecimentos necessários pela população em geral para trabalhar e utilizar adequadamente a IA, e se adequar às transformações impulsionadas por ela. Uma das maneiras de se atingir esse objetivo é contribuir para uma melhor utilização dos dados e das tecnologias baseadas em IA, por meio de aprimoramento dos sistemas de ensino e formação, adequando-os à era digital;

(d) incentivo às pequenas e médias empresas: imprescindíveis esforços para que as empresas de pequeno e médio porte façam parte dessa transformação e sejam incentivadas a utilizar e ter acesso à IA, seja adaptando os seus processos ou inovando para a utilização da IA (interessante notar o intuito de trazer todos os agentes da economia para a nova realidade da IA);

(e) parceria com o setor privado: o setor privado deve estar alinhado e participar da definição dos planejamentos e agendas de pesquisa e inovação, a fim de ter condições (e interesse) de disponibilizar os investimentos necessários;

(f) incentivo ao setor público na adoção da IA: o setor público também terá papel relevante e ativo para que a utilização de produtos e serviços baseados em IA seja uma realidade (na condução, por exemplo, dos hospitais, serviços de transportes, serviços públicos, financeiros, administração pública em geral); com essa abordagem integrativa e sistêmica, o projeto para aplicação da IA na UE parece não ter escolha, senão tornar-se uma realidade;

(g) acesso seguro aos dados e infraestrutura: é fundamental aprimorar o acesso aos dados e à gestão de dados, pois sem dados não há IA e as principais aplicações da tecnologia perdem a eficácia e funcionalidade. Ao reconhecer esse desafio e ponto a ser aprimorado, a UE consegue focar nas questões problemáticas e endereçá-las (tornar prática a teoria);

(h) aspectos internacionais: a UE já se posicionou de forma a liderar globalmente a criação de alianças em torno de valores comuns e na divulgação da utilização da IA de forma ética, inclusive influenciando trabalhos internacionais e fundamentando posições de órgãos globais (os princípios éticos para IA divulgado pela OCDE³³, por exemplo).

³³ Conforme publicado pela ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO ("OCDE"). OECD AI Principles overview. Disponível em: <https://oecd.ai/en/ai-principles>. Acesso em 18 fev. 2022.

Apresentado o cenário europeu e seu planejamento para construção de um diferenciado ecossistema para IA, devemos entender os desafios que são apresentados conjuntamente com essa oportunidade: há grande receio quanto aos impactos na defesa de direitos fundamentais, segurança dos usuários, assimetria das informações, decisão estabelecida com base nos algoritmos e a insegurança jurídica gerada sempre que se caminha para a aplicação de novas tecnologias. Entre essas incertezas, não é errado mencionar a falta de confiança do usuário final como o fator essencial que impede a maior aceitação da IA.

A fim de endereçar essa real preocupação, a Comissão Europeia definiu a sua estratégia para IA de forma a incentivar o investimento em pesquisa, inovação e capacitação em IA em toda a Europa, e esse planejamento merece algumas das nossas páginas de estudos.

Antes, porém, de nos debruçarmos em cada um dos pilares identificados pela Comissão Europeia por meio do *White Paper* (e que, posteriormente, foram consolidados no *AI Act*), vale destacar que, embora alguns desses

[...] requisitos já estejam refletidos nos regimes jurídicos ou regulamentares em vigor, os requisitos relativos à transparência, à rastreabilidade e à supervisão humana não são especificamente abrangidos pela legislação em vigor em muitos setores econômicos.³⁴

Nessa realidade, sem dúvida que uma estrutura regulamentar europeia reforçaria a confiança das empresas e dos consumidores na IA, além de estabelecer um padrão para o continente e para o mundo e, em consequência, aumentar a aceitação, implantação e incremento da IA na prática. Esse foi um dos caminhos norteadores do projeto de regulação *AI Act*, a ser analisado mais à frente.

Sempre que se cogita tratar de regulamentação da IA (e possivelmente para demais inovações), há um real sentimento de receio em se inibir a real inovação por meio da regulamentação, em que pese a necessidade, muitas vezes real, de se estabelecerem controles, limites ou padrões. Essa incerteza quanto à regulação ou quanto à medida dessa regulação (até que ponto ela deve definir padrões) deve nortear qualquer regulador que trata de tecnologia, visto que a inovação e novas descobertas não podem ser tolhidas (ou não incentivadas) por medida regulamentar nenhuma. Essa balança, entre a regulação e o incentivo à inovação, deve ser

³⁴ COMISSÃO EUROPEIA. *Livro Branco...*, cit., p.11.

considerada e revista – se necessário –, mas deve existir, para que os dois conceitos se auxiliem conjuntamente e tenham como objetivo o equilíbrio satisfatório aos dois extremos dessa relação.

O *White Paper* publicado pela Comissão Europeia é sensível a essa preocupação ao entender que “o quadro regulamentar deve deixar espaço para fazer face a desenvolvimentos futuros. Quaisquer alterações devem ser limitadas a problemas claramente identificados para os quais existam soluções viáveis.”³⁵ E, dada a rápida evolução da IA, surgiu a necessidade de ser desenvolvido um quadro regulamentar único europeu, sob pena de a Europa se fragmentar em diversas regulações regionais. Nesse contexto, torna-se relevante a análise dos principais pilares ou requisitos para essa construção regulamentar do bloco europeu que, além de se preocupar com o incentivo às pesquisas e utilização da IA na Europa, também busca evitar as consequências negativas dessa nova tecnologia, como menciona o texto:

Embora a IA possa ter muitas utilizações positivas, nomeadamente tornando os produtos e os processos mais seguros, também pode ter utilizações negativas. Essas utilizações negativas podem ser materiais (segurança e saúde das pessoas, incluindo a perda da vida, danos materiais) e imateriais (perda de privacidade, limitações ao direito à liberdade de expressão, dignidade humana, discriminação, por exemplo, no acesso ao emprego) e podem estar relacionadas com uma grande variedade de riscos. O quadro regulamentar deverá incidir na forma de minimizar os vários riscos de potenciais danos, em especial os mais significativos.

Os principais riscos relacionados com a utilização da IA dizem respeito à aplicação de regras destinadas a proteger os direitos fundamentais (incluindo os dados pessoais e a proteção da privacidade e a não discriminação), bem como questões de segurança e de responsabilidade.³⁶

Fica claro, portanto, que desde a publicação do *White Paper* a Europa já reconhece o potencial da IA, inclusive em afetar valores europeus e em possível violação de direitos fundamentais, como direitos à liberdade de expressão, à liberdade de associação, à dignidade humana, à não discriminação em virtude do sexo, raça, etnia, religião ou crença, deficiência, idade ou orientação sexual, à proteção de dados pessoais e da vida privada, ao direito judicial recursal, juízo imparcial, bem como à

³⁵ COMISSÃO EUROPEIA. *Livro Branco...*, cit., p. 11.

³⁶ COMISSÃO EUROPEIA. *Livro Branco...*, cit., p. 11-12.

proteção aos consumidores (todos esses defendidos pelos valores europeus). Todos esses riscos podem ser potencializados por falhas em sistemas de IA, e ainda mais em casos de vieses ou distorções (por exemplo, um sistema construído ou treinado com dados aplicáveis a homens, porém que não sejam tão eficazes ou com resultados tão acurados quando aplicáveis às mulheres)³⁷.

A capacidade da IA em ler grande volume de dados possibilita o desempenho de muitas atividades que antes eram limitadas (pela restritiva capacidade cognitiva do ser humano). No entanto, o tratamento desses novos dados disponíveis, a maneira como essas aplicações podem ser realizadas e as possibilidades de intervenção humana nessas leituras podem efetivamente afetar direitos de liberdade de expressão, infringir a proteção dos dados pessoais e sensíveis, invadir a liberdade à privacidade e transgredir liberdades políticas.

Reconhecida essa realidade ambivalente, a Comissão Europeia definiu sete requisitos essenciais para a IA:

- iniciativa e controle efetivo por humanos;
- robustez e segurança;
- privacidade e análise de dados;
- transparência;
- diversidade, não discriminação e equidade;
- bem-estar social e ambiental; e
- responsabilização.

É relevante a definição desses requisitos essenciais, já que com essa estrutura foi possível o desenvolvimento da configuração regulamentar mais formal concebida

³⁷ Como os estudos citados no *Livro Branco/White Paper*, há possibilidade dos *softwares* gerarem (ou ampliarem) a discriminação racial e sexual, por exemplo: “Alguns algoritmos de IA, quando utilizados para prever a reincidência criminal, podem apresentar preconceitos sexistas ou raciais, demonstrando uma probabilidade de reincidência diferente entre mulheres e homens ou entre nacionais e estrangeiros. (TOLAN S., MIRON M., GOMEZ E., CASTILLO C. Why Machine Learning May Lead to Unfairness: Evidence from Risk Assessment for Juvenile Justice in Catalonia. Best Paper Award, International Conference on AI and Law, ICAIL '19, June 17–21, 2019, Montreal, QC, Canadá. Disponível em:

https://chato.cl/papers/miron_tolan_gomez_castillo_2019_machine_learning_risk_assessment_savry.pdf. Acesso em 17 fev. 2022).

Alguns programas de IA de reconhecimento facial apresentam preconceitos de natureza sexista e racial, apresentando poucos erros na determinação do gênero dos homens de pele mais clara, mas muitos erros na determinação do gênero de mulheres de pele mais escura. (BUOLAMWINI J., GEBRU T. Gender Shades: Intersectional Accuracy Disparities in Commercial Gender Classification. Proceedings of the 1st Conference on Fairness, Accountability and Transparency, PMLR 81:77-91, 2018. Disponível em: <https://proceedings.mlr.press/v81/buolamwini18a.html>. Acesso em: 18 fev. 2022).

pela Europa até o momento, o *IA Act*, a ser estudado como próximo tema. E dado o ecossistema de excelência para IA almejado (e que está sendo construído) pela UE, essa estruturação torna-se fundamental para o desdobramento ou próximo passo desse ecossistema de excelência, qual seja, a definição de algumas características essenciais para as aplicações de IA:

- dados dos testes
- conservação dos registros e dos dados;
- disponibilização de informações;
- robustez e exatidão;
- supervisão humana;
- requisitos específicos para determinadas aplicações de IA (riscos altos), tais como as utilizadas para fins de identificação biométrica à distância.³⁸

Não vamos tratar de cada um dessas características aqui, para não tornar o trabalho repetitivo, já que são endereçadas mais à frente neste trabalho, quando falarmos do *AI Act* e do posicionamento da IOSCO a respeito da IA. Por esse momento, basta listarmos essas características consolidadas pela Comissão Europeia.

A conclusão, portanto, de que a IA oferece possibilidade de muitos benefícios ao desenvolvimento econômico, social (tantos para as companhias quanto aos cidadãos) é uma realidade. E esses benefícios somente serão usufruídos se houver real aplicação e utilização da tecnologia pela sociedade (sem receios ou temores fictícios).

No entanto, também é notório o potencial de danos a serem causados pela IA. Por esse motivo, parâmetros como os requisitos essenciais apresentados pela Comissão Europeia são fundamentais para a construção dessa confiança e para agirem como fiadores dessa tecnologia. Desde que seja centrada no ser humano, utilizada com ética, desenvolvida com princípios sustentáveis e sempre com respeito aos direitos e valores fundamentais, a IA oferece relevantes possibilidades de ganho de eficiência e produtividade em praticamente todas as áreas em que puder ser aplicada, e tende a promover cada vez mais a capacidade de inovação em toda a economia, sendo esses os principais objetivos e defesas da Comissão Europeia ao publicar esse *White Paper*.

³⁸ COMISSÃO EUROPEIA. *Livro Branco...*, cit., p. 20.

2.2 Artificial Intelligence Act (“AI Act”), publicado pela Comissão Europeia em abril/2021

Em abril de 2021 a Comissão Europeia novamente deu um passo para determinar e constituir o marco legal de referência para a aplicação da inteligência artificial ao redor no mundo. Como já comentamos acima, a Europa busca ter um posicionamento destacado e criar uma legislação para referência global, da mesma maneira que já realizou com a legislação de proteção de dados.

No subcapítulo anterior tratamos do *White Paper* publicado em 2020 pela Comissão Europeia, que visou estabelecer os principais fundamentos para a utilização da IA na Europa, no intuito de incentivar o desenvolvimento, inovação e aplicação dessa tecnologia. No entanto, cientes dos grandes riscos envolvidos, a Comissão já apresentou parâmetros (ainda que amplos ou genéricos) para que sejam respeitados os fundamentos europeus, como respeito aos princípios democráticos, privacidade de dados, direitos fundamentais.

Em 2021, com um passo ainda mais importante nesse objetivo claro da União Europeia de se destacar na aplicação da IA, foi publicado na Europa a “Proposta para Regulação para o Parlamento Europeu e o Conselho baseada em regras harmonizadas para Inteligência Artificial” ou, resumidamente, *Artificial Intelligence Act* (“AI Act”) que, novamente e de maneira mais profunda, busca estabelecer com vanguarda os parâmetros europeus (com grande potencial de se tornarem novamente parâmetros globais) para desenvolvimento, inovação e aplicação da IA no continente, com a grande preocupação de, primordialmente, respeitar a democracia e os direitos fundamentais, como a privacidade e os dados pessoais dos cidadãos europeus.

Mesmo existindo uma discussão quanto à veracidade dessa declaração, o site da autoridade supervisora de proteção de dados europeu declara que o *AI Act* é “a primeira iniciativa global em estabelecer uma estrutura legal para inteligência artificial”. Independentemente da controvérsia, a União Europeia assume mais uma vez o protagonismo ao apresentar uma proposta de regulação para um tema inovador e complexo como a IA.

Apesar de ainda não ter *status* vinculativo, trata-se de uma proposta de regulação no bloco econômico, o que significa que os Estados Membros estarão vinculados ao seu texto final quando aprovado pelo Parlamento Europeu

(diferentemente de uma diretiva, que apresenta direcionamentos e objetivos que seus Estados Membros devem atingir, sem estabelecer como tais objetivos serão alcançados nacionalmente, ou quais leis serão promulgadas para seu cumprimento). Nesse contexto, o *AI Act* torna-se ainda mais relevante, ao “assegurar que o desenvolvimento da IA na UE seguirá padrões éticos, legalmente aceitáveis, socialmente equânimes e ecologicamente sustentável, com a visão de que a IA deve buscar desenvolver a economia, a sociedade e o meio ambiente”³⁹. E a UE novamente assume a dianteira e apresenta uma estrutura legal com grande potencial de influência global (como ocorreu com o GDPR alguns anos antes).

Logicamente, por ainda não representar o texto final (trata-se da proposta), haverá debates, novas sugestões de aprimoramento do texto (com inclusões, exclusões e alterações). Todavia, o texto é robusto e a UE positiva sua ambição de estruturar e criar a normativa referência para a aplicação da IA.

Para analisar essa estrutura legal, vale analisar as questões fundamentais e filosóficas que basearam a proposta. Senão, vejamos.

Além de se tratar de uma regulação, como já mencionado acima, o *AI Act* confere poderes aos indivíduos de maneira suficientemente clara, precisa e incondicional, de maneira a estabelecer que os cidadãos europeus ou pessoas jurídicas terão condições de, caso tenham seus direitos violados, buscar reparação perante o judiciário. E, igual ao GDPR, sua aplicação também será extraterritorial: o que significa que a territorialidade da regulação não mais se aplica automaticamente e pode ser até irrelevante, já que, nesse caso, o que importa é se o serviço ou sistema de IA gera algum tipo de consequência para os cidadãos europeus, sendo irrelevante de onde, física ou legalmente, a sociedade disponibiliza a solução com IA.

Essa abordagem extraterritorial unifica, também, todo o continente europeu em um único interlocutor, com um único conceito e aplicação, não apenas para as questões de proteção de dados (por meio do GDPR), mas agora para aplicações de IA. As sociedades provedoras de soluções com IA deverão tratar com a UE, e não individualmente com cada Estado-Membro, quando buscarem cumprir com a nova legislação (que será administrada pelo Comitê Europeu de Inteligência Artificial –

³⁹ FLORIDI, Luciano. The European legislation on AI: a brief analysis of its philosophical approach. *Philosophy and Technology* 34 (2):215–222. Disponível em: [em: https://philarchive.org/rec/FLOTEL-2](https://philarchive.org/rec/FLOTEL-2). Acesso em 20 fev. 2022.

EAI B, na sigla em inglês –, com intuito de auxiliar as autoridades nacionais e o poder legislativo europeu a manter a consistência nas aplicações de IA).

Da mesma maneira que se experimentou durante a adequação ao GDPR, as sociedades provedoras da IA não devem ignorar o mercado europeu, que representa 1/6 (um sexto) da economia global e, portanto, com certeza precisarão se adequar ao *AI Act*. Essa realidade deve gerar o denominado “efeito Bruxelas”, ou seja, as sociedades deverão refletir a adequação à legislação europeia em todas as suas aplicações de IA ao redor do globo, mesmo quando não houver essa obrigatoriedade. Esse efeito, já vivenciado quando da entrada em vigor da GDPR, deve ocorrer mais uma vez já que, operacional e tecnicamente, é muito mais difícil (em algumas situações, até inviável) a separação entre as soluções destinadas para o mercado europeu e aquelas destinadas ao restante do globo. Como se trata de soluções com alto nível de padronização, é mais “simples” para a provedora da solução se adequar ao “melhor” padrão existente, e refleti-lo nas demais regiões, mesmo que não haja obrigatoriedade jurídica fora da Europa.

Outra razão relevante para a provável implementação global desses parâmetros é que tende a ser difícil apresentar justificativas aceitáveis para manter boas práticas para soluções em IA destinadas aos cidadãos europeus (nos termos do *AI Act*) e não tê-las refletidas nos outros mercados.

Claramente, portanto, o *AI Act* posicionará a Europa como um exemplo de liderança, com parâmetros de boa governança para tecnologias com IA a serem seguidos pelo demais mercados. Com isso, é possível imaginar uma harmonização de requisitos, principalmente por aqueles países com grande desenvolvimento nesse mercado (como Canadá, Japão, Coreia do Sul, Reino Unido, Israel e Singapura). Estados Unidos e China não devem adotar o mesmo posicionamento europeu, mas com certeza precisarão criar meios de colaborar com a UE quanto às aplicações de IA⁴⁰.

Da perspectiva ética, o *AI Act* é fundamentado na proteção da dignidade humana e dos direitos fundamentais. E, de maneira expressa, utiliza a expressão que define a abordagem da regulação como “humanamente centrada”, que significa que a humanidade deve ser o foco de todo o desenvolvimento tecnológico. Interessante

⁴⁰ FLORIDI, Luciano. The European legislation on AI: a brief analysis of its philosophical approach, cit., p. 3.

notar, aqui, a observação que o filósofo Luciano Floridi coloca a respeito dessa abordagem:

Isso pode ser absolutamente verdade e perigosamente ambíguo. De um lado, é óbvio que qualquer tecnologia, IA inclusive, deve estar ao serviço da humanidade, seus valores e necessidades. Por outro lado, deve-se considerar o meio ambiente como, também, um bem criticamente importante, mas dizer “humanamente centrada”, parece ser sinônimo de “antropocêntrica”, e nós sabemos o quanto que o planeta tem sofrido com a obsessão da humanidade em sua própria importância e centralidade, como se tudo devesse sempre estar ao seu serviço, incluindo todos os aspectos do mundo natural, não importando os custos envolvidos e as perdas.⁴¹

Apesar desse interessante posicionamento, Floridi concorda que o *AI Act* enfatiza que a IA é uma tecnologia com grande potencial ambientalista e que promove auxílio contra a poluição, mudanças climáticas e para o desenvolvimento de sociedades da informação mais sustentáveis. Nesse sentido, o *AI Act* reforça o pensamento de que a defesa do meio ambiente deve ocorrer de maneira supranacional e transfronteiriça na UE. O que faz todo o sentido!

Ainda analisando a abordagem ética, o *AI Act* adota o conceito de eliminação ou mitigação de riscos envolvidos na aplicação da IA (como vamos explorar mais à frente), incentiva a confiança generalizada nessas tecnologias inovadoras e busca ampliar a adoção e o desenvolvimento da IA na UE. Essa abordagem baseada no risco parece bastante adequada e está alinhada com a visão de que o comportamento ético beneficia o mercado, e não o contrário.

De uma perspectiva tecnológica, deve-se exaltar a não contaminação do projeto com expressões ou conceitos não científicos, como por exemplo “consciência artificial”, originários praticamente de ficções científicas, que acabam por distrair (e assustar) as populações em geral e, também, o Parlamento Europeu (expressões essas que foram sugeridas durante o processo de elaboração, mas foram extirpadas da redação final do projeto). Nas palavras de Floridi “corretamente, o *AI Act* trata a IA como uma tecnologia para solução de problemas e realização de atividades, não como um tipo de Frankenstein”⁴².

⁴¹ FLORIDI, Luciano. The European legislation on AI: a brief analysis of its philosophical approach, cit., p. 4.

⁴² FLORIDI, Luciano. The European legislation on AI: a brief analysis of its philosophical approach, cit., p. 5.

Com esse conceito bastante claro, o projeto exclui qualquer possibilidade de constituição e concessão de *status* de personalidade jurídica para um sistema de IA, com direitos e deveres, como a possibilidade de deter propriedades, celebrar contratos, processar ou ser processada. A responsabilidade a respeito de qualquer sistema de IA deve recair integralmente sobre as pessoas que o desenvolveram, produziram, comercializaram ou dele fizeram uso. Por isso, de maneira coerente, o projeto enfatiza a importância da supervisão humana durante toda a sua redação.

Como se trata de uma proposta, claramente há margem para grandes discussões e já temos visto diversas sugestões para aprimoramento, o que é esperado, normal e saudável para o aprimoramento do texto a ser promulgado. Por exemplo, há críticas quanto à ambiguidade de alguns conceitos, como sistemas de IA de alto risco, já que podem existir sistemas de alto risco em razão do esperado bom funcionamento do sistema (como a direção autônoma de automóveis, por exemplo), e alto risco em razão do uso propriamente dito, do fim antiético estabelecido para a aplicação (como a identificação biométrica em tempo real de indivíduos para fins de aplicação de lei, para supervisão constante em ambiente públicos, por exemplo).

Essas lacunas (e outras mais) devem ser debatidas e possivelmente endereçadas até o texto final ser aprovado e vinculativo entre os Estado Membros. Todo esse contexto torna o estudo do assunto pelo Direito ainda mais relevante, para enriquecer o debate e aprimorar a regulação.

Com essa nova legislação, a GDPR e outros marcos legais já publicados na UE⁴³, fala-se em um “constitucionalismo digital”⁴⁴ já em vigor no continente europeu, por meio do qual os cidadãos passam a viver melhor e de maneira mais sustentável e adequada com as tecnologias que os circundam.

E Floridi novamente apresenta um pensamento relevante a esse respeito, que vale retratar:

[...]...fica claro que o desafio não é mais quanto à inovação digital, mas a governança do digital, e ainda a nova morfologia do poder⁴⁵, e a

⁴³ Como a Lei dos Serviços Digitais, de 15/dez/2020; a Lei dos Mercados Digitais, de 15/dez/2020; a Lei de Governança de Dados, de 20/nov/2020 e a proposta de lei Europeia para Dados de Saúde.

⁴⁴ CELESTE, E. Digital constitutionalism: a new systematic theorisation. *International Review of Law, Computers & Technology*, 33, issue 1. 03/01/2019. p. 76-99; e DE GREGORIO, Giovanni. The rise of digital constitutionalism in the European Union. *19(1) International Journal of Constitutional Law*, 2020, 41-70.

⁴⁵ FLORIDI, Luciano. The new grey power. *Philosophy & Technology*, 28(3), 2015. p. 329-332.

formação da soberania digital⁴⁶. Ao atacar esses desafios normativos, a EU não está simplesmente à frente; ela não possui qualquer concorrência.⁴⁷

Relevante ressaltar que a UE mais uma vez se coloca em uma posição de vanguarda estratégica quanto à regulação aplicável para novas tecnologias ou inovações. Esse posicionamento deve ser destacado, pois se trata de um desafio grandioso e sem precedentes, para criar os próprios parâmetros, e como referências globais para aplicações de IA. Mesmo com críticas e possibilidade de aprimoramento, essa proposta deve ser valorizada e analisada em todas as regiões do planeta, já que suas consequências (assim como o GDPR) serão claramente extraterritoriais.

2.2.1 AI Act – Análise baseada no risco

Esclarecido esse contexto principiológico e fundamentalista da proposta, vale, agora, analisar alguns principais aspectos práticos do *AI Act* e como a Comissão Europeia endereçou os riscos relacionais à IA e, ao mesmo tempo, buscou não inibir a inovação por meio da regulação.

Com o intuito claro de criar e codificar altos padrões para aplicações de IA, com respeito aos valores europeus de democracia, direitos humanos e *rule of law*⁴⁸, o *AI Act* estabeleceu uma estrutura baseada nos riscos envolvidos na aplicação da IA, sendo dividida em quatro categorias: risco mínimo, risco limitado, alto risco e risco inaceitável.

Assim, vamos analisar como a proposta separou e endereçou esses riscos. Mas, antes, vale mencionar que toda a estrutura foi desenvolvida com os objetivos de: (i) assegurar que sistemas de IA utilizados na UE sejam seguros e respeitem a legislação existente, os direitos fundamentais e os valores europeus; (ii) assegurar segurança jurídica para incentivar investimentos e inovação por meio da IA; (iii) incentivar a governança e aplicação das leis referentes aos direitos fundamentais e garantir seu cumprimento por parte dos sistemas que apliquem IA; e (iv) facilitar o

⁴⁶ FLORIDI, Luciano. The fight for digital sovereignty: What it is, and why it matters, especially for the EU. *Philosophy & Technology*, 33(3), 2021. p. 369-378.

⁴⁷ FLORIDI, Luciano. The European legislation on AI: a brief analysis of its philosophical approach, cit., p. 6.

⁴⁸ *Rule of law* refere-se ao conceito de que a lei deve ser observada e cumprida por todos.

desenvolvimento de um mercado único para a IA, em um ambiente seguro, confiável e juridicamente robusto, para evitar regulações fragmentadas no continente.

Ao lermos esses objetivos expressos na proposta, não podemos deixar de notar como as manifestações da UE a respeito da IA está alinhada e com seus objetivos bastante claros. Como analisamos um pouco antes no trabalho, por meio do *White Paper* publicado em 2020, os objetivos estão direcionados e apontam para o mesmo alvo, que se trata da preocupação da UE em se posicionar, nesse momento, de forma estratégica para se tornar um polo de desenvolvimento e aplicação de IA, porém sem deixar que seus valores (direitos fundamentais, proteção de dados pessoais, democracia, privacidade, proteção ao meio ambiente) sejam colocados em segundo plano. Esse pano de fundo envolve todo o posicionamento europeu, até o momento, quanto à IA. E deve ser profundamente valorizado por todos os *stakeholders* envolvidos, mas principalmente pelas demais nações e possíveis reguladores da IA.

Estabelecidos esses propósitos, foi desenhada a proposta do *AI Act* com base nos riscos que os sistemas de IA representam aos valores europeus (que devem ser resguardados por toda aplicação). Assim, essa abordagem baseada nos riscos desenha uma pirâmide de criticidade, com um espectro que aumenta a regulação ou o rigor da regulação conforme o risco envolvido seja maior, chegando ao topo da pirâmide que não permite determinadas aplicações (que envolvem riscos inaceitáveis).

Sistemas de IA que devem ser banidos da EU (representadas pelo topo da pirâmide) são aqueles que possuem potencial para causar grave danos aos direitos fundamentais defendidos pela regulação. Nesse conceito enquadram-se sistemas que possibilitam a manipulação comportamental de pessoas (seres humanos em geral) ou de determinado grupo específico ou de pontuação social (*social scoring*) e sistemas remotos de identificação biométrica em tempo real. Necessariamente há exceções a esse banimento, e ele deve ser considerado em razão do controle sobre a tecnologia disponível até a atualidade. É possível que com o desenvolvimento das aplicações de IA e com seu maior uso, essas situações hoje inaceitáveis, possam vir a ser endereçadas de maneira diferente, porém até a publicação desse trabalho, essa é a abordagem definida.

Sistemas de IA de alto risco, por sua vez, não precisam ser extintos, mas devem ser analisados com bastante cuidado, antes, durante e após a sua real aplicação

(conforme as melhores práticas atualmente reconhecidas para IA, que já foram mencionadas e serão ainda aprofundadas mais à frente neste trabalho).

A fim de garantir o seu melhor funcionamento, todos esses sistemas devem ser previamente testados, com simulações em ambientes estressados, para que seja possível verificar o “comportamento” do algoritmo durante esses momentos excepcionais. Ao ser aprovado previamente, o sistema poderá ser lançado no mercado, desde que haja constante supervisão e acompanhamento humano durante todo o seu período em funcionamento. Qualquer desenvolvimento ou “comportamento” inadequado deve ser passível de retificação (inclusive, por humanos) e, principalmente, deve existir um “botão de pânico”, que permita a interrupção da aplicação por meio de uma ação humana.

Para materializar o que devem ser considerados sistemas de IA de alto risco, vale citar alguns exemplos: notas de exames, que podem determinar o acesso à educação e curso profissional para uma pessoa; produtos ou serviços relacionados à segurança e medicina, como assistente autônomo em uma cirurgia; processos de seleção de profissionais para determinada vaga; serviços essenciais, públicos ou privados (como *scoring* de crédito); aplicação da legislação de maneira a interferir nos direitos fundamentais da pessoa (como avaliação da confiabilidade de uma prova, em um processo judicial); migração, asilo e controle de fronteiras; administração da justiça e práticas democráticas; sistemas de segurança com monitoramento biométrico ou sistemas de reconhecimento facial.

Como se depreende dessa lista de exemplos, trata-se de situações em que a aplicação da IA tem capacidade para gerar grandes transtornos e danos caso não seja utilizada de maneira controlada, com prévia e constante verificação dos algoritmos. Um viés apresentado em qualquer sistema de IA utilizado para atividades como as relacionadas no parágrafo anterior certamente gerará grandes danos aos direitos fundamentais. Por esse motivo, na escalada da pirâmide de risco, tais sistemas de IA não precisam ser banidos, mas para serem utilizados devem seguir os mais rigorosos critérios de *compliance* apresentados pelo *AI Act*.

Para que um sistema de IA classificado como de alto risco possa ser disponibilizado no mercado europeu, de acordo com o *AI Act*, deve observar os seguintes requisitos:

a) ao ser desenvolvido, deverá ser submetido a uma avaliação prévia interna por um time multidisciplinar a fim de determinar quais riscos de IA estão envolvidos e comprovar o cumprimento dos códigos de conduta;

b) ser aprovado e constantemente avaliado nos critérios da *AI Act*. Em determinadas situações, um time externo ou de auditoria terceirizada deverá realizar essa avaliação;

c) o sistema de IA de alto risco deverá ser registrado em um arquivo especializado para esses fins da UE;

d) a declaração de conformidade deverá ser obtida para o sistema de IA (marca de conformidade europeia – denominada CE). Com isso, o sistema de IA poderá ser comercializado e disponibilizado no mercado europeu.

Mesmo seguindo esses passos, deve ainda o sistema de IA ser avaliado constantemente após a disponibilização, com monitoramento humano, além da necessidade de informação e transparência quanto à utilização de sistemas de IA nas soluções, como, por exemplo, quando a IA é utilizada em uma conversa com cliente (os chamados *chatbots*), o cliente deve ser informado da aplicação da IA e de como a IA será aplicada àquela solução.

Considerada toda essa estrutura baseada nos riscos envolvidos na aplicação da IA (mister mencionar que essa regulação é aplicável também aos sistemas de *machine learning*), há uma grande e relevante preocupação em não gerar inibição para a inovação, mas ao contrário, o intuito é estimular o desenvolvimento dessas novas tecnologias. Porém, como mencionado diversas vezes neste trabalho, a balança entre regular e desestimular a inovação é muito sensível e precisa ser rebalanceada a cada nova descoberta.

A fim de assegurar o incentivo à inovação, o *AI Act* apresenta expressamente algumas situações de exceção e flexibilidade para a estrutura regulamentar, inclusive mediante a aplicação de “*sandboxes legais*”, que permitem recriar em um ambiente seguro e controlado situações para testes, desenvolvimento e pesquisa (principalmente para pequenas e médias empresas), no intuito de estimular o desenvolvimento de novas descobertas e aprimoramento das aplicações para os sistemas de IA.

O *AI Act* também expressamente se preocupou, como já tratamos, com as questões de sustentabilidade e meio ambiente, determinando que a IA deve ser elaborada e aplicada com “senso” ambientalista, de maneira a gerar o menor impacto

ambiental possível, e buscar auxiliar e gerar benefícios ao meio ambiente, sempre que possível.

Finalmente, vale mencionar que sistemas, produtos ou serviços que se utilizam ou se beneficiam da IA deverão atender aos regulamentos específicos de sua área de atuação. Assim, mercados financeiros, de capitais, de equipamentos médicos e de saúde deverão observar as regulamentações aplicáveis a cada um desses segmentos. Essa abordagem está integralmente alinhada com os posicionamentos e manifestações emitidos pela IOSCO a respeito da IA aplicada aos mercados de capitais ao redor do globo, como analisaremos mais profundamente à frente neste trabalho.

De forma resumida, todo o intuito do *AI Act*, como pudemos verificar, é permitir a construção de uma estrutura regulamentar que proporcione uma IA responsável, confiável, transparente, que permita a todas as partes envolvidas a ciência da sua aplicação e o modo como essa tecnologia está sendo aplicada. O respeito aos direitos fundamentais e à democracia é o principal dos pilares para essa construção e modelação do futuro da nossa sociedade.⁴⁹

2.3 Posicionamento brasileiro para regulação da IA

Tendo sido apresentadas as principais e mais relevantes regulações de IA no globo, ou seja, a perspectiva e projeto de regulação europeia para a IA, vale voltar nossos olhos para o posicionamento nacional a respeito desse tema.

No Brasil, foi promulgada em 2021 a Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial e, temos, também, alguns outros projetos em análise e votação pelo Congresso Nacional. No entanto, nossa análise se voltará à Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial e ao Projeto de Lei nº 21/2020 que, apesar de ainda não ter sido definitivamente aprovado, entende-se (ao menos até o momento da publicação deste trabalho), como o principal projeto a respeito do tema de regulação da IA no Brasil.

Vale mencionar, os dois documentos que compõem (ou devem compor, no futuro) a política brasileira a respeito da inteligência artificial podem ser vistos como

⁴⁹ KOP, Mauritz. EU Artificial Intelligence Act: The European Approach to AI. *Stanford–Viena Transatlantic Technology Law Forum, Transatlantic Antitrust and IPR Developments, Stanford University, Issue nº 2/2021*. Disponível em: <https://law.stanford.edu/publications/eu-artificial-intelligence-act-the-european-approach-to-ai/>. Acesso em 30 nov. 2021.

passos iniciais em um campo de conhecimento extremamente novo, no qual o Brasil está inserido, mas ainda não em condições de liderar quaisquer discussões.

Assim, esses instrumentos serão objeto da nossa análise, pois é necessário entender como o tema está sendo endereçado no país. No entanto, como veremos à frente, o posicionamento brasileiro acaba sendo tardio em alguns aspectos, e simplista em outros, além de claramente reproduzir diversas disposições de regulações estrangeiras, porém sem o devido cuidado de adaptá-las à realidade legislativa e social brasileira.

Apesar dessas considerações, relevante ressaltar que o Brasil se posiciona a respeito da IA e isso é um grande passo, mesmo que haja espaço para melhoras e aprimoramentos.

Nesse cenário, portanto, mister analisarmos as principais características e disposições dos dois instrumentos, considerados, até o momento da publicação deste trabalho, como os principais diplomas brasileiros de regulação e delineamento das políticas a respeito da IA.

2.3.1 A estratégia brasileira de Inteligência Artificial

Por meio da Portaria nº 4.617 de 2021 o Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações publicou a Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (“EBIA”) no intuito de estabelecer as principais considerações a respeito da implementação da IA em diversos setores estratégicos do Brasil e buscar incentivar o desenvolvimento de aplicações e sistemas de IA, bem como endereçar a realidade da disseminação do seu uso.

Ao assumir essa grande ambição, de estabelecer os princípios e fundamentos para o desenvolvimento no Brasil de uma tecnologia tão disruptiva, a EBIA tenta abarcar matérias e temáticas tão diversas que, para alguns autores, acabou por não apresentar propostas tão concretas assim, ou com alguma falta de profundidade em determinados momentos.

Mesmo cientes dessas dificuldades reais da EBIA, é relevante para o presente estudo destacarmos os principais pontos desse instrumento e, quando possível, apresentaremos alguns comentários para possível aprimoramento.

Apesar das muitas críticas à EBIA, deve-se reconhecer que o Brasil ao menos buscou se posicionar a respeito da IA e de como a IA deverá ser tratada em âmbito

nacional. Pode haver lacunas ou melhorias a serem buscadas no texto. Porém, há de se reconhecer que o Brasil não se manteve inerte nesse caso.

Assim, a EBIA representa um planejamento inicial, no intuito de tentar estabelecer parâmetros ou maneiras de se estimular o desenvolvimento e uso da IA no Brasil. Isso demonstra reconhecimento por parte do Estado brasileiro de que essa tecnologia tem o potencial de transformar o futuro e alterar as relações existentes. Para que isso não ocorra em total desarmonia, o Estado brasileiro movimentou-se para desenvolver essa estratégia nacional e tentar colocá-la em prática.

Como mencionado, é louvável a iniciativa brasileira. No entanto, não deve passar ilesa de comentários e críticas para seu aprimoramento, conforme se destaca a seguir.

De forma geral, a EBIA perdeu uma boa oportunidade de construir um documento realmente aplicável, com disposições práticas e concretas. Isso certamente colocaria o Brasil em um caminho mais assertivo em relação à aplicação e uso da IA. Um ponto essencial seria a criação de uma autoridade específica ou o aproveitamento de estruturas já estabelecidas, porém vê-se como necessidade a definição de quem atuaria ativamente para implementação das diretrizes e promoveria as diversas ações listadas na EBIA. A falta de definição quanto à governança é um dos pontos a ser melhorado no projeto.

Essa falta de elementos e estruturas gera uma sensação de lacuna na EBIA, ou seja, há falta de definição prática das ações a serem tomadas. Diversas sugestões são feitas no texto, porém de maneira imprecisa ou com expressões genéricas e abstratas, o que resulta em um documento sem grande aplicabilidade prática, com pouca efetividade e sem grandes consequências no mercado nacional. Infelizmente, esse hiato não permite ao Brasil almejar um local de destaque no uso da IA, ou na busca pelo seu desenvolvimento em território nacional (por meio da necessária regulação). Posicionamento muito diverso da UE, que se empenha em se estruturar legal e economicamente para o mercado a ser “criado” ou transformado em razão das aplicações de IA.

Ao Brasil, seria interessante apresentar ações e atitudes concretas a serem endereçadas na EBIA, que deveriam ser passíveis de medição no decorrer do tempo e detalhadas de maneira a permitir a sua operacionalização. Infelizmente não foi o que ocorreu.

De maneira geral, é praticamente consenso entre os autores especializados que a EBIA deixou passar uma grande oportunidade de se tornar um instrumento de referência e que estimularia, na prática, o desenvolvimento e aplicação da IA no Brasil (esperava-se isso, ainda mais após termos experiências de outras regiões que já haviam criado documentos com os mesmos fins). Não sendo essa a realidade, temos um documento mais genérico, sem grandes especificações, mas que, ao mesmo tempo, denota um primeiro passo no caminho da regulação da IA no Brasil, e na tentativa de estímulo à sua aplicação e desenvolvimento.

2.3.2 O Projeto de Lei nº 21/2020 (“PL 21/2020”)

Apesar de ainda estar pendente de aprovação pelo Senado, o Projeto de Lei nº 21/2020 (“PL 21/2020”) foi aprovado pela Câmara dos Deputados em 29 de setembro de 2021, e define os fundamentos e princípios para o desenvolvimento e a aplicação da IA no Brasil. No intuito de adequar a legislação brasileira às crescentes aplicações da IA, o PL 21/2020 busca regularizar o uso da IA no país. Estamos cientes de que há, ainda, ao menos dois projetos para regular a IA no Brasil (PL nº 240/2020 e o PL nº 5691/2019), no entanto, em razão da relevância (ao menos momentânea) e para os fins do objeto deste estudo, abordaremos apenas o PL 21/2020.

De maneira objetiva, o PL 21/2020 estabelece os principais parâmetros para a aplicação da IA no Brasil. E, em conjunto com a EBIA, deverão formar uma espécie de “sistema jurídico brasileiro” para a IA (apesar de, como já mencionado, existir severas críticas aos dois instrumentos).

Mesmo também sendo um texto genérico, com ausência de detalhes e implementação prática, o PL 21/2020 acerta ao tratar dos direitos, deveres e obrigações, pois promove os valores defendidos globalmente quando se trata de regulação da IA: valores como a segurança, transparência, centralidade no ser humano e defesa dos princípios democráticos. Ao refletir princípios éticos aplicáveis à IA internacionalmente reconhecidos, o projeto avança no objetivo de desenvolver um quadro jurídico de confiança para aplicações de IA, baseado em valores e respeito aos direitos fundamentais.

Como sempre (e já mencionado algumas vezes no presente trabalho), há de se precaver quando o assunto é regulação de determinada matéria ou área inovadora, no intuito de não extinguir os incentivos à constante inovação, mas ao mesmo tempo,

permitir a defesa e proteção de princípios e direitos fundamentais. Essa também foi uma das preocupações do PL 21/2020 e que, ao menos até o momento e nesse quesito, apresenta-se no caminho correto.

Para o benefício do trabalho, vale uma apresentação, ainda que breve, do PL 21/2020 de maneira a demonstrar seus objetivos e principais considerações.

Assim, diferente do posicionamento europeu que já foi objeto do nosso estudo nos subcapítulos anteriores, o PL 21/2020 é muito mais conciso (atualmente contém dezesseis artigos), porém busca tratar, mesmo que de forma muito mais superficial e breve, de alguns dos principais assuntos endereçados pelo *White Paper* e *AI Act*. O intuito do projeto, portanto, também é incentivar o desenvolvimento tecnológico, a inovação, sempre com a garantia e defesa da livre concorrência, respeito aos direitos humanos (direitos fundamentais) e aos valores democráticos, além da expressa proteção aos dados pessoais e à privacidade das pessoas.

Interessante observar que todos esses valores são preconizados e defendidos como objetivos de toda “legislação” europeia referente à IA. Ou seja, independentemente da forma, e considerando que o Projeto será aprovado com esses atuais fundamentos, poderá se dizer que o Brasil buscará defender os fundamentos para a IA já difundidos internacionalmente, o que é um grande passo (retrocesso seria se o Brasil quisesse inovar nessa abordagem).

Ademais, o projeto aborda questões éticas que devem ser observadas em aplicações de IA; ou seja, a IA deve ser desenvolvida e aplicada de forma ética, livre de vieses e preconceitos. E espera-se que seja utilizada para aumentar a produtividade humana, com aprimoramento dos serviços públicos disponíveis, implementação de crescimento inclusivo, com a constante busca pela diminuição de desigualdade social e regional no Brasil.

Outros dois pontos que valem destaque e que também são reflexos das regulações propostas internacionalmente é a centralidade no ser humano e o fato da regulação intentar o preparo do mercado de trabalho para a implementação da IA, seja por meio de fomentar suas aplicações e uso, seja por tentar criar a confiança nas aplicações da IA. Atualmente é pacífico, inclusive em outras regiões, que a IA tem condições de gerar uma grande transformação na sociedade, mas essa transformação será muito mais benéfica à humanidade se todos – ou grande parte da população – se beneficiarem da IA. Caso apenas uma elite passe a desenvolver e

aplicar a IA, uma das consequências imediatas será a ampliação da desigualdade social, ao invés do objetivo estabelecido de reduzi-la por meio da IA.

Sem a necessidade de aprofundar muito nas interpretações do texto do projeto, vale destacar a identificação da finalidade para a futura legislação, que busca resultados benéficos para as pessoas por meio do uso da inteligência artificial, no intuito de aumentar as capacidades humanas, reduzir as desigualdades sociais e promover o desenvolvimento sustentável.

Mesmo que, novamente, faltem algumas definições de aplicação prática para esses fins, os objetivos propostos estabelecem, ainda que de maneira teórica, a real finalidade esperada por parte da IA, que é o ponto relevante em todo o contexto de sua regulação.

Por fim vale destacar no PL 21/2020 a “semelhança” ou inspiração nos parâmetros da já em vigor LGPD, ao definir, por exemplo, agentes de desenvolvimento de IA, agentes de operação da IA e partes interessadas, e estabelecer a elaboração de um relatório de impacto de IA. Claramente essas “funções” têm inspiração na maneira como foi elaborada e construída a LGPD, o que realmente faz bastante sentido e deve ajudar na implantação da nova legislação. Com atribuições e referências parecidas com uma lei já em pleno vigor, a regulação da IA tem maior chance de ser publicada e posta em prática no cenário brasileiro.

2.3.3 Posicionamento brasileiro

Dessa forma, apesar das pertinentes críticas à EBIA e ao PL 21/2020, o Brasil ao menos se posicionou a respeito da IA e criou uma estratégia nacional para seu desenvolvimento, incentivo ao uso e definição de alguns parâmetros, por meio da publicação da EBIA. E tenta, por meio do PL 21/2020 (ou de outro que venha a ser aprovado), sedimentar os princípios norteadores para a aplicação da IA no Brasil.

Não se pode deixar de mencionar que, mais uma vez, o Brasil faz sua lição de casa, porém de maneira torta ou incompleta, já que os seus dois principais textos regulamentares a respeito da IA são rasos, imprecisos e com diversas e relevantes lacunas. Esse é um dos motivos, inclusive, para o Brasil não ser considerado no cenário internacional de regulação da IA; e, de certa maneira, para os fins deste estudo, não há necessidade do aprofundamento da análise brasileira para além do que foi desenvolvido.

3 O uso de Inteligência Artificial e *Machine Learning* por intermediários do mercado de capitais e gestores de ativos

3.1 Análise do relatório de consulta publicado pela IOSCO

Em razão da grande relevância e da cada vez maior utilização da IA e da tecnologia *Machine Learning* (“ML”) pelo mercado financeiro e em serviços financeiros, a IOSCO (*International Organization of Securities Commission*⁵⁰) identificou a necessidade de publicar um relatório não vinculativo (mas que deve ser utilizado como guia) para seus membros (comissões de valores mobiliários ao redor do mundo), com intuito de endereçar as principais aplicações e preocupações referentes à aplicação da IA nos serviços financeiros. Esse relatório (denominado “*The use of artificial intelligence and machine learning by Market intermediaries and asset managers*”⁵¹), publicado em junho de 2020 pela OICV-IOSCO (“Relatório IOSCO”), traz diversas considerações relevantes ao objeto de estudo do presente trabalho. Por esse motivo, vale destrinchar os seus principais pontos.

Como temos demonstrado no decorrer da pesquisa, em função do aumento exponencial dos dados disponíveis e da capacidade computacional, a aplicação da IA ao mercado financeiro é uma realidade cada vez mais difundida. Essa aplicação por intermediários do mercado de capitais (função exercida por grande parte dos bancos e corretoras de valor no Brasil) e por gestores de ativos tem grande potencial de alterar os modelos de negócios.

Essas novas formas de tecnologia possuem capacidade de criar significativa eficiência e trazer benefícios aos investidores e prestadores de serviços, como redução de custos e ganho de agilidade nos processos. No entanto, como vimos, essa utilização pode trazer, também, riscos à eficiência dos mercados, causar danos aos consumidores e prejudicar direitos fundamentais. Por essa razão, a utilização e os possíveis controles referentes à IA quando aplicados ao mercado financeiro têm sido objeto de análise e estudo de diversos órgãos reguladores ao redor do globo.

⁵⁰ Trata-se da Organização Internacional de Valores Mobiliários.

⁵¹ IOSCO – International Organization of Securities Commissions. *The use of artificial intelligence and machine learning by market intermediaries and asset managers*. Consultation Report. Junho 2020. Disponível em: <https://www.iosco.org/library/pubdocs/pdf/IOSCOPD658.pdf>. Acesso em 10 set. 2021.

Nesse contexto, a IOSCO identificou a prioridade em analisar e apresentar sugestões quanto ao uso dessas tecnologias pelos intermediários bancários e gestores de ativos, o que resultou na elaboração do relatório – objeto da nossa análise – e guia destinado aos seus membros, conforme sua específica competência e territorialidade, a fim de expressamente endereçar os principais riscos associados ao desenvolvimento, teste e aplicação da IA nos mercados de capitais e serviços financeiros, e buscar proporcionar uma estrutura regulatória satisfatória para supervisionar a aplicação da IA por parte dos agentes do mercado financeiro (especialmente agentes intermediários e gestores de ativos).

De acordo com os estudos conduzidos e apontados no Relatório IOSCO, os riscos associados ao uso da IA pelos agentes intermediários e gestores de ativos estão principalmente relacionados com o desenvolvimento, o teste e a aplicação da IA. Nesse contexto, espera-se que sejam adequadamente analisados:

- governança e supervisão;
- desenvolvimento, testes e contínua monitorização dos algoritmos;
- qualidade e vieses dos dados;
- transparência e explicação;
- terceirização (*outsourcing*); e
- utilização ética.

Identificada a realidade e predominância desses riscos, seis medidas são sugeridas pela IOSCO para nortear a utilização adequada, por meio de padrões de conduta, da IA por agentes do mercado financeiro. Vale novamente ressaltar que essas medidas ainda não são vinculativas, mas a sua adoção é fortemente incentivada aos membros da IOSCO, considerando suas respectivas realidades legais e regulatórias. Mais à frente vamos analisar cada uma dessas sugestões.

Antes, portanto, é relevante destacar que além de buscar mitigar os riscos e danos potenciais da aplicação da IA, as sugestões apresentadas, e que serão analisadas neste trabalho, têm por objetivo assegurar aos agentes de mercado condições de manter determinados padrões necessários para o adequado funcionamento do mercado, quando da aplicação da IA:

- governança apropriada, controle e supervisão das estruturas referentes ao desenvolvimento, teste, uso e monitoramento da IA e sua *performance*;

- colaboradores com conhecimento adequado, compondo equipes multidisciplinares, com habilidades e experiência para implementar, supervisionar e verificar os *outcomes* da IA;
- processos robustos, consistentes e claramente definidos para o desenvolvimento e testes, a fim de possibilitar aos agentes de mercado previamente identificar riscos ou dificuldades referentes à aplicação de IA; e
- apropriada transparência e divulgação aos investidores, reguladores e outros participantes do mercado (*stakeholders*) a respeito da aplicação da IA, e de como deverá ocorrer essa aplicação.

Com esse panorama e apesar de já termos investido tempo suficiente em discutir as dificuldades de definição de IA, para que seja mantido fiel o contexto do relatório em comento, cabe apresentar as definições de IA e ML trazidas pela IOSCO.

Dessa maneira, IA é entendida como

[...] combinação de dados em grande quantidade, suficiente capacidade computacional e ML, de maneira a poder realizar tarefas simples e repetitivas, ou pode ser mais sofisticada e, até certo ponto, aprender e executar de maneira autônoma, baseada em um sistema que busca imitar as habilidades cognitivas humanas ou capacidades humanas.⁵²

Machine Learning, por sua vez, refere-se a

[...] um subtema e aplicação de IA, que tem seu foco em desenvolvimento de programas de computador que analisam e procuram padrões em grandes quantidades de dados, com o objetivo de desenvolver conhecimento para tomar cada vez melhores decisões no futuro.⁵³

Algoritmos *machine learning* são diferenciados de algoritmos tradicionais por sua habilidade de aproveitar o raciocínio indutivo. Raciocínio indutivo é normalmente utilizado para prever futuros acontecimentos, com base nos dados ocorridos no passado, que é aprimorado conforme há maior quantidade de observações disponíveis e conforme a qualidade dos dados é aperfeiçoada.

⁵² IOSCO – International Organization of Securities Commissions. The use of artificial intelligence and machine learning by market intermediaries and asset managers. Consultation Report. Junho 2020, cit., p. 5.

⁵³ IOSCO – International Organization of Securities Commissions. The use of artificial intelligence and machine learning by market intermediaries and asset managers. Consultation Report. Junho 2020, cit., p. 5.

Nessa realidade, podemos entender que um algoritmo ML proveitoso aprende e evolui com o passar do tempo (desde que sejam disponibilizados cada vez mais informações e dados de qualidade) e tem potencial de realizar recomendações e análises do futuro que não eram previamente identificadas quando do recebimento das informações iniciais (ou quando da criação do algoritmo).

Algo interessante de mencionar é que existem várias categorias de algoritmos ML, e essas categorias são baseadas no nível de intervenção humana necessária para realizar o *feedback* ou interpretar os dados do algoritmo: aprendizado supervisionado, aprendizado por reforço e aprendizado não supervisionado (apesar de interessantes, não nos aprofundaremos nas definições desses conceitos, já que não serão objeto do estudo do nosso trabalho). Outro conceito relevante apresentado no relatório em estudo é o “*Deep Learning*”, que se trata de uma forma computacional de intensivo ML, com capacidade de realizar associações e identificar padrões estatísticos em cada grande gama de dados; por meio desse método os dados são analisados em níveis, começando com aprendizado de simples conceitos, para depois aprofundar em conceitos mais complexos.

3.2 AI aplicada ao mercado financeiro

Como mencionado desde o início deste trabalho, é também confirmado pela IOSCO que os agentes do mercado financeiro, principalmente intermediários e os gestores de ativos, têm ampliado cada vez mais a utilização da IA – seja em razão da universalização do uso de plataformas eletrônicas para *trading*⁵⁴, sejam motivados pela grande quantidade de dados disponíveis, seu relevante potencial em atividades de *trading* e de consultoria –, bem como em gestão de riscos e *compliance*.

Do ponto de vista prático, a aplicação dessas tecnologias no mercado financeiro permite a possibilidade de automação de processos e consequente redução de custos, com melhor eficiência. Essa realidade gera a possibilidade de disponibilizar recursos para atividades com maior demanda cognitiva, como desenvolvimento de estratégias, seleção de portfólio e ideias de investimento. Nesse sentido, tem-se observado a aplicação de IA pelos intermediários bancários nas seguintes situações:

- serviços de consultoria e suporte;

⁵⁴ *Trading*: jargão utilizado no mercado financeiro e de capitais para definir operações de compra e venda de ativos (ações, derivativos, direitos sobre ativos, dentre diversos outros).

- gestão de risco;
- identificação e monitoramento dos clientes;
- seleção de algoritmos de *trading*;
- gestão de ativos e análise de portfólio.

Não é exatamente essa a mesma realidade para gestão de ativos, que ainda vive sua fase inicial, mais incipiente da aplicação da IA, e normalmente aplicada para dar suporte às decisões humanas. Assim, nesse campo a IA e ML têm sido utilizadas para:

- aprimoramento da gestão do portfólio;
- complementação ao processo de decisão de investimento realizado pelos seres humanos, ao sugerir recomendações; e
- aprimoramento das capacidades de pesquisa, bem como para funções de *backoffice*.

Sem a pretensão de exaurir a análise em todas essas aplicações, vamos estudar os usos principais da IA no mercado financeiro, para que seja possível a compreensão dos riscos envolvidos, e de como as hipóteses de mitigação apresentadas pela IOSCO podem fazer sentido no contexto prático do mercado financeiro.

Em relação aos serviços de consultoria financeira, alguns agentes têm se utilizado de robôs ou sistemas simples de consultoria de investimentos automatizada, baseados em algoritmos constituídos com regras definidas para determinado padrão de investimento (apesar de já existirem modelos de ML que apresentem previsões do mercado). Quando se utiliza de aplicações de ML mais avançadas, a maioria das consultorias estabelece processos manuais de intervenção. Nesse caso, o sistema automatizado normalmente disponibiliza material de consultoria e sugestões para alocação de investimento, que serão necessariamente revisados por um consultor. O consultor, então, poderá se utilizar (ou não) da sugestão apresentada pelo robô, conforme seja apropriada ao cliente, para realizar a recomendação de investimento definitiva.

Em outro cenário, ML e IA têm auxiliado os intermediários bancários na automação dos seus processos de monitoramento e identificação de clientes, identificação de fraudes, lavagem de dinheiro e monitoramento de ataques cibernéticos. Esses procedimentos, conhecidos como *Know Your Client* (“KYC”) são muito mais eficazes e eficientes quando automatizados, seja para melhor identificação

de fotos ou reconhecimento, ou para checagem nas diversas e longas listas de operações ilícitas, aplicações anteriores de sanções, detecção de possível lavagem de dinheiro, financiamento de terrorismo ou outros crimes financeiros.

Outra aplicação cada vez mais comum é a programação de algoritmos para selecionar operações e determinar estratégias de investimento ou de compra e venda de ativos, conforme a situação do mercado e os objetivos definidos (esses *software* são chamados de “*algo wheel*”). *Algo wheels* buscam classificar o histórico de operações, prever futuras estratégias de execução para os algoritmos e recomendar o momento de utilização de cada algoritmo. Essa aplicação de *algo wheels* permite ao operador humano automatizar a execução de ordens simples e, assim, focar sua atenção e capacidade cognitiva em operações mais complexas.

Além desses casos, a IA também tem sido utilizada, há algum tempo, para a gestão de ativos e/ou portfólios (apesar de ainda em menor escala). O modelo de aprendizado supervisionado tem sido utilizado para reconhecimento de padrões em menores escalas e em modelos de previsão mais simples, no intuito de auxiliar decisões para operações de gestão de ativos por intermediários bancários. As pressões competitivas e a busca de melhores margens têm gerado inovação entre gestoras de ativos. No intuito de ampliar e complementar a análise das informações disponíveis, gestores têm expandido suas pesquisas para outras áreas não utilizadas tradicionalmente, como análise de mídias sociais, geolocalização e outros dados disponíveis, mas não acessados anteriormente. Esses métodos têm sido aplicados para auxiliar a alocação de ativos e a precificação, proporcionar melhor previsibilidade de preços futuros, identificar tendências atuais, tudo a partir de dados históricos disponíveis e anteriormente não acessados (identificação de padrões não óbvios).

Aplicações para a IA no mercado financeiro ocorrem na verificação de *compliance* por parte dos agentes financeiros e seus clientes, atividades de transferência e demais serviços aos clientes, por exemplo. No entanto, em benefício do foco deste trabalho, não nos atermos profundamente ao estudo dessas últimas aplicações.

3.3 Potenciais riscos identificáveis em razão do uso da IA

Talvez uma das mais relevantes informações do estudo conduzido pela IOSCO esteja relacionada à identificação dos riscos envolvidos na utilização da IA no mercado

de capitais. O estudo revelou que a evolução e aumento das aplicações de IA no mercado de capitais pode causar (intencionalmente ou não) aumento de alguns comportamentos preocupantes, além da necessidade de implementação de governança e supervisão durante todas as fases de desenvolvimento, teste e aplicação do algoritmo, constante acompanhamento da qualidade e de eventual viés dos dados, transparência, terceirização e preocupações éticas.

Nesse subcapítulo, portanto, vamos analisar mais profundamente os potenciais riscos e preocupações quanto ao uso da IA para, em seguida, termos condições de estudar as principais medidas de mitigação enxergadas atualmente.

Ao implementar o uso de IA, as empresas precisam de respaldo por meio de processos de governança e supervisão, no intuito de terem condições de verificar e supervisionar o desenvolvimento do uso da tecnologia. Na maioria dos casos, a revisão e aprovação de executivos seniores tem sido estabelecida como forma de determinar a gestão dos riscos envolvidos e para endereçar o cumprimento das regulamentações. Importante esclarecer, no entanto, que algoritmos com IA não são muito diferentes dos algoritmos tradicionais (do ponto de vista principiológico) e, por esse motivo, muitas companhias atuantes no mercado financeiro não precisam, necessariamente, implementar novos ou diferenciados procedimentos específicos para IA.

As companhias participantes do estudo indicaram que as decisões referentes ao uso da IA geralmente são endereçadas pelo time executivo, que, por sua vez, é assessorado pelos times de riscos e TI (ou de análise de dados, por exemplo). A consideração relevante nesse ponto é o entendimento de que os deveres e a responsabilidade inerentes à aplicação da IA deve recair sobre a liderança executiva da sociedade.

Em razão do conhecimento e especificidade de cada negócio, geralmente é a linha de negócios a responsável por acompanhar e monitorar o uso da IA, mas os times de risco, *compliance* e de auditoria devem fazer parte de todo o processo de desenvolvimento e acúmulo de conhecimento aplicado ao algoritmo.

Nessa realidade, um desafio amplamente enfrentado pelos agentes de mercado é a contratação de pessoal qualificado para desafiar e supervisionar adequadamente todo o processo de desenvolvimento dos algoritmos. Considerando que grande parte das aplicações dessas tecnologias ainda estão em fase experimental ou inicial de aplicação, as técnicas e processos de *compliance* ainda são

limitadas e também estão sendo aprimoradas. Esse é um dos maiores desafios para o acompanhamento e supervisão da aplicação da IA em qualquer área, ainda mais no mercado financeiro, que é tão dinâmico e apresenta riscos aos investidores e ao mercado como um todo (risco sistêmico é latente com a aplicação dessas novas tecnologias, como veremos mais profundamente no capítulo que trata de HFT).

O desenvolvimento, teste e monitoramento contínuo do algoritmo é desejado, porém não é constante na área financeira. A realidade demonstra que na maioria dos casos não há procedimentos estabelecidos para o desenvolvimento de IA, o que acaba por resultar na aplicação dos mesmos procedimentos de algoritmos padrão (o que neste caso não é desejável), principalmente quando se trata de algoritmos que utilizam IA e ML para realização de operações no mercado financeiro (para operações de “*trading*”).

Algoritmos necessitam de dados com qualidade para gerar resultados úteis e relevantes. Excesso de dados desorganizados (fenômeno denominado como “*noisy*”) atrapalha o funcionamento ideal do algoritmo, podendo gerar comportamento inesperado ou desconexo com os dados, resultando no aumento do risco envolvido na operação. Desenvolvimento robusto e controle nos testes são extremamente relevantes para possibilitar a distinção entre dados desorganizados e informações significativas. Diferente de algoritmos tradicionais, quanto mais dados são processados por um modelo de ML, mais esse modelo pode se comportar de maneira inesperada, já que estará exposto a novos padrões de dados. Por isso, modelos de ML devem ser acompanhados continuamente durante seu desenvolvimento, a fim de assegurar (ou minimizar) comportamentos inesperados causados em pequenas mudanças das condições, operações ou em caso de “barulho” excessivo. Em razão da sua capacidade e estrutura, modelos de ML precisam continuar a ser monitorados, mesmo após a implementação, para que se garanta o comportamento nos níveis originalmente desejados.

Essa precaução encaminha-nos a outras preocupações suscitadas pela aplicação de IA: qualidade dos dados e viés.

A performance da IA depende diretamente da qualidade da base de dados processada, em especial durante o desenvolvimento do modelo. Um viés apreendido da base de dados tem o potencial de impactar futuras decisões do algoritmo, como resultados discriminatórios e outras consequências indesejadas aos participantes do mercado. Por exemplo, perguntas formuladas de determinada maneira ou ordem

podem gerar respostas que encaminham a vieses explícitos ou implícitos a respeito dos dados disponibilizados. E essa base de dados, que teve um possível viés introduzido pelo elaborador das perguntas ou das respostas, irá irrefutavelmente influenciar as conclusões do algoritmo. Qualquer resultado baseado nesse tipo de viés degradará a *performance* do algoritmo de maneira cada vez mais veloz, ocasionando um provável prejuízo ao consumidor, ao mercado e à sociedade, mesmo que não imediatamente.

Esse tipo de prejuízo pode ser materializado em exclusões de determinados grupos para alcance de financiamentos ou benefícios financeiros. Por exemplo, modelos baseados em comportamento histórico dos consumidores podem permitir a exclusão imediata de consumidores mais jovens, por não possuírem histórico suficientemente bom (de acordo com a base de dados utilizada pelo algoritmo) para se utilizar do benefício ou financiamento diferenciado.

Vieses também podem ser introduzidos acidentalmente durante o processo de “limpeza dos dados” (um dos passos normalmente necessários para aprimoramento da qualidade dos dados). A “limpeza dos dados” potencialmente aumenta a identificação de sinais de *noisy*, permitindo interpretações mais significativas daquele conjunto de dados. No entanto, a “limpeza dos dados” envolve necessariamente decisões subjetivas, o que novamente abre caminhos para introdução de diferentes vieses.

Nesse sentido, a transparência e esclarecimentos quanto ao desenvolvimento e demais procedimentos relacionados ao algoritmo ganham real relevância, tanto para as empresas usuárias, quanto para os investidores beneficiários e reguladores.

O uso e efetiva adoção da IA requer algoritmos que não sejam apenas precisos, mas também compreensíveis para os agentes (da linha de frente de negócios, até o *compliance* e time de riscos), para o mercado, clientes e reguladores. Enquanto o aumento de transparência dos agentes quanto ao uso da IA pode ampliar a compreensão do público e a confiança na tecnologia, transparência em excesso também pode criar confusão e oportunidades para exploração irregular ou manipulação dos algoritmos. Como geralmente ocorre com diversas outras matérias, o grau de transparência deve variar de acordo com o destinatário da informação: se um órgão regulador deverá ter acesso total às informações, se um cliente, apenas àquelas necessárias. Todas essas considerações devem ser avaliadas no intuito de manter o equilíbrio das relações e as informações disponíveis.

É relevante que as companhias beneficiárias disponibilizem claramente as informações a respeito dos serviços oferecidos, para ajudar seus clientes a entenderem a natureza e riscos dos produtos e serviços disponíveis e, dessa forma, tomarem a decisão de forma consciente. Simplesmente disponibilizar algoritmos de IA para refinar estratégias de investimento e sugerir operações no mercado financeiro, sem os devidos esclarecimentos a respeito do “robô” e de como o seu desenvolvimento e a construção do portfólio ocorreram, não deve ser prática defendida.

Sem dúvida, há grande discussão a respeito de quais informações ou níveis de conhecimento devem ser compartilhados com os clientes (ou demais participantes do mercado), com diversas visões diferentes sendo defendidas. Todavia, cada vez mais se tem entendido que as melhores sugestões caminham por compartilhar um modelo de maior transparência possível, principalmente quando se trata de uso de IA para decisões de investimento.

Outra questão relevante para tecnologia é a terceirização como forma de contratação. A área de tecnologia, por ser bastante técnica e específica, normalmente acaba por ser terceirizada nas companhias que não têm como principal objetivo o desenvolvimento de tecnologia (como agentes financeiros, por exemplo). As grandes companhias possuem uma área robusta de tecnologia, mas mesmo nesses casos, a realidade demonstra que a contratação de terceiros é uma prática constante no mercado financeiro e que, apesar de apresentar riscos em determinadas situações, também pode aumentar a especialização e os padrões ao redor do mercado, principalmente quando se trata da realidade do mercado de capitais (com diversos participantes envolvidos e interessados), e nas soluções de IA aplicadas a esse mercado.

Por fim, além de todas as considerações já expostas, há preocupação bastante relevante quanto aos limites éticos para o uso da IA, e sobre quem serão os responsáveis por definir os padrões para essa análise. Mesmo cientes de que esse é um assunto complexo e que demandaria o desenvolvimento de uma tese para tratar exclusivamente das principais questões éticas enfrentadas na aplicação da IA, vale mencionar aqui os entendimentos da IOSCO para esse relevante aspecto.

Nesse contexto, e no intuito de trazer mais materialidade ao tema, preocupações éticas quanto à aplicação de IA, como já previamente endereçadas nas discussões para regulação europeia, são justificadas, já que os modelos

desenvolvidos podem apresentar vieses sociais ou têm o potencial de apresentar comportamentos inesperados ou inapropriados, como por exemplo, a “limpeza de dados”, transformação dos dados ou anonimização não realizados da forma adequada. E quando pensamos na aplicação da IA específica para o mercado de capitais, as indicações de investimento e *trading* realizadas pelos *robo-advice* são aquelas que levantam as principais preocupações éticas.

Enquanto prestador de serviços de consultoria no mercado financeiro, o robô consultor está utilizando cada vez mais dados alternativos, como dados disponíveis na internet e redes sociais para alimentar suas sugestões e bancos de dados. No entanto, esse tipo de comportamento traz consigo um grande potencial de viés comportamental, pois o modelo pode simplesmente passar a discriminar certos setores populacionais ou gerar decisões e resultados injustos e enviesados.

A fim de evitar esse tipo de comportamento fortemente indesejado e que pode causar danos irreparáveis à sociedade, a Rede de Fintech da IOSCO⁵⁵ identificou e elencou cinco princípios para incentivar a utilização ética da IA no mercado financeiro. São eles:

a) uso para o bem (“do good”): assegurar que o modelo será utilizado em atos de boa-fé, no melhor interesse dos investidores e do mercado;

b) uso não prejudicial (“do no harm”): ter condições e expertise de entender e interpretar as decisões provenientes do modelo de IA, a fim de identificar quando um comportamento inadequado está para acontecer;

c) autonomia humana, com possibilidade de auditoria: garantia de que seres humanos tenham prevalência a respeito do que o algoritmo pode ou não realizar;

d) justiça (responsabilidade e transparência): garantia de que os atos praticados ou decisões tomadas por um algoritmo estarão sujeitos a um nível de executivos responsáveis; e que a prestação de contas recairá sobre esses executivos, além da adequada compreensão dos modelos (nível de transparência para com os clientes e internamente);

e) esclarecimento: assegurar que os resultados provenientes dos algoritmos podem ser claramente explicados aos interessados.

Como se verifica do desenvolvido até o momento, analisamos os principais riscos e preocupações atualmente identificados como provenientes do uso da IA para

⁵⁵ IOSCO – International Organization of Securities Commissions. *The use of artificial intelligence and machine learning by market intermediaries and asset managers*, cit., p. 13.

o mercado financeiro. A partir de agora, portanto, vamos seguir para a análise das principais propostas da IOSCO para endereçar e buscar mitigar esses potenciais danos.

3.4 Principais riscos envolvidos nas aplicações de IA

As técnicas e metodologias de IA descritas anteriormente são atualmente utilizadas pelas sociedades atuantes no mercado financeiro (intermediadoras e gestoras) e consideram o contexto regulatório atual. Essa realidade inclui regulamentos genéricos em relação aos sistemas e controles, responsabilidade dos executivos, análise de risco, terceirização e governança adequadas. Todavia, o uso, a grande relevância, e o potencial aumento das aplicações dessas tecnologias têm também chamado a atenção dos reguladores, que estão acompanhando esse desenvolvimento e têm se manifestado a respeito.

Em diversas regiões foram estabelecidos padrões ou modelos abrangentes para buscar supervisionar os agentes do mercado, no entanto, poucas possuem disposições específicas para IA. Não obstante, diversas técnicas de ML não são compatíveis com os sistemas legais locais ou regulatórios existentes. Por exemplo, sistemas regulatórios que exigem o completo entendimento e transparência do algoritmo durante a sua vida útil, invariavelmente limitam o uso do algoritmo assim que ocorre uma evolução de versão, atualização ou seu desenvolvimento em resposta a algum desafio (ou mudança) do ambiente.

Outra realidade verificada é a postura de alguns agentes em limitar ou não permitir a aplicação de IA em seus processos. As causas são variadas, mas normalmente refletem a falta de mão de obra capacitada para adequadamente compreender os algoritmos, preocupações com a infraestrutura utilizada, e receio de implementação inadequada dos modelos.

No contexto do relatório em estudo, diversas considerações foram levantadas como alternativas para mitigar os riscos trazidos pela aplicação da IA, incluindo as questões éticas. São, portanto, endereçados como principais elementos para a mitigação dos riscos (i) a cultura, (ii) a responsabilização, (iii) o conhecimento, habilidades, expertise, e (iv) a resiliência operacional. Vamos descrever esses conceitos no desenvolvimento do texto a seguir.

Como cada grupo econômico possui a própria cultura, uma tentativa de criar uma única estrutura para todos invariavelmente resultaria em fracasso. Por isso, a melhor opção, atualmente apresentada pela IOSCO, transita pela construção de caminhos no uso de IA que incentivem condutas benéficas ao mercado, como princípios para códigos de ética, que têm o potencial de embasar as fundações dessa construção. Os líderes e executivos dos agentes de mercado precisam estabelecer gatilhos e incentivar comportamentos que criem e mantenham essa cultura.

Sociedades que já têm estruturas mais organizadas para a utilização de IA podem criar parâmetros de sistemas, processos, controles e cultura organizacional que reflitam valores éticos para o uso da IA. Na prática, essa forma de desenvolvimento ocorre com políticas internas de governança que incentivam e disponibilizam o aprendizado das novas habilidades, conhecimento e experiência necessários para suportar essa nova cultura, e permitir a superação dos novos desafios e prestação de contas, conforme o nível de responsabilidade atribuído. A responsabilidade não deve ser apenas dos executivos, mas compartilhada com toda a organização, inclusive com as funções que se relacionam com o mercado. Padrões consistentes para o desenvolvimento e teste dos algoritmos de IA, em conjunto com o melhor nível de transparência das informações relacionados ao modelo, forjam a possibilidade de construir a cultura desejada para a difusão inevitável da IA.

Aspecto relevante a ser considerado é a responsabilização individual em relação aos serviços financeiros que podem afetar o mercado. O principal intuito dessa disposição é reduzir danos aos investidores e ampliar a integridade do mercado. Em razão dessa realidade, executivos e diretores precisam supervisionar e controlar (com absoluto conhecimento) de maneira adequada o desenvolvimento, testes, implementação e monitoramento das técnicas e processos de IA implantados por suas companhias, ou mesmo de terceiros contratados para desenvolver essas soluções ou prestar os serviços.

O desenvolvimento de tecnologias como IA deve influenciar reguladores a considerar a responsabilidade de outros indivíduos também, como analistas de dados, cientistas de dados e engenheiros de dados, que atualmente ainda não estão sujeitos à jurisdição dos reguladores do mercado financeiro.

Conhecimento, habilidades e expertise adequados, portanto, são elementos relevantes para as sociedades que se beneficiam da IA, além do comportamento ético. Os desafios trazidos pelo uso da IA renovam o conhecimento e habilidades esperados

dos colaboradores, bem como ampliam a validade dos comportamentos éticos (como honestidade, integridade e boa reputação). E tais conhecimentos não se aplicam apenas às equipes técnicas, mas a toda a estrutura da sociedade, pois se espera que todos os colaboradores recebam treinamentos a respeito do uso adequado da IA e desenvolvam a cultura consistente e adequada aos avanços e desafios trazidos pela tecnologia.

Resiliência operacional, por sua vez, tem o potencial de impactar a estabilidade de todo o mercado, já que cada vez mais observa-se o surgimento de formas inovadoras de interconexão entre os agentes do mercado. Como a IA é dependente em larga escala de dados e de grande capacidade computacional, diversos agentes do mercado têm optado por contratar sociedades especializadas em tecnologia, principalmente com soluções de *cloud*, com condições mais vantajosas do ponto de vista financeiro, de estrutura e de segurança. Por esse motivo, tornam-se cada vez mais relevantes os controles, transparência e técnicas de *due diligence* para supervisionar a contratação e permitir o monitoramento dessas sociedades especializadas.

Após ter apresentado o real cenário e os principais riscos envolvidos, vamos partir para a análise das melhores sugestões apresentadas pela IOSCO para mitigar e endereçar as questões sensíveis desse tema, a fim de que a aplicação da IA não se torne algo temerário ao mercado e ao consumidor final, mas ao contrário, seja implementada para ampliar a capacidade humana de se desenvolver.

3.5 Propostas para mitigar os riscos na aplicação da IA no mercado de capitais

Ao considerar a realidade e os riscos envolvidos na aplicação da IA no mercado de capitais, a IOSCO apresentou uma série de medidas e boas práticas que devem ser entendidas como guias para seus membros. Vale repisar que, apesar dessas medidas não terem caráter obrigatório, a IOSCO espera e incentiva cada regulador a adotar as medidas, considerando os respectivos contextos legais e estruturas regulatórias de cada país. O guia apresenta um alto padrão de condutas endereçadas aos agentes intermediários e gestores de ativos. Assim, à frente vamos analisar as medidas apresentadas.

Com toda a relevância e sensibilidade exigida pelo tema, espera-se que reguladores e agentes do mercado considerem os reais riscos envolvidos com o uso

da IA e não deixem de aplicar as salvaguardas apresentadas no mencionado guia, além de outras eventualmente necessárias. Nesse contexto, devem analisar a proporcionalidade das atividades desenvolvidas, a complexidade, os riscos e o potencial impacto que a tecnologia pode trazer aos clientes e à integridade do mercado.

Proporcionalidade não significa, no entanto, a análise apenas do tamanho e representatividade daquele específico agente no mercado, mas deve considerar a potencialidade de impacto da tecnologia no mercado e nas reações dos clientes. Interação direta com clientes por meio de ferramentas de IA, por exemplo, possuem maior potencial de gerar consequências no mercado, quando comparadas ao uso da tecnologia em áreas de suporte ou de funções administrativas, internas.

3.5.1 Medida 1: executivos responsáveis

Observada a realidade, a IOSCO sugere como uma das medidas a ser adotada pelos reguladores a exigência de nomeação de uma diretoria ou executivos responsáveis por supervisionar o desenvolvimento, teste, aplicação, monitoramento e controle da IA, o que significa a constituição de uma estrutura de governança interna documentada, com níveis de responsabilidade definidos. Esses executivos devem nomear indivíduos com conhecimento e habilidades necessários para analisar e aprovar a aplicação da tecnologia, bem como para acompanhar o seu desenvolvimento e atualização.

Essa medida busca criar responsabilidade em todos os aspectos da sociedade que se utiliza de IA, e ajuda a assegurar o entendimento apropriado da tecnologia, dos testes, da aplicação e monitoramento. Os executivos mais seniores das sociedades exercem funções-chave e tipicamente têm responsabilidade pelos atos daquela pessoa jurídica. Essa atribuição de responsabilidade pelos usos e resultados provenientes dos modelos IA, incluindo terceiros contratados, requer claros níveis de responsabilidade, procedimentos para o desenvolvimento, aplicação e atualizações de algoritmos para negociação de ativos, ou para resolver os problemas identificados no monitoramento desses algoritmos.

Claros níveis de responsabilidade significa uma estrutura de governança interna documentada (que inclui gestão de risco, *compliance* e análises jurídicas

envolvidas). De forma objetiva e no intuito de concretizar o conceito, sugere-se que os reguladores considerem que os agentes:

- entendam exatamente de que forma a IA está sendo utilizada, bem como seus resultados;
- implementem controles e estruturas de governança adequadas para supervisionar e, se necessário, alterar resultados provenientes dos algoritmos de IA (mesmo que originários de terceiros);
- formulem uma metodologia transparente, documentada e tenham processos de auditoria desenhados para verificação do uso da IA, inclusive durante a aplicação e uso do modelo;
- avaliem constantemente se a tecnologia tem sido aplicada de maneira consistente com o apetite de risco da companhia, com a tolerância do risco do cliente e, acima de tudo, se tem sido aplicada de maneira ética.

3.5.2 Medida 2: testes prévios e constantes

Como segunda medida, a IOSCO sugere que os agentes do mercado financeiro testem e monitorem os algoritmos continuamente, de forma a validar os resultados provenientes da aplicação da IA. Os testes devem ser conduzidos antes da aplicação do modelo e em um ambiente específico e separado, a fim de verificar: (i) como o modelo se comporta em condições extremas do mercado (grande *stress* ou grande *calmaria*); e (ii) se o modelo opera de maneira a atender todas as exigências regulatórias aplicáveis.

Esses testes devem buscar refletir ao máximo a realidade do mercado, com sua complexidade e risco sistêmico envolvidos na aplicação da IA. E quando o modelo passar a ser aplicado, sua performance e resultados devem continuar a ser monitorados em tempo real. No ambiente real, é imprescindível que exista em cada algoritmo a funcionalidade de “desligamento de emergência” (conhecida como “*kill switch*”), que a *kill switch* funcione efetivamente e que os seres humanos tenham acesso direto à ferramenta.

O uso da IA pelos agentes de mercado deve ser avaliado e testado com base nos riscos envolvidos, como por exemplo, abuso de mercado, violação de privacidade de dados, risco de gestão, segurança cibernética, possibilidade de violação de direitos

fundamentais, defesa da democracia, a fim de assegurar o cumprimento da finalidade do modelo durante seu desenvolvimento, bem como após a sua implementação.

Como mencionado anteriormente, o comportamento do algoritmo pode ser alterado de forma inesperada, conforme mais dados são disponibilizados para processamento. Para essa realidade, os agentes devem estar sempre atentos, atualizados e em busca de novas capacidades de testes e controles, no intuito de assegurar que os modelos com aplicação de IA continuem a ser monitorados conforme o algoritmo se transforme ou se ajuste no decorrer do seu ciclo de vida.

3.5.3 Medida 3: conhecimento

A terceira medida a ser solicitada dos membros da IOSCO refere-se à exigência de conhecimento em relação à IA pelos agentes de mercado. Com isso, a IOSCO expressamente solicita aos reguladores locais que exijam adequados níveis de expertise, conhecimento e experiência dos agentes de mercado para desenvolver, testar, aplicar, monitorar e supervisionar as atividades de IA utilizadas. Os times de *compliance* e gestão de riscos precisam ter condições de entender e avaliar os algoritmos produzidos, e de conduzir um procedimento de *due diligence* adequado em eventuais prestações de serviços por terceiros contratados (incluindo análise do nível de conhecimento, expertise e experiência dos colaboradores do terceiro).

A falta de conhecimento, experiência e expertise adequadas gera grandes dificuldades na supervisão e monitoramento dos modelos e de terceiros. Por isso é essencial que os agentes de mercado que possuam ofertas ou serviços amparados ou que se utilizem da aplicação de IA tenham condições de internamente supervisionar e garantir o funcionamento dos modelos dentro dos padrões esperados, ainda mais em um ambiente regulado, complexo e sensível como o mercado financeiro.

A multidisciplinaridade é inerente à realidade da IA, e essa característica deve estar refletida nos times das sociedades atuantes no mercado que, novamente, precisam ter condições de se envolver com as linhas de negócio e, ao mesmo tempo, supervisionar o comportamento das ferramentas de IA, mantendo constante avaliação dos riscos envolvidos.

Em vista dessa realidade, cientistas de dados, time de tecnologia, administração de dados, gestão de riscos, *compliance*, jurídico devem constar nos

times dessas sociedades e devem interagir constantemente, além de manter registros e documentos dos procedimentos adotados e esperados, no intuito de se evitar a pessoalidade e garantir a continuidade dos controles necessários.

3.5.4 Medida 4: vigilância dos contratados

Os reguladores devem solicitar aos agentes de mercado que adequadamente compreendam o nível de confiança e administrem o relacionamento com provedores terceirizados, incluindo o monitoramento e supervisão de sua *performance*. A fim de garantir a adequada responsabilização, os agentes devem celebrar contratos com níveis de serviços bastante claros e objetivos, com o escopo e direitos e obrigações (e responsabilidades) expressamente definidos no contrato com o provedor. Indicadores de *performance* e penalidades por descumprimento (ou baixa *performance*) devem estar contidos no escopo desse tipo de contrato.

Resiliência operacional e confiança nos prestadores de serviço terceirizados são causadores de grandes preocupações para as sociedades que se utilizam de técnicas de IA. A fim de adequadamente ter condições de conferir responsabilidade, os contratos devem ser muito bem elaborados e discutidos, para que todas as obrigações fiquem claras às partes.

Nesse contexto de grande relevância dos prestadores de serviço em tecnologia, ainda mais associados à IA, a IOSCO publicou alguns princípios para a terceirização que devem ser considerados quando houver contratação para desenvolvimento, teste ou supervisão em IA e ML. Apesar de bastante rico e informativo, para o benefício deste trabalho esses princípios não serão objeto do nosso estudo.

3.5.5 Medida 5: transparência

Outra medida apresentada pela IOSCO refere-se ao nível de transparência das informações referentes à IA que os agentes de mercado devem fornecer. Nesse sentido, os reguladores devem se posicionar de maneira a exigir a (i) disponibilização de informações relevantes quanto ao uso da IA aos clientes, bem como quanto ao impacto que a aplicação pode gerar; (ii) quais informações de IA deverão ser

disponibilizadas pelos agentes ao próprio regulador, de forma a permitir a supervisão apropriada do mercado.

O objetivo dessa medida é possibilitar aos clientes a maior compreensão possível da natureza e das principais características dos produtos e serviços com IA que recebem dos intermediadores financeiros, e como tais soluções podem ser impactadas pela tecnologia. Os agentes de mercado devem disponibilizar informação com qualidade e da melhor maneira possível para satisfazer esses objetivos. Essa transparência deve buscar providenciar às partes envolvidas (em um cenário não discriminatório) toda informação necessária para que sejam avaliados os riscos e benefícios envolvidos no uso da tecnologia. A linguagem deve ser clara e compreensível aos investidores, no intuito de construir uma base confiável e permitir aos clientes a compreensão dos produtos e serviços disponibilizados.

3.5.6 Medida 6: controles adequados

Os reguladores devem solicitar de seus membros controles adequados para garantir que os dados processados por IA possuam qualidade satisfatória para prevenir vieses, e que tais dados sejam em quantidade suficiente para permitir uma base solidificada para aplicação da IA.

Como já apontado anteriormente neste trabalho, a performance da IA é fortemente dependente da qualidade dos dados processados e da não ocorrência de vieses em seu processamento. O viés nos resultados provenientes da IA prejudicam os agentes de mercado e seus clientes (além do mercado em si), em razão do risco de discriminação ou de recomendação inadequada.

3.6 Considerações finais do relatório da IOSCO

Consoante o apresentado no resumo do relatório da IOSCO, não há dúvidas de que se trata de uma realidade a aplicação da IA no mercado financeiro e de capitais, e que esse fato gera consequências aos intermediadores do mercado, às gestoras de ativos, aos investidores, e ao mercado como um todo, e tais consequências podem ser sentidas como grandes eficiências em todo o mercado, ao mesmo tempo que podem gerar resultados negativos relevantíssimos.

Percebida toda essa conjuntura, a IOSCO precisou se manifestar, e o fez por meio da publicação desse relatório que, apesar de não ser obrigatório, espera-se que seja adotado por todos os seus membros.

O Relatório da IOSCO, como analisado, apresenta grandes contribuições para o endereçamento dos riscos identificados até o momento para a aplicação da IA. Não se trata de desestimular o uso da IA, mas pelo contrário, ao aceitar a utilidade da IA em face da dinamicidade do mercado financeiro e de capitais, buscou-se apresentar parâmetros e padrões para o uso saudável da IA nesse ambiente vigoroso e enérgico.

Entre todas as sugestões apresentadas pela IOSCO, é interessante observar a relevância da supervisão e controle humano nesse cenário, seja nas medidas de criação de processos e governança de IA, no acompanhamento do desenvolvimento, realização de testes e monitoramento constante dos algoritmos, no acompanhamento da qualidade dos dados processados no intuito de evitar vieses, no incentivo à transparência e esclarecimentos quanto à aplicação da IA, mesmo quando for aplicada por meio da contratação de terceiros, além das preocupações éticas inerentes à aplicação da IA.

Esse destaque da atuação humana demonstra como o uso da IA traz consigo a necessidade de atividades humanas ativas e representa a ampliação da capacidade humana nas tarefas a serem desenvolvidas pela IA. Os seres humanos têm e terão uma função muito relevante nas diversas aplicações da IA (ainda mais no mercado financeiro), e verão também suas capacidades amplificadas por conta da tecnologia.

O caminho já foi inaugurado, apesar de ainda estar no princípio. Mesmo assim, já se pode vislumbrar um caminho compartilhado (para ser mais bem trilhado), entre tecnologia e seres humanos, principalmente em um campo tão dinâmico e ao mesmo tempo sensível, como o mercado financeiro e de capitais.

4 Aplicação da Inteligência Artificial no Mercado de Capitais: HFT

4.1 *High Frequency Trading* (“HFT”)

Como temos analisado durante o decorrer deste trabalho, o mercado de capitais tem-se demonstrado um grande campo de florescimento e aplicação da tecnologia no transcorrer do tempo. É fácil observar que diversas formas de tecnologia foram desenvolvidas e aplicadas primordialmente no âmbito do mercado de capitais. Isso ocorre em razão do grande dinamismo, da busca pela mitigação dos riscos e do desejo de aumento dos retornos, características inerentes ao mercado de capitais. E essa realidade, da aplicação da tecnologia, é repetida quando tratamos da IA.

Até aqui vimos como a Europa – buscando uma posição relevante – tem se posicionado quanto à utilização da IA, analisamos a postura brasileira (ainda que incipiente) e, mais especificamente, como a IOSCO apresentou suas preocupações e recomendações quanto à aplicação da IA no mercado de capitais, de forma a instruir e preparar seus membros (reguladores regionais dos mercados de capitais) e os próprios participantes, alertando-os a respeito dos riscos envolvidos, das melhores ferramentas para evitá-los e de como instruir os investidores e agentes de mercado a lidarem com essas situações extremamente novas.

A partir de agora vamos focar nossos estudos em mais uma das novas situações trazidas ao mercado de capital pela tecnologia: aprofundaremos a análise quanto aos *High Frequency Trading* (“HFT”), modalidade de negociação de ativos mobiliários que se utiliza da velocidade de processamento e análise de dados para construir estratégias no mercado de capitais, normalmente realizada por meio de algoritmos. Essa é apenas uma primeira visão desse modelo, que será objeto da nossa atenção durante este capítulo.

No intuito de entender de maneira mais prática como esse modelo de investimento é aplicado, vale descrever algumas características do mercado de capitais e como algumas regras são aplicadas na prática, para que seja perceptível a “área” ou momento de atuação dos HFTs.

Após essa introdução, trataremos dos principais e mais relevantes riscos envolvidos nessa prática, como riscos sistêmicos e a eventual falta de isonomia no mercado, riscos esses que são inerentes à aplicação da IA ao mercado de capitais. Vale retomar, tais riscos foram endereçados também pela IOSCO como situações

reais que precisam ser evitadas (nesse sentido, tratou de sugerir algumas hipóteses que mitigam as potenciais consequências negativas, como já analisamos).

4.2 Algoritmos no Mercado de Capitais

Nesse contexto, vale mencionar o estudo realizado por Hendershott, Jones e Menkveld em 2011⁵⁶, citado por Isac Silveira da Costa na excelente obra denominada *High Frequency Trading (HFT) em Câmera Lenta*⁵⁷ que, ao analisar a negociação realizada por algoritmos concluem que

[...] essa atividade contribuiu positivamente para a diminuição dos custos de negociação (pela redução dos *spreads* e diminuição do tempo de execução das ofertas) e a eficiência informacional dos preços, ressalvado que ainda não foi comprovada a afirmação de que, em períodos de grande volatilidade, algoritmos continuam a propiciar liquidez para o mercado e, adicionalmente, a presença de algoritmos no mercado fez com que a profundidade do livro de ofertas diminuísse, o que prejudicaria a negociação de grandes lotes, a despeito da diminuição do *spread*.⁵⁸

Também vale mencionar o trecho do livro que apresenta o estudo a respeito dos efeitos dos algoritmos nos mercados:

Boehmer, Fong e Wu (2015), analisando dados intradiários de quarenta e dois mercados distintos entre os anos de 2011 e 2011 concluíram que a atividade algorítmica de um modo geral (não apenas HFT) contribuiu para o aumento de volatilidade nos mercados, comprometendo sua qualidade nesse quesito, embora tenha impacto positivo sobre a liquidez e eficiência informacional. Os autores indicam que suas conclusões são válidas para várias técnicas de negociação algorítmica e boa parte dos mercados presentes em sua amostra de dados apresentam a ressalva de que evidências empíricas sobre a atividade de HFT, além de serem conflitantes, contrastam significativamente com as previsões resultantes de estudos realizados a partir de simulações usando modelos teóricos.⁵⁹

Assim, desde o início, é importante estabelecer que as negociações algorítmicas e os HFTs não são necessariamente prejudiciais ao mercado de capitais,

⁵⁶ HENDERSHOTT, Terrence; JONES, Charles M.; MENKVELD, Albert J. Does Algorithmic trading improve liquidity? *The Journal of Finance*, v. 66, nº 1, fev. 2011. Disponível em: <https://faculty.haas.berkeley.edu/hender/Algo.pdf>. Acesso em 10 set. 2021.

⁵⁷ COSTA, Isac Silveira da. *High frequency trading (HFT) em câmera lenta: compreender para regular*. São Paulo: Almedina, 2020. p. 70.

⁵⁸ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 70.

⁵⁹ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 71 e 72.

como mencionam as duas citações anteriores. No entanto, precisaremos entender como funciona essa prática, para que seja possível debater a respeito dos riscos envolvidos e algumas soluções apresentadas pela doutrina especializada.

4.3 Definições e conceitos relevantes

Assim como fizemos durante todo o presente trabalho, a melhor maneira de tratar de assuntos não corriqueiros, principalmente ao Direito, é estabelecer a linha básica de conhecimento. Para esse fim, explanaremos os conceitos dos modelos a serem estudados. E, para isso, vale tratar a respeito da negociação algorítmica para, em seguida, tratarmos da negociação algorítmica em alta frequência. Aqui não haverá qualquer risco de repetição de assunto, já que até o momento endereçamos as considerações a respeito da IA aplicada ao mercado de capitais. Nesse momento, o estudo será direcionado às operações e estruturas práticas do mercado, para que fique claro ao leitor como os conceitos debatidos anteriormente têm relevância e aplicações no mercado.

Negociação algorítmica,⁶⁰ portanto, ocorre quando investidores se utilizam de algoritmos para a tomada de decisão de investimento ou venda de determinado ativo, para implementar estratégias de execução de ofertas ou para ambas as atividades⁶¹. Como bem esclarece Isac Silveira da Costa, os dados de entrada utilizados por esses algoritmos constam dos livros de ofertas de ativos (quantidade e preço ofertados). Recebidos e analisados esses dados historicamente e durante um determinado intervalo de tempo (semanas, dias, horas ou milissegundos), o algoritmo processa esse conjunto de informações e sugere a execução de determinada ordem, como venda, compra ou manutenção do ativo (conforme os parâmetros determinados na criação e desenvolvimento do *software*).

A decisão de vender, comprar ou manter o ativo é tomada com base em diversos métodos e estratégias, como por exemplo, a decisão de vender determinados ativos quando há notável volatilidade no mercado, considerada uma determinada

⁶⁰ Como trata-se do contexto de mercado de capitais, estamos nos referindo exclusivamente a negociação algorítmica de ativos negociados no mercado de capitais.

⁶¹ JOHNSON, Barry. *Algorithmic trading and DMA: An introduction to direct access trading strategies*. Londres: 4Myeloma Press, 2010, p 12 e ss.

média móvel⁶², ou uma execução escalonada de ofertas com intuito de reduzir o preço médio de aquisição, ao combinar ofertas limitadas e ofertas a mercado.

Leshik e Cralle, em sua obra *An Introduction to Algorithmic Trading* consolidam algumas vantagens da negociação algorítmica, que podem ser sintetizadas da seguinte maneira: (i) há maior velocidade e maior quantidade de operações realizadas; (ii) agilidade para contabilizar as operações, para ter tudo registrado automaticamente; (iii) grande redução de erros humanos; (iv) desempenho consistente com as condições de mercado do momento do desenvolvimento da aplicação; (v) eliminação do *stress* humano (físico e emocional) vivido nas negociações.⁶³

Interessante notar que os benefícios elencados geram real valor ao mercado, trazendo eficiência, o que resulta em um mercado mais dinâmico e eficaz, como veremos mais à frente.

Esclarecidas essas considerações e as vantagens apresentadas, trataremos de uma espécie diferenciada no gênero negociação algorítmica, a denominada negociação algorítmica de alta frequência (*high frequency trading*), que tem como característica marcante o elevado número de mensagens enviadas aos sistemas de negociação em pouquíssimo intervalo de tempo. Observa-se o uso do termo “mensagens”, que nesse contexto significa o envio de solicitações de inclusão de ofertas, cancelamento ou alteração, e não necessariamente a realização das operações encaminhadas (fechamento dos negócios).

Para a completude dessa definição, faz-se necessária a quantificação do termo “elevado número”, que pode se demonstrar bastante subjetivo. Isac Silveira da Costa indica a existência de duas respostas possíveis:

Primeira, podemos utilizar o conceito de “oferta efêmera” (*fleeting orders*), puramente pragmático: HFT é todo investidor para o qual, em um dado pregão, são identificadas ofertas efêmeras, isto é, ofertas cuja diferença de tempo entre sua inserção e uma atualização ou entre duas atualizações seja inferior a, por exemplo, 100 milissegundos.

(...)

Segundo, para qualificar o número de mensagens enviadas por certo investidor como elevado podemos nos valer de medidas de posição em uma distribuição do número de mensagens por investidor. Assim, aqueles que estivessem, por exemplo, no decil (ou outro percentil à escolha do regulador) da distribuição ordenada dos investidores

⁶² COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 38.

⁶³ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 39.

segundo o número de mensagens, poderiam ser considerados de alta frequência.⁶⁴

Observa-se pelas respostas apresentadas que indicar um conceito fechado para HFT parece simples, porém não é fácil, já que parâmetros e medidas são necessários e, para a definição de quais medidas ou parâmetros serão utilizados há grande discussão (essa dificuldade de enquadramento conceitual é tema recorrente nesse trabalho, uma vez que estamos estudando temas dinâmicos, inovadores e desafiadores à sociedade e, especificamente, ao Direito. No entanto, não nos refutamos ao estudo, apesar dos obstáculos, muitas vezes reiterados, mesmo que em circunstâncias diversas).

Vale mencionar que alguns órgãos, em determinado momento, apresentaram parâmetros para a definição objetiva dos HFTs, como a ASIC (*Australian Securities and Investments Commission*), em 2013, que investigou o comportamento e consequências de HTFs no mercado de capitais australiano durante o ano de 2012, conforme uma definição local estabelecida.

Apesar de diversas comissões de valores mobiliários buscarem endereçar o tema, cada uma buscando entender a peculiaridade do seu mercado local, o posicionamento da IOSCO, a respeito de HFT, em seu relatório publicado em 2011⁶⁵, menciona que uma definição “fechada” de HFT pode até mesmo ser prejudicial ao mercado e inútil para fins regulatórios, que já a rapidez com que uma tecnologia pode se tornar defasada representa grande potencial do conceito se tornar obsoleto, considerado o desafio de descrever um fenômeno complexo e de maneira simplificada e objetiva, e com características que são modificadas de acordo com o mercado e com os diversos instrumentos financeiros.

Reconhecida essa realidade, já demonstrada por diversas vezes no decorrer deste trabalho, a SEC (*Securities and Exchange Commission*) optou por estabelecer uma definição ampla para os HFTs, que devem ser entendidos como investidores profissionais que atuam em nome próprio e se utilizam de estratégias para gerar um grande número de operações diárias, observadas determinadas características⁶⁶ que,

⁶⁴ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 39 e 40.

⁶⁵ IOSCO – International Organization of Securities Commissions. *Regulatory Issues Raised by the Impact of Technological Changes on Market Integrity and Efficiency*. 2011. Disponível em: <https://www.iosco.org/library/pubdocs/pdf/IOSCOPD354.pdf>. Acesso em: 8 mar. 2022.

⁶⁶ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 45. Em inglês: “*It typically is used to refer to professional traders acting in a proprietary capacity that engage in strategies that generate a large number of trades on a daily basis.*”

de acordo com a SEC são: (i) grande quantidade de negócios diários; (ii) utilização de algoritmos para geração, roteamento e execução das ordens; (iii) mínima latência possível, com a contratação de serviços de *co-location*; (iv) grande quantidade de ofertas, sendo muitas delas canceladas antes da realização de negócios; (v) posições mantidas em intervalos de tempo curtíssimo; e (vi) fechamento de todas as posições ao final do pregão.

Essas características identificadas pela SEC praticamente consolidam as diversas outras tentativas de definição ou identificação de comportamento dos HFTs. A própria IOSCO (bem como diversos outros órgãos reguladores regionais) também dispôs uma lista de elementos para identificação dos HFTs, mas para os fins deste trabalho, seguiremos com a definição ampla e as características apresentadas pela SEC, com a exceção de que, não necessariamente, os HFTs tenham que trabalhar apenas com recursos próprios.

4.4 Principais argumentos no debate a respeito das atividades de HFT

Seguindo o padrão de organização deste trabalho, definimos primeiramente as características e um conceito (mesmo que bastante amplo) para HFTs, para então apresentarmos a discussão a respeito dos riscos envolvidos nessa prática, e dos eventuais benefícios.

Por exemplo, em razão do evento que ficou conhecido como *Flash Crash*, diversos estudos passaram a analisar os dados relacionados àquele evento a fim de entender, identificar e buscar combater os prejuízos causados pelos HFTs. Porém constatou-se que não foram os HFTs os causadores do *Flash Crash*, apesar de terem contribuído “para a rápida propagação do movimento abrupto dos preços em diferentes mercados.”⁶⁷

Como o estudo de Isac Silveira da Costa bem destacou,

[...] o ponto central desse debate envolve a identificação do impacto específico da atividade de HFT, em contraposição à negociação algorítmica em geral, isto é, dadas as características estruturais enumeradas anteriormente (tecnologias e padrões de atuação) seria correto afirmar que haveria uma frequência limite, a partir da qual a negociação se torna prejudicial ao mercado, a despeito de eventuais efeitos positivos?⁶⁸

⁶⁷ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p.72.

⁶⁸ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 72.

A pergunta levantada pelo autor é bastante pertinente, já que permeia todo o estudo a respeito de HFT, se há um limite objetivo, mensurável, para determinar que uma negociação realizada por algoritmo passa a ser necessariamente evitável. Como desenvolveremos no decorrer deste capítulo, não entendemos ser esse o caso.

E considerada a realidade de que a definição de HFT ou é ampla demais, ou precisa necessariamente de parâmetros e métricas que podem variar conforme a intencionalidade do sujeito, conclui Isac que “a regulação parece não ter outra opção que não seja a de compreender os efeitos negativos e riscos decorrentes da atividade de HFT, para que estes possam ser prevenidos ou mitigados, além de fiscalizar e punir a prática de condutas ilícitas.”⁶⁹

Diante desse cenário, o autor consolidou os argumentos presentes nesse debate da seguinte maneira:

“a) a atividade de HTF geralmente contribui para uma maior liquidez e um menor *spread* do livro de ofertas, o que reduz custos de negociação;

b) a liquidez gerada pelos HFTs pode ser apenas aparente, já que algumas vezes induz a demanda ou a oferta ou negociam apenas pequenos volumes no intuito de identificar grandes investidores e antecipar-se a eles, aumentando o custo de negociação;

c) HFTs contribuem para uma melhor eficiência informacional do mercado pois reagem rapidamente a novas informações, fazendo-as refletir nos preços e propagando-as em diversos mercados;

d) por terem condições de tomar decisões com base em informações de curto prazo, HFTs acabam por gerar ruídos nos preços, o que tende a comprometer a eficiência informacional e prejudicando a eficiência alocativa;

e) o possível mal funcionamento de algoritmos, especialmente nos casos de HFTs, tem capacidade de gerar e amplificar movimentos repentinos no mercado, o que tende a aumentar a volatilidade;

f) em momentos sensíveis do mercado (como o evento que ficou conhecido como *Flash Crash*), HFTs podem deixar de negociar, gerando um vácuo de liquidez que ajuda a propagar movimentos bruscos e a aumentar a volatilidade (ao invés de diminuí-la);

⁶⁹ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 72

g) em razão do elevado número de mensagens intradiárias, HFTs podem causar externalidades negativas aos demais participantes do mercado, já que podem sobrecarregar os sistemas de informação das bolsas e intermediários e desafiar as atividades de supervisão de mercado conduzidas pelos reguladores;

h) HTFs aparentemente possuem vantagens por ter acesso a dados referentes às negociações antes dos demais investidores, pois se utilizam das tecnologias de minimização de latência (proximidade física das bolsas de valores, alta velocidade de conexão, *co-location*);

i) ao utilizarem o mecanismo de *flash orders*, HFTs, podem acabar com a equidade do mercado, bem como com sua transparência;

j) HFTs admitem novas maneiras de manipulação de mercado, aproveitando-se de sua tecnologia e alta velocidade para antecipar-se aos demais investidores (como no caso de *front running*) e de sua capacidade de enviar e cancelar ofertas rapidamente para buscar ludibriar o mercado (*layering* e *spoofing*).⁷⁰

Essa síntese é relevante para o presente trabalho pois já coloca em perspectiva todas as preocupações e serventias normalmente desenvolvidas a respeito de HFT, o que norteará o desenvolvimento do restante do texto. E claramente demonstra que os HFTs têm potencial para gerar grandes estragos ao mercado, ao possibilitarem novas formas de manipulação ou propagação muito rápida de distorções, por exemplo. Mas, ao mesmo tempo, são instrumentos que permitem geração de liquidez e eficiência informacional do mercado ao reagirem rapidamente às novas informações e refletirem-nas nos preços. Vamos buscar analisar, portanto, qual a melhor postura a ser adotada pelos reguladores a respeito dessa prática presente no mercado de capitais.

4.5 HFT no mercado brasileiro

Compreendida essa realidade e a relevância do estudo dessa prática, bem como os principais argumentos favoráveis e contrários, vale tratar da pertinência desse assunto para a realidade brasileira. Não vamos nos aprofundar demais dessa análise, já que o presente trabalho busca demonstrar as consequências da tecnologia no mercado financeiro, ou seja, busca-se o estudo de maneira mais genérica e ampla,

⁷⁰ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 73 e 74.

não especificadamente de determinada região ou país. No entanto, é sempre relevante buscar trazer o estudo ou pesquisa para a nossa realidade, a fim de que a sociedade brasileira seja impactada pelo estudo ou, ao menos, que seja demonstrada que há importância prática no estudo desenvolvido para a nossa nação.

A prática de HFT está presente no mercado de capitais brasileiro (ao menos, pode estar presente), mesmo que o mercado de capitais brasileiro não seja o ambiente ideal para a atividade de HFTs, por não apresentar o nível de desenvolvimento de outros, quando se trata, principalmente, de dois aspectos: (i) fragmentação de mercado: cenário em que há mais de uma bolsa de valores e, portanto, são concorrentes entre si; e (ii) grande liquidez de ativos.

Assim, Isac Silveira da Costa relata que

[...] em 2010, quando a BM&FBovespa introduziu a Política de Tarifação de Operações para Investidores de Alta Frequência⁷¹, visando atrair esse tipo de negociação para o Brasil, um dos argumentos indicados para apresentação desse instrumento foi exatamente o de aumentar o provimento de liquidez. HFTs trariam o 'benefício inequívoco de proporcionar liquidez aos mercados administrados pela Bolsa.'⁷²

Interessante notar o fato descrito acima, em que a bolsa de mercado brasileira se posiciona a favor do incentivo a prática de HFT, visando os benefícios esperados, principalmente a geração de liquidez.

Por isso, sim, apesar dos desafios do mercado brasileiro, os HFTS estão presentes na bolsa de valores de São Paulo ("B3"). E, se tiveram um início tímido, em 2015 já representavam mais de 45% no número de negócios realizados na então BM&FBovespa, atual B3.

A B3 considera HFT para fins da referida Política de Tarifação:

[...] investidor que opera grandes volumes de *daytrade*, podendo ou não fazer uso de algoritmos automatizados para execução de suas ordens. Para fazer jus ao status de HFT, o investidor deve ser credenciado e atender às condições estabelecidas pela BM&FBovespa^{73, 74}.

⁷¹ Ofício Circular 028/2010-DP.

⁷² COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 74.

⁷³ As tarifas aplicáveis às atividades HFT encontram-se publicadas: B3. Programas de Incentivo. Disponível em: http://www.b3.com.br/pt_br/produtos-e-servicos/tarifas/listados-a-vista-e-derivativos/programas-de-incentivo/tarifas-de-programa-hft/. Acesso em 18 fev. 2022.

⁷⁴ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 74.

Conhecida essa Política de Tarifação e credenciamento para HFTs, pode-se claramente identificar que um investidor que atue com HFT poderá optar em não se cadastrar na B3 para que não tenha que se submeter (ao menos desde o início) a tais políticas e possa tentar “escapar” da supervisão da bolsa para as atividades de HFT.

4.6 Principais motivos para o estudo dos HFTs

A ciência de que os HFTs estão presentes no mercado brasileiro já é motivo suficiente para estudá-los. Mas, além disso, Isac destaca outras quatro razões, sendo que três delas podem também ser refletidas na presente pesquisa.

A primeira razão é que o debate pode permitir a revisão de alguns pressupostos teóricos da regulação do mercado de capitais, como o modelo de escolha racional e a hipótese do mercado eficiente, bem como os seus principais objetivos: equidade, transparência, eficiência, redução de risco sistêmico e proteção ao investidor.

Uma segunda razão aplicável é que a utilização de algoritmos no mercado de capitais (como diversas vezes temos tratado no presente trabalho), “seja a negociação de alta ou baixa frequência, suscita discussões complexas sobre novas formas de se praticar o ilícito de manipulação de mercado.”⁷⁵

Por fim, a terceira razão é que, ao buscar entender possíveis intervenções regulatórias, passa-se a “analisar os principais riscos associados à negociação no mercado secundário, tais como o risco de crédito, o risco operacional e o risco sistêmico e a relação desses riscos com conceitos de liquidez e volatilidade”⁷⁶, o que traz relevância prática para este estudo, tornando-o ainda mais relevante para a sociedade e o mercado brasileiro.

Com esse pensamento e verificada a realidade, percebe-se que o mercado apresenta disfunções e que, para compreender a natureza dessas patologias e sugerir eventuais remédios ou incentivos, é preciso entender claramente como o mercado funciona, suas regras, o desenho das instituições e como os agentes atuam por meio de incentivos.

4.7 Bases do funcionamento do mercado de capitais

⁷⁵ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 77.

⁷⁶ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 77.

Primeiramente, vale mencionar uma das características mais essenciais do mercado de capitais: o binômio risco-retorno. Com base nesse conceito ou ideia de retorno esperado, considerando o risco envolvido, o agente econômico do mercado busca tomar suas decisões de alocação de investimento. E esse processo de decisão considera o modelo de escolha racional. “Cada indivíduo (investidor), com base nos resultados desejados (de retorno de investimento e probabilidade de perdas), elenca as alternativas que pode selecionar e avalia o custo e o retorno provável de cada uma delas.”⁷⁷

Esse processo de escolha com base nas informações disponíveis é descrito pelo autor Isac Silveira da Costa da seguinte forma:

O indivíduo escolhe a melhor opção dentre as que conhecer, decidindo com base na informação disponível. Dada a complexidade das informações necessárias para selecionar e a avaliar as escolhas possíveis, apenas alguns aspectos da realidade são selecionados – fala-se em racionalidade limitada (bounded rationality), segundo a qual os indivíduos adotam regras heurísticas.

Nessa linha de pensamento utilitarista, diz-se que os investidores possuem aversão ao risco (risk averse), isto é, procuram alternativas de investimentos nas quais têm a menor probabilidade de incorrer em perdas. Só irão tomar certos riscos, se a perspectiva de retorno for elevada: fala-se em prêmio de risco (risk premium).

Mas outras opções podem ser escolhidas conforme o binômio risco-retorno. Investidores podem tolerar certos riscos se houver expectativa de retornos superiores aos que seriam obtidos com investimento em um ativo livre de risco. A expectativa de retorno (risk premium) deve ser, portanto, proporcional ao risco incorrido.⁷⁸

Por mais que possa ser vista como algo inerente ao mercado de capitais, a relação entre retorno e risco precisa ser apresentada e comentada, para que seja viável a construção crítica ao processo de escolha racional.

O processo de escolha racional conduzido pelos investidores, principalmente os considerados investidores informados, é o que se considera como majoritário no mercado, inclusive para fins de regulação.

Interessante verificar a análise de Gustavo Franco a respeito do racional para o funcionamento do mercado: “tudo o que se faz no mercado tem a ver com previsões sobre o futuro, sem as quais nada funciona [...] o preço é uma síntese dessas

⁷⁷ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 96.

⁷⁸ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 96.

concepções sobre o futuro, ainda que de forma efêmera, emocional ou falsificada.”⁷⁹ O resultado dessa prática é que “o mercado revela o pensamento médio da coletividade sobre o futuro”⁸⁰.

Assim, os investidores são orientados por informações, que podem ser classificadas em duas categorias: (a) informações explícitas ou (b) informações implícitas, sendo que os investidores informados utilizam-se das informações explícitas para tomar suas decisões de investimento (compra, venda, manutenção do ativo), de maneira a buscar, ao máximo, que as informações disponíveis sejam refletidas imediatamente e corretamente no preço praticado para aquele ativo.

Além da definição de investidores informados, é relevante deixar claro outros dois tipos característicos: (i) investidores direcionais (*momentum traders*) e (ii) formadores de mercado⁸¹ (*market makers*), que são agentes responsáveis por prover liquidez no mercado para seus clientes. Esses dois grupos podem, conjuntamente, ser denominados investidores de liquidez (*liquidity traders*).

No intuito de obter resultados positivos, espera-se que investidores direcionais e formadores de mercado evitem negociar com investidores informados, já que a assimetria de informação existente entre eles poderá gerar prejuízos para os primeiros.

Sobre o tema:

É nesse ‘microcosmo’ inserido dentro de um mercado organizado em que os investidores se encontram. Nele encontraremos agentes que atuam sem intervenção humana, baseados em estratégias codificadas em programas (algoritmos) que incluem, editam e cancelam ofertas a sistemas eletrônicos de negociação.⁸²

Note-se a constatação de que é no mercado de capitais que os investidores (ou partes dispostas a negociar risco por retorno) se encontram, e que nesse cenário, não

⁷⁹ FRANCO, Gustavo. *As leis secretas da economia*. São Paulo: Zahar, 2012. p. 26.

⁸⁰ FRANCO, Gustavo. Obra citada. p. 27.

⁸¹ A B3 define formadores de mercado como “uma pessoa jurídica, devidamente cadastrada na BM&FBovespa, que se compromete a manter ofertas de compra e venda de forma regular e contínua durante a sessão de negociação, fomentando a liquidez dos valores mobiliários, facilitando os negócios e mitigando movimentos artificiais nos preços dos produtos. Cada formador de mercado pode se credenciar a atuar em mais de um ativo/derivativo, podendo exercer sua atividade de forma autônoma ou contratado pelo emissor dos valores mobiliários, por empresas controladoras, controladas ou coligadas do emissor, ou por quaisquer detentores de valores mobiliários que possuam interesse em formar o mercado para papéis de sua titularidade”. De toda forma, a relevância dos formadores de mercado é a sua capacidade de gerar liquidez dos ativos. (COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 99, rodapé).

⁸² COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 100.

há apenas seres humanos negociando, mas algoritmos programados para realizar essa troca de risco por retorno.

4.7.1 Um ambiente baseado nas informações

Além dessas disposições, ainda vale tratar de alguns conceitos relevantes para o nosso estudo.

Eficiência alocativa é conceito aplicado às situações em que os ativos com preços mais altos se encontram nas mãos dos investidores que lhes atribuem maior valor⁸³. E denomina-se *eficiência informacional* quando se trata da “velocidade e a precisão com que a divulgação de novas informações se refletem nos preços”⁸⁴ dos ativos. A eficiência informacional não se traduz em um mercado perfeitamente eficiente, no entanto ocorre conforme a velocidade dessa informação é refletida nos preços, o que depende de diversos outros fatores.⁸⁵

Em tese, depreende-se que “a eficiência informacional contribui para a eficiência alocativa”⁸⁶. Essa conclusão é lógica, já que, se os preços refletem o melhor das informações disponíveis, os investidores têm condições de avaliar os melhores ativos (considerado o binômio risco-retorno) e alocar seus recursos nos investimentos mais adequados. Todavia, Yadav, em seu artigo “How Algorithmic Trading Undermines Efficiency in Capital Markets”⁸⁷, questiona se algoritmos realmente contribuem para a eficiência alocativa. Por seu artigo, ele entende que algoritmos podem contribuir para a eficiência informacional, sem qualquer aumento da eficiência alocativa no mercado.

Outra questão relevante é a bastante mencionada “hipótese do mercado eficiente”, enunciada por Eugene Fama no ano de 1970. De maneira resumida e objetiva, por essa hipótese espera-se que um mercado que funcione de maneira adequada tenha refletido todas as informações disponíveis nos preços dos ativos. A obtenção das informações tem um custo, sendo que os agentes econômicos

⁸³ ARMOUR, John *et al.* *Principles of Financial Regulation*. Oxford: Oxford University, 2016.

⁸⁴ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 101

⁸⁵ GILSON, Ronald; KRAAKMAN, Reinier H. The Mechanisms of Market Efficiency. *Virginia Law Review*, v. 70, 1984.

⁸⁶ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 101.

⁸⁷ YADAV, Yesha. How Algorithmic Trading Undermines Efficiency in Capital Markets. *Vanderbilt Law Review*, v. 68, nº 6, nov. 2015.

competem entre si, no intuito de tomar as melhores decisões baseadas nas informações divulgadas.

Sobre esse tema, é pertinente o comentário de Isac Silveira da Costa:

Admitir que o mercado possui eficiência informacional significa dizer que o resultado dessa competição faz com que rapidamente os preços cheguem a um equilíbrio, agregando as percepções dos investidores a respeito da nova informação. A mudança contínua de preços revela que este é um equilíbrio dinâmico, dada a divergência de opiniões entre os investidores, mas, em essência, se há alguma informação relevante sobre o ativo, então necessariamente aquela já foi considerada e já foi incorporada no preço de mercado.⁸⁸

Em outras palavras, um mercado eficiente significa que as oportunidades são rapidamente percebidas e aproveitadas pelos agentes. Mesmo que ocorram assimetrias (e elas existem), os investidores detectarão as oportunidades de realizar lucro e realizarão as operações nesse sentido assim que uma nova informação for divulgada (é o conhecido *smart money*).

Eugene Fama apresentou três variações da hipótese de eficiência do mercado: hipóteses fraca, semiforte e forte.

A hipótese fraca estabelece que não é possível realizar negociações lucrativas com base apenas em dados históricos do ativo (análise gráfica ou técnica, por exemplo). A hipótese semiforte considera que o mercado precifica todas as informações relevantes ao preço, tão logo essas informações são reveladas ao mercado (demonstrações financeiras, resultados, dados econômicos, por exemplo). E, finalmente, a hipótese forte considera que o preço representa todas as informações referentes ao ativo, inclusive aquelas informações ainda não reveladas ao mercado. Por meio da hipótese forte, entende-se que ninguém possui condições suficientes para deter uma informação relevante a ponto de obter vantagens na formação de preços do ativo (por exemplo, nenhum executivo ou sócio tem condições de obter lucros, mesmo que possua informações privilegiadas quanto ao ativo).

O que é possível verificar nesse contexto é o fato de que, ao se entender que o mercado possui eficiência informacional, todos os investidores devem dispor, de forma isonômica, de acesso às informações relevantes para a decisão de investimento, o que resultaria, em tese, no alcance do preço do ativo ao mesmo patamar do valor intrínseco dele. Assim, depreende-se que há uma relação direta

⁸⁸ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 103.

entre o tratamento equitativo dos agentes econômicos (em relação ao acesso às informações), e a percepção de eficiência informacional do mercado. Para que esse objetivo de eficiência informacional seja atingido, não pode haver assimetrias de informação no mercado, de forma nenhuma.⁸⁹

Considerando esse conceito de eficiência informacional, vale a reflexão apresentada por Grossman e Stiglitz⁹⁰, que indicam que um preço “perfeito”, com todas as informações já refletidas e com todos os agentes cientes das mesmas informações ao mesmo tempo geraria um mercado praticamente sem contrapartidas, já que todos tenderiam a buscar a mesma alocação, considerando o melhor retorno e risco associados.

Nas palavras de Isac Silveira da Costa, mais uma vez esclarecedoras:

Ao que tudo indica, se houvesse apenas investidores informados, o mercado seria um mar com águas calmas. A presença dos demais investidores gera perturbações, assim como o vento cria as ondas, das quais pode porventura resultar um mar extremamente furioso. Um mar calmo poder ser a opção para quem deseja chegar a certo ponto a nado sem correr riscos. Mas sem vento, não já como seguir para distâncias maiores.⁹¹

A metáfora apresentada faz todo sentido, já que situações de aparente tranquilidade no mercado não representam, necessariamente, a melhor eficiência informacional. E mesmo que a informação tenda a ser precificada “imediatamente” pelo mercado, cada agente avalia o preço de forma subjetiva, o que tende novamente a gerar preços diferentes, oportunidades de compra e venda, dependendo da avaliação de cada operador.

Todavia, essa aparente realidade de que toda informação relevante será imediatamente refletida nos preços e que, como consequência, os investidores sempre tomarão a melhor decisão de alocação, só pode ser resultado de uma racionalidade precisa dos investidores. De outra forma, não haveria alocação nos ativos com melhores retornos e menores riscos.

Grossman e Stiglitz já trataram dessa inviabilidade de mercados totalmente eficientes em seu artigo publicado em 1980. Ali eles argumentaram a respeito do paradoxo da hipótese de mercado eficiente, por meio do qual não há incentivos aos

⁸⁹ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 109.

⁹⁰ GROSSMAN, Stanford J.; STIGLITZ, Joseph E. On the impossibility of informationally efficient markets. *The American Economic Review*, v. 70, nº 3, jun. 1980.

⁹¹ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 110.

investidores para buscar novas informações, já que há custos para a obtenção de informações e todas as informações disponíveis já estão precificadas. Ou seja, todas as oportunidades existentes no mercado já foram, em tese, capturadas por alguém.⁹²

Quando os preços refletem todas as informações e não há incentivos para a busca de novas informações, o mercado atinge um equilíbrio, e a partir desse momento, “nenhuma” nova informação é agregada ao preço. Os investidores passam, assim, a negociar como se não tivessem informação, o que gera volatilidade no mercado (com novas oportunidades). Essa falta de informação, por sua vez, incentiva investidores a buscarem novas informações, gerando investidores informados novamente, e o ciclo se reinicia.

Em decorrência, uma economia competitiva inviabiliza a possibilidade de sempre haver equilíbrio. Há equilíbrio desde que sempre exista algum desequilíbrio, mesmo que em pequeno grau.

Apresentada essa realidade, e com o desenvolvimento do pensamento econômico, o conceito de racionalidade no mercado ou agente racional passou a ser questionado. Diversos estudos foram conduzidos nesse sentido, e demonstram que efetivamente o mercado é conduzido não apenas de forma estritamente racional, mas por ser constituído e operacionalizado por seres humanos, diversas questões psicológicas (não necessariamente racionais) afetam e orientam o mercado. Por exemplo, a dificuldade de se reverem posições iniciais (denominado *anchoring*), a manutenção de posições sem motivos (conhecido como *belief perseverance*), confiança demasiada nas análises realizadas, mesmo que já não haja sentido (chamado de *hindsight bias*), ou a manutenção de determinada posição que se mostrou perdedora, na esperança de uma reversão e sucesso final (nominado como *escalation bias*). A respeito dessas posturas não imperiosamente racionais do ser humano (seja no mercado ou em outras situações), o pesquisador Daniel Kahneman consolidou suas pesquisas na valiosa obra “Rápido e Devagar, duas formas de pensar”⁹³.

Comportamentos anômalos do mercado passaram a ser verificados e esperados. Observa-se que, muitas vezes, novas informações ou dados relevantes não são necessariamente incorporados pelos investidores nos preços dos ativos, e em outras situações, o mercado passa da normalidade para a grande volatilidade sem

⁹² GROSSMAN, Stanford J.; STIGLITZ. Obra citada.

⁹³ KAHNEMAN, Daniel. *Rápido e Devagar: duas formas de pensar*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2012.

grandes motivos ou alterações do valor intrínseco do ativo. Mishki e Eakins verificaram esse tipo de realidade no mercado em seu livro *Financial Markets & Institutions*, publicado em 2012.⁹⁴

Essas novas considerações a respeito do mercado puseram a racionalidade dos investidores em cheque, e possibilitaram os chamados estudos econômicos comportamentais. Apesar disso, a necessidade de se buscar a eficiência do mercado e a transparência para com a divulgação das informações ainda são objetivos a se atingir no mercado, seja por incentivos econômicos, seja por meio da regulação do mercado. Portanto, a hipótese do mercado eficiente ainda deve ser uma referência e um alvo (mesmo que teórico) a ser alcançado.

Considerando todo o tratado acima e de maneira resumida, pode-se apresentar os pressupostos teóricos de funcionamento do mercado em três disposições, abaixo expostas.

Os investidores tomam suas decisões de investimento com base nas informações disponíveis, que direcionam as expectativas para o futuro (valorização, desvalorização ou manutenção do preço) em relação aos riscos envolvidos na operação.

Em segundo lugar, a movimentação dos investidores gera o reflexo das informações nos preços dos ativos. O mercado, portanto, é o instrumento para que as informações disponíveis aos agentes econômicos sejam refletidas nos preços dos ativos negociados.

E, em terceiro lugar, os investidores tomam suas decisões de maneira racional, considerando as informações disponíveis, os preços praticados e os riscos envolvidos.

Isac Silveira da Costa consolida essas proposições ao afirmar que “as forças de oferta e demanda se encontram em mercado, representadas, em grande parte, por investidores racionais que utilizam informações como matéria-prima para a decisão.”⁹⁵

Pois bem, além da eficiência, e para que ela seja atingida, há necessidade de que o mercado seja equânime e transparente. Com isso, afirma-se que há integridade no mercado. Janet Austin⁹⁶, após analisar alguns mercados de países relevantes, concluiu que a integridade do mercado:

⁹⁴ MISHKIN, Frederic S.; EAKINS, Stanley G. *Financial Markets & Institutions*. 7th ed. Boston: Prentice-Hall, 2012.

⁹⁵ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 115.

⁹⁶ AUSTIN, Janet. What exactly is market integrity? An analysis of one of the core objectives of securities regulation. *William & Mary Business Law Review*, v. 8, nº 2, 2017.

a) busca a extinção do abuso de mercado, que ocorre quando algum agente econômico, por qualquer motivo, coloca-se em uma posição que gera vantagem indevida para si em relação ao restante do mercado (como exemplo, pode-se mencionar manipulação do mercado, *front-running*, negociações com informações privilegiadas);

b) gera possibilidade de acesso ao mercado a todos;

c) resulta em transparência quanto às informações e precisa e imediata disponibilização dos preços a todos os agentes econômicos;

d) é resultado das informações corretas das sociedades emissoras de valores mobiliários, sempre publicadas ao mesmo tempo para todo o mercado.

Essa visão é relevante e levará às considerações quanto ao funcionamento do mercado e a utilização de HFT, principalmente quando pensamos nas práticas de *co-location* e acesso direto aos sistemas de negociação, práticas corriqueiras no mercado nacional e internacional. Trataremos dessas questões um pouco à frente no nosso trabalho.

O objetivo almejado, portanto, é que todas as informações sejam disponibilizadas ao mercado o quanto antes e isonomicamente a todos, conforme menciona Isac Silveira da Costa:

A divulgação das informações deve ser tempestiva e seu conteúdo completo e correto – temos, assim, um mercado transparente. Desse modo, cada um saberá em que risco incorre, as perdas que poderá sofrer, os projetos mais atrativos para serem financiados, a medida do risco de sua atividade que pode mitigar, trocando riscos com outros agentes econômicos.⁹⁷

As informações e sua divulgação tempestiva igualmente a todo o mercado possibilita a criação de um mercado mais transparente, justo e eficiente.

O conceito de justiça ou equidade no mercado significa que todos os agentes econômicos têm acesso às mesmas informações e ao mesmo tempo, ou seja, há equidade nas condições para a tomada de decisões. Sem dúvida que cada investidor se prepara de uma maneira, alguns muito mais arrojados e com estruturas mais robustas, outros de maneira mais simples e mais defensiva, no entanto, as informações relevantes devem estar disponíveis para todos de maneira equânime.

⁹⁷ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 116.

Esse é o objetivo principal de qualquer regulação do mercado financeiro: apesar da competição inerente pela melhor oportunidade, todos os jogadores do mercado devem estar em condições iguais para o jogo (têm acesso às mesmas informações e no mesmo instante).

Para se constatar, portanto, que um mercado é justo e transparente, espera-se que não exista assimetria de informação ou que, no mínimo, essa disparidade seja mitigada, e as informações sejam compartilhadas ampla e tempestivamente ao mercado, além de serem verdadeiras e completas.

Em razão do exposto, espera-se que o mercado seja equitativo, transparente e eficiente e, quando necessário, a regulação deverá ser utilizada para o atingimento desse ideal.

4.8 Acesso Direto ao Mercado

Acesso Direto ao Mercado (da sigla em inglês DMA – *Direct Market Access*) é uma prática legal e regulada na maioria dos mercados mundiais e, apesar de apresentar variações regionais, o conceito pode ser apresentado como o acesso direto, pelo investidor, aos sistemas de negociação da bolsa de valores por meio de sistemas de informação e infraestrutura tecnológica de um intermediário ou mesmo sem a necessidade do intermediário⁹⁸.

A B3, em 2008, publicou o Ofício Circular 021/2008-DP para tratar do novo modelo de negociação de acesso direto ao mercado, que dizia:

O modelo de DMA representa para o cliente final o acesso direto ao ambiente eletrônico de negociação em bolsa, autorizada por uma corretora e sob a responsabilidade desta, o que lhe permite enviar as próprias ofertas ao sistema de negociação e receber, em tempo real, as informações de difusão ao mercado, incluindo o livro de ofertas.

Essa forma de acesso é particularmente relevante para a negociação algorítmica, e principalmente à negociação de alta frequência (HFT).

4.9 Co-location

⁹⁸ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 157.

Esse serviço, que pode ser contratado na maioria das bolsas de valores do mundo, trata da locação de espaço físico e suporte técnico a serem prestados pela própria bolsa. Por esse modelo, o investidor envia suas ofertas por meio de programa instalado em equipamento hospedado no ambiente físico da bolsa de valores.

O objetivo e função desse serviço é disponibilizar maior velocidade para as operações, já que as ofertas tendem a chegar mais rápido por serem originadas no mesmo espaço físico. Praticamente não há tempo “perdido” durante o “deslocamento” físico entre a infraestrutura tecnológica da corretora e o ambiente físico da bolsa. Como sabemos que a minimização da latência entre o envio de uma oferta e o fechamento da negociação é relevantíssimo para os HFTs, em tese, esses serviços são supervalorizados para essa maneira de operar ativos.

Interessante ressaltar que até o comprimento dos cabos pode gerar diferenças na velocidade e, conseqüentemente, maior latência. Nesse sentido, a B3 publicou em sua Política Comercial de *Co-location* o seguinte:

Com o objetivo de manter a isonomia de condições e a igualdade na qualidade de serviço prestada a todos os clientes da B3, foi decidido que todos os cabos possuem o mesmo comprimento, sendo os cabos para administração das aplicações, negociação ou circuitos dedicados.⁹⁹

Dessa maneira, a B3 garante a isonomia entre todos os seus clientes que desejam se utilizar dos serviços de *co-location*.

4.10 HFTs no Mundo Real

Tendo sido apresentadas as características dos HFTs, algumas características e práticas do mercado que são relevantes para a utilização dos HFTs, os principais conceitos para este estudo, vale analisar algumas questões mais diretas quanto à sua utilização no mercado, possibilidade de condutas ilícitas, eventuais (ou principais) riscos envolvidos. Relevante mencionar que não temos o objetivo de abordar todas as possibilidades e detalhar todos as questões preocupantes que envolvem os HFTs, mas sim demonstrar como a tecnologia (neste caso, negociação por algoritmos de alta frequência) tem o potencial de gerar conseqüências no mercado de capitais. Para um

⁹⁹ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 164.

estudo aprofundado do tema, sugerimos a consulta à obra de Isac Silveira da Costa inúmeras vezes referenciada neste trabalho.

Conforme a obra mencionada trata do assunto e discorremos durante o texto, podemos relacionar as preocupações quanto aos HFTs a quatro principais controvérsias:

a) potencial para práticas ilícitas;

b) falta de tratamento isonômico para com os investidores, bem como quanto à disponibilização das informações relevantes;

c) riscos sistêmicos e operacional ampliados, considerando a possibilidade de grande volatilidade no mercado (ou outras consequências aumentadas em razão da velocidade dos HFTs);

d) maior risco de integridade do mercado, já que HFTs impactam na formação de preços, na eficiência do mercado e na sua liquidez.

Como destacado, uma das preocupações mais relevantes quanto ao uso de HFTs é a sua capacidade de realização de práticas ilícitas e prejudiciais ao mercado em razão da alta velocidade no envio das ofertas e fechamento (ou não) das operações. Com essa capacidade, os HFTs buscam se antecipar aos demais investidores e podem induzi-los a erros, como no caso de arbitragem de latência, operacionalizada por atividades conhecidas como *front-running*, *spoofing* e *layering*, que descreveremos mais detalhadamente a seguir.

A própria SEC (*Security Exchange Commission*, de Nova Iorque) e a IOSCO apresentam definições e estabelecem que *spoofing* e *layering* são artifícios utilizados, por meio de uma sequência de ofertas no livro, que buscam “criar um movimento direcional de curto prazo no preço de determinado instrumento financeiro”¹⁰⁰, de maneira a beneficiar o investidor que se posicionou (ou se posicionará) esperando esse movimento.

É o caso de um investidor que, possuindo uma posição em determinado ativo, no intuito de realizar uma negociação lucrativa ao final, coloca diversas ofertas limitadas em grandes quantidades e em níveis (camadas) diferentes, sempre em valor inferior ao melhor preço de compra. Com isso, o livro de ofertas demonstrará uma demanda artificial para o ativo, o que tende a gerar preços mais altos no curto prazo.

¹⁰⁰ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 205.

Considerando que o investidor é favorecido por esse incremento no preço, cancelam-se as ofertas artificiais e realiza-se a operação de venda em preço superior, com lucro.

Essa prática intencional e estratégica de gerar uma falsa demanda e induzir o mercado (ou outros investidores interessados no ativo) a negociar um ativo de maneira a provocar um movimento artificial no valor do ativo deve ser condenável. O ruído gerado torna o livro de ofertas, no mínimo, menos confiável.

É essa a lição da doutrina:

A noção de que as ofertas ilegítimas (*non bona fide orders*) se espalha por diversos níveis ou camadas de preços faz com a que conduta descrita anteriormente seja denominada de *layering*. Se a falsa liquidez é criada não por camadas de ofertas limitadas, mas sim por ofertas com quantidades desproporcionais às presentes no livro (criando a ilusão de que já há um investidor disposto a negociar uma grande quantidade do instrumento financeiro), a técnica é denominada *spoofing*.¹⁰¹

Considerando a falsa impressão de demanda gerada por tais práticas, concordamos que o regulador precise combater e idealmente extirpar essas estratégias do mercado.

O *Commodity Exchange Act* nos EUA também apresenta uma vedação à prática de *spoofing*, definindo-a como “enviar oferta de compra e venda com a intenção de cancelá-la antes de ser executada”¹⁰².

No Brasil, a B3 estabeleceu o conceito de *layering* e *spoofing*, conforme apresentados, respectivamente, a seguir:

[...] prática abusiva que cria liquidez artificial no livro do ativo via camadas de ofertas em níveis sucessivos de preços com o objetivo de influenciar investidores a superar a barreira criada pela camada e gerar negócios do lado oposto do livro.

[...] prática abusiva que cria liquidez artificial com ofertas de tamanho fora do padrão do livro de ofertas com o objetivo de influenciar investidores a superar a oferta artificial e gerar negócios do lado oposto do livro.

Em ambos os casos, após a realização de negócios bem-sucedidos pelo manipulador, a liquidez artificial na forma de oferta fora do padrão é cancelada.¹⁰³

¹⁰¹ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 206.

¹⁰² COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 206.

¹⁰³ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 207.

Além das práticas de *layering* e *spoofing*, há outras com as quais a atividade de HFT tem potencial para exponenciar ganhos e, conseqüentemente, danificar o mercado. Dessas, e em benefício do trabalho, vale explicitar a prática de *front-running*. Esse termo

[...] designa tradicionalmente uma prática ilícita segundo a qual um participante do mercado (normalmente um operador em um intermediário), de posse de informação acerca de oferta relevante de certo investidor (informação que tem algum tipo de dever fiduciário de guardar), negocia buscando obter benefício em razão da iminente movimentação dos preços (uma oferta relevante de compra poderá deslocar os preços para cima no curto prazo). Nessa nova modalidade de *front-running*, o agente não tem dever de guardar informação alguma acerca de determinada oferta relevante, da qual toma conhecimento em função da sua maior rapidez de acesso aos sistemas de negociação e de processamento de informações. Desse modo, consegue antecipar um aumento na demanda e oferta e se posicionar adequadamente, antecipando-se ao movimento direcional que projeta para o curtíssimo prazo.¹⁰⁴

Por essas práticas, portanto, a capacidade dos HFTs em obter a informação, analisá-la e tomar decisões de investimento tem o potencial, em tese, de gerar grandes benefícios aos seus praticantes. E, de certa forma, entende-se que em detrimento dos demais participantes do mercado, já que não há equidade no tratamento. Observa-se que a disponibilização da informação de forma mais rápida não ocorre apenas em razão da tecnologia utilizada pelos HFTs, mas também por “benefícios” disponíveis a esses investidores, como no caso da contratação de *co-location*.

De forma prática, o *front-running* pode ser praticado em mercados com mais de uma bolsa de valores, por exemplo (como é o caso do mercado dos Estados Unidos). HFTs possuem a capacidade de identificar ofertas relevantes para determinado ativo em uma das bolsas de valores (em tese, a bolsa com os custos operacionais mais baixos, ou seja, onde as operações ocorreriam em primeiro lugar). Ao verificar essa

¹⁰⁴ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 234, rodapé.

demanda no livro de ofertas, imediatamente os HFTs perceberiam a tendência de compra (ou venda) e identificariam a pressão de subida (ou diminuição) dos preços e, mais importante, se há ofertas suficientes nessa bolsa para suprir a demanda. Em caso negativo, já saberiam que o restante da demanda seria deslocada para a negociação na outra bolsa de valores. Identificadas essas informações antecipadamente em relação ao resto do mercado, estariam de posse de vantagem para já se posicionarem na segunda bolsa de valores de maneira a obterem lucros em suas operações.

Essa é umas das formas comuns de negociação *front-running*, no entanto, são praticadas “outras formas de antecipação de ofertas que envolvam a detecção de padrões de negociação em um único livro de ofertas e ação rápida para obter vantagem com base no padrão detectado.”¹⁰⁵ Ou seja, o espectro de práticas ilícitas tende a ser bastante amplo, mesmo que se verifique um constante combate e fiscalização contra essas atividades prejudiciais.

Quanto à equidade dos investidores e agentes econômicos, e transparências das informações relevantes para o mercado, os HFTs claramente apresentam vantagens em relação ao restante dos operadores. Em razão da maneira de funcionamento dos serviços de *co-location*, fica claro que as ferramentas (tecnologias) que têm capacidade e interesse para se utilizar desse tipo de serviço, somente o fazem porque receberão e transmitirão informações em maior velocidade que o restante do mercado, parecendo obter para si uma vantagem. Tanto parece haver vantagem que os HFTs aceitam arcar com os custos dessa operação (o que, em tese, não deveria ocorrer se não houvesse expectativa de benefício financeiro ao final da transação).

Para que uma bolsa de valores disponibilize serviços de *co-location*, é necessário que haja investidores interessados nessa oferta, e espera-se que tais investidores detenham algoritmos que se utilizem do acesso às informações privilegiadas (volume de ofertas, ofertas de compra e venda, número de negócios realizados, último preço realizado) para realizar negociações lucrativas, já que essas informações chegam ao seu conhecimento alguns milésimos de segundos antes do restante do mercado.

¹⁰⁵ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 236.

Essa expectativa de vantagem obtida quanto ao momento do recebimento da informação relevante parece, no entanto, tornar o mercado desequilibrado ou, no mínimo, não equitativo. Se essa é uma das bases de um mercado saudável, precisamos tentar entender o motivo dessa prática ser permitida.

Para esse fim, vale extrair um trecho da obra *HFT em Câmera Lenta*: compreender para regular, que trata exatamente dessa discussão:

Pode-se argumentar que, com relação aos serviços de *co-location* e acesso direto ao mercado, se estes são oferecidos nas mesmas condições a todos os participantes do mercado, então não haveria tratamento não equitativo – o que ocorreria apenas se houvesse algum tipo de discriminação. Nesse sentido, a equidade teria um conteúdo procedimental (uma igualdade formal): regras iguais para todos.

No entanto, embora a oferta desses serviços permita que, em teoria, qualquer investidor venha a adquiri-los, na prática são poucos os que dispõem de recursos necessários para tanto. Claramente, aqueles que pagam pela tecnologia de minimização de latência acreditam que estão adquirindo alguma vantagem competitiva.

A contrapartida à desigualdade de fato ou material seria a sua contribuição ao mercado no provimento de liquidez que beneficiaria investidores de longo prazo: o mercado se tornaria mais eficiente, por isso o sacrifício da equidade em uma perspectiva substantiva seria tolerável. A presença dos HFTs seria nociva apenas nos casos em que efetivamente houvesse imposição de perdas a outros investidores: são os usos que são dados a tecnologia e não a tecnologia em si mesma que permitem a aferição do que é equitativo e do que não é.

Assim, é possível conceber a atividade de HFT apenas como uma nova forma de realizar práticas corriqueiras do mercado, só que em uma velocidade muito maior. Sem evidências claras de que a tecnologia em si é nociva, a regulação deveria considerar apenas supervisão e punição de condutas ilícitas.¹⁰⁶

O posicionamento regulatório é fundamentado, portanto, no argumento de que a disponibilidade de acesso à informação em primeiro lugar (ou de maneira mais veloz) é apresentada a todo o mercado de forma equitativa. Não há diferenciação prévia entre os agentes por parte da bolsa de valores, apenas há aqueles operadores dispostos a arcar com os custos inerentes a essa oferta, e aqueles que não estão dispostos.

Fato é que essa prática de *co-location* não é configurada como uma atividade ilícita, seja no Brasil, nos Estados Unidos ou na Europa. E considerando a possível

¹⁰⁶ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 244 e 245.

vantagem dos tomadores desse serviço, ou seja, a potencial desigualdade precisa ser justificada e compensada de alguma outra maneira, para ser aceitável no mercado.

E a vantagem para o mercado dessa prática, principalmente quando se trata dos HFTs, é que há maior liquidez ao mercado, menor *spread* nos valores negociados, menor tempo de execução das ofertas e maior número de negócios (e faturamentos para as bolsas e intermediários), além de maior compensação entre os investidores, o que resultaria em melhores preços praticados.¹⁰⁷

Trata-se, assim, de uma construção regulatória baseada nesses benefícios criados a todo o mercado que, ao serem analisados de maneira macro, são permitidos e até estimulados pelos reguladores dos principais mercados de capitais do mundo.

4.10.1 HFTs e as potenciais consequências no mercado

Quanto ao relevante aumento do risco sistêmico e operacional, interessante notar novamente o potencial dos HFTs de exponenciar esses riscos, dada a velocidade com que operam no mercado, o que pode gerar grande volatilidade, principalmente em momentos de grande *stress* do mercado ou em casos de falha no algoritmo. É o que ocorreu durante o fato de desequilíbrio conhecido como *Flash Crash*, em que os algoritmos criaram um vácuo no mercado ao deixar de negociar em momentos de grande volatilidade, deixando de gerar a liquidez esperada e propagando movimentos exagerados. Ademais, argumenta-se que o grande volume de mensagens intradiárias para operações na bolsa enviadas pelos HFTs sobrecarregam os sistemas operacionais das bolsas, e atrapalham os demais investidores, além de dificultar a ação de supervisão do mercado por parte dos reguladores.

O sentimento da maioria dos investidores, portanto, traduzido pelas instruções da IOSCO, é pela busca da redução do risco sistêmico, pela proteção dos investidores e pela busca de que os mercados devem ser justos, eficientes e transparentes.¹⁰⁸

A fim de entender melhor o quão sensível o mercado pode se tornar em função da aplicação da tecnologia (nesse caso, das negociações por algoritmo e HFTs), é necessário tratarmos do conceito de risco sistêmico. Esse risco é entendido como a possibilidade de, em determinado momento e conjuntamente, parte considerável das

¹⁰⁷ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 254.

¹⁰⁸ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 260.

instituições financeiras serem atingidas por uma crise de inadimplemento, de maneira a gerar consequências gravíssimas para todo o funcionamento da economia.

Quando uma determinada posição de valor relevante no mercado deixa de ser adimplida, o funcionamento de todo o sistema tende a entrar em risco (pois, cada vez mais, todos os “sistemas econômicos” ou agentes econômicos estão interligados e são interdependentes). O funcionamento do sistema econômico como um todo, portanto, depende da prevenção da propagação da insolvência.

De maneira resumida, pode-se estabelecer que “o risco sistêmico diz respeito à integridade do sistema financeiro, tendo em vista a interdependência entre os agentes econômicos que o compõem, estando diretamente ligado ao conceito de risco de crédito.”¹⁰⁹

Outro fator intimamente relacionado ao assunto é o risco de mercado, que deve ser avaliado por qualquer investidor que deseje dele participar. Entende-se por risco de mercado a possibilidade dos preços dos ativos detidos pelo investidor se movimentarem no sentido contrário ao esperado, o que tende a gerar desvalorização significativa na carteira do investidor.¹¹⁰ Esse risco, por sua vez, está diretamente relacionado ao conceito de volatilidade.

Volatilidade refere-se à variabilidade (positiva ou negativa) dos preços de determinado ativo financeiro. Em tese, quanto maior a volatilidade, maior o risco do mercado (ou ativo) e, portanto, maior a chance dos investidores se afastarem desse mercado (ou ativo).

Assim, pode-se concluir que “maior volatilidade implica maior risco, tanto risco de mercado (maior probabilidade de movimentos adversos) como de crédito (maior probabilidade de inadimplemento) e, em última análise, risco sistêmico (maior probabilidade de insolvência e de efeitos cascata que comprometam a integridade do sistema financeiro).¹¹¹”

Outro risco a ser considerado e que pode ser potencializado pelas atividades dos HFTs é o risco operacional. Por risco operacional deve-se entender a possibilidade de ocorrer erros humanos, alto volume de negociações que desestabilizem os sistemas, erros de comunicações entre os sistemas, problemas de

¹⁰⁹ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 263.

¹¹⁰ HARRIS, Larry. *Trading & Exchange: Market Microstructure for Practitioners*. Oxford: OUP, 2003; e REILLY, Frank K.; BROWN, Keith C. *Investment Analysis & Portfolio Management*. 10. Ed. Mason: CENGAGE Learning, 2012.

¹¹¹ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 267.

infraestrutura, *hacking* e outras razões. De acordo com a B3, é definido como o “risco de perdas decorrentes de deficiências em sistemas de informação, controles internos e execução de processos.”¹¹²

Quando estamos falando de negociação algorítmica, um dos objetivos esperados é a busca pela eliminação dos erros humanos nas operações de mercado, conforme mencionamos desde o início. No entanto, outros vícios podem surgir dessa nova forma de negociar. Por mais que se busque desenvolver o melhor *software* e sejam aplicados diversos testes (como já comentamos em capítulos anteriores), um *software* não é perfeito e não pode prever todos os possíveis riscos ou comportamentos indesejados. Dessa inviabilidade de previsão exaustiva de equívocos resulta a possibilidade do algoritmo tomar decisões indesejadas em momentos excepcionais, como picos de grande *stress* no mercado.

Dada a grande quantidade de operações e volume normalmente operados por algoritmos (especialmente HFTs), esses equívocos ou comportamentos indesejados podem gerar *stress* ainda maior no mercado ou contribuir ativamente para uma situação de complicações operacionais. Nesse ponto, vale transcrever a citação de Isac Silveira da Costa:

HFTs contribuem para o aumento do volume (financeiro e de quantidade) negociado no mercado. Mas esse volume não é necessariamente sinônimo de liquidez. A partir de certo ponto, a liquidez excessiva pode resultar em um mercado instável, suscetível a efeitos manada (*herding*), conduzindo a choques de volatilidade, a *crashes*.

Os benefícios de redução dos custos de transação e a redução do *spread* e, em termos gerais, a utilidade da liquidez para o sistema econômico podem ter retornos decrescentes, ocorrendo uma saturação em determinado patamar de elevado nível de liquidez ou mesmo um declínio da utilidade, dado o aumento da volatilidade e dos riscos associados. Assim, formadores de mercado (*market makers*) podem se transformar em destruidores de mercado (*market breakers*).¹¹³

¹¹² B3. *Manual de Administração de Risco da Câmara de Compensação e Liquidação da Bm&Fbovespa* (Câmara Bm&Fbovespa). Disponível em: <https://www.b3.com.br/data/files/97/10/D4/58/586BB510CAF42BB5790D8AA8/Manual%20de%20Administracao%20de%20Risco%20da%20Camara%20BMFBOVESPA.pdf>. p. 7. Acesso em: 8 mar. 2022.

¹¹³ SORNETTE, Didier; VON DER BECKE, Susanne. *Crashes and High Frequency Trading*. *Swiss Finance Institute Research Paper* nº 11-63, 2011. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1976249. Acesso em: 24 fev. 2022. p. 5-6.

Dessa forma, portanto, fica claro que o risco à integridade do mercado também pode ser ampliado com a presença dos HFTs. Em geral, os HFTs tendem a gerar maior liquidez no mercado, já que negociam os ativos em grande quantidade e velozmente, o que resulta (em tese) em diminuição do *spread* e, conseqüentemente, em redução dos custos de negociação. No entanto, essa liquidez pode ser aparente, já que os HFTs podem induzir a demanda ou a oferta por determinado ativo nos livros de oferta ou, ainda, têm capacidade para negociar pequenos lotes apenas com intuito de identificar grandes operações e anteciparem-se a elas, gerando, assim, aumento nos custos (ao invés da aparente redução inicial).

Outra consequência da atividade dos HFTs é a leitura das informações disponíveis no mercado de maneira superveloz e “imediatamente” refleti-las nos preços, o que aparentemente representa melhor eficiência informacional. Porém, em razão da velocidade e dos volumes negociados (ou de envio de operações), os HFTs acabam por incutir ruídos no mercado, o que pode comprometer indistintamente a eficiência informacional e acaba por prejudicar a melhor alocação dos investimentos.

4.10.2 Possibilidades de soluções

Considerada toda essa realidade, as medidas protetivas sugeridas pela IOSCO (conforme discutimos no capítulo 3), e as preocupações em mitigar os riscos que envolvem o uso de inteligência artificial no mercado financeiro tornam-se realidades necessárias para o bom funcionamento do mercado de capitais.

Nesse contexto, a implementação de medidas que exijam informações dos algoritmos, a necessidade de testes prévios à implementação, controles internos e externos da qualidade do *software*, além da constante auditoria e análise do funcionamento, são extremamente relevantes e podem ajudar a mitigar os riscos envolvidos, como riscos sistêmicos e operacionais. Lógico que se espera que todas essas informações e relatórios disponibilizados sejam efetivamente analisados e haja uma real supervisão (por pessoas capazes e de forma multidisciplinar) para essas atividades.

Isac Silveira da Costa menciona a importância do compartilhamento das responsabilidades de supervisão do mercado:

É importante frisar que a responsabilidade pela supervisão da atuação de um investidor por meio de algoritmos é compartilhada entre o intermediário, as bolsas de valores (ou, a bolsa, no caso brasileiro) e as entidades de autorregulação, bem como o regulador estatal. Em teoria, essa multiplicidade de responsáveis tem uma contradição inerente, pois interesses comerciais podem contribuir para que intermediários e bolsas ajam com maior leniência com respeito a certos clientes.¹¹⁴

Conforme desenvolvido durante todo o trabalho, a multidisciplinaridade é uma característica da aplicação da inteligência artificial (e de outros algoritmos), e precisa ser endereçada dessa forma multifacetada por todos os envolvidos na aplicação (nesse caso, no mercado de capitais), para que seja viável o entendimento e eventual intervenção por parte do regulador, por exemplo.

Apesar e em razão dessa ressalva final apresentada acima é que a distribuição da responsabilidade pela supervisão se torna algo mais funcional e pragmático: como não se pode negar a possibilidade de intermediários e bolsas “defenderem” determinados clientes (normalmente ativos praticantes de negociação algorítmica e de HFTs), a supervisão do mercado e do Estado devem balancear essa equação novamente, buscando sempre o ideal de tratamento equânime a todos os agentes econômicos.

4.11 Considerações finais a respeito da HFT

Considerando o atual estágio de desenvolvimento e aplicação da inteligência artificial e dos *softwares* utilizados para tomada de decisão e execução de ofertas para negociar ativos financeiros, temos rotineiramente operações conduzidas exclusivamente por algoritmos (negociação algorítmica), o que gera a necessidade de estudá-las com profundidade e discutir as consequências dessa atividade para a sociedade.

Para implementar certas estratégias de negociação, a lógica e a execução desses algoritmos podem resultar em uma atividade intensa, com o envio, a atualização e o cancelamento de ofertas em uma escala de tempo outrora inimaginável. Um piscar de olhos dura de 300 a 400 milissegundos (1 milissegundo = 1 milésimo de segundo) e já há notícias de que a disputa entre algoritmos é travada na escala de microssegundos (milionésimos de segundo).

¹¹⁴ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 291.

Como um músico orientado pelo ritmo de um metrônomo, seguindo um ritmo cada vez mais rápido, os algoritmos implementam estratégias de formação de mercado em busca do *spread* como um alvo que se move, estratégias de arbitragem ao lutar por oportunidades efêmeras de discrepâncias entre preços e estratégias direcionais ao tentar prever o movimento dos preços com sua bola de cristal de métodos quantitativos.¹¹⁵

Em outras palavras, o mercado está mais veloz e conseqüentemente, mais dinâmico, uma vez que a tecnologia se desenvolve e permite operações (ou envio de mensagens) em intervalo de tempo cada vez menor.

Quanto mais veloz, maior o ritmo, e maior é a frequência das atividades dos algoritmos, de onde decorre a denominação “negociação algorítmica de alta frequência (*high frequency trading* – HFT). Apesar de não se tratar de uma nova estratégia, essa atividade proporcionada pelo desenvolvimento da tecnologia permite novas formas de implementar estratégias antigas de negociação, como vimos neste capítulo 4.

E como comentamos durante o transcorrer deste capítulo, a atividade de HFT não é, necessariamente, prejudicial ao mercado. Práticas como a formação de mercado, arbitragem e estratégias direcionais baseadas em métodos quantitativos não foram criadas pelas HFTs ou por qualquer forma de negociação algorítmica. Mas ao contrário, são práticas conhecidas e desenvolvidas no mercado há algum tempo.

Apesar disso, a possibilidade de práticas prejudiciais ao mercado e ilícitas, que podem ter suas conseqüências exponenciadas pela atividade de HFT, criou uma grande discussão quanto à real contribuição dos HFTs, considerando, principalmente, a liquidez e integridade do mercado.

Entendemos que para tentar medir a integridade do mercado, devemos estudar a liquidez, volatilidade, eficiência informacional, equidade e transparência. E foi a conseqüência para esses fatores, gerada pelas atividades de HFTs, que buscamos apresentar como exemplo da tecnologia (uma das formas de negociação algorítmica) e suas conseqüências ao mercado de capitais.

Claramente os algoritmos possuem falhas, originadas ou não por seus criadores. No entanto, muitas dessas falhas podem ser identificadas apenas em momentos cruciais do mercado: um momento de *stress* pode ser amplificado em razão

¹¹⁵ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 301.

da colocação de uma oferta em grande quantidade, o que tenderia a ocasionar volatilidade nos preços e aumento na possibilidade de inadimplemento das obrigações assumidas, chegando ao extremo de poder ocasionar uma crise sistêmica. O grande volume de operações encaminhadas em um curto espaço de tempo pode impactar os sistemas e, até, inviabilizar as operações, gerando custos adicionais para todos os envolvidos no mercado: bolsas, intermediários, investidores e reguladores.

Ainda, os HFTs têm potencial para rapidamente refletir as informações disponíveis em ajustes nos preços dos ativos, o que tende a incrementar a eficiência informacional do mercado, no entanto, podem, também, incrementar ruídos nas negociações do mercado, prejudicando seu melhor funcionamento.

O acesso prévio às informações relevantes, como pudemos verificar no caso de *co-location* e acesso direto ao mercado, aparentemente viola o princípio da equidade, já que parece haver benefícios para uma parcela dos investidores, em detrimento do restante. No entanto, por dois principais motivos essa prática é considerada aceitável nos principais mercados globais: (i) todos os investidores possuem a possibilidade de ter esse mesmo acesso, desde que concordem em arcar com os custos associados, ou seja, trata-se de igualdade formal – quem tem condições de pagar, pode usufruir; e (ii) os benefícios gerados “compensam” os eventuais prejuízos ao mercado (benefícios como melhor precificação dos ativos, diminuição do *spread*, rápido reflexo das informações relevantes nos ativos negociados).

Conceitualmente, portanto, os HFTs não devem ser encarados como uma prática nociva em si mesma, mas que dependem do modo como essas atividades são conduzidas (como muitas das aplicações da tecnologia, em geral).

Logo, a associação imediata entre ilícitos de mercado e HFT não se justifica. No máximo, há uma relação de afinidade eletiva (no sentido da expressão utilizada por Max Weber, que a emprestou de Goethe), o que significa que HFT é uma excelente e eficiente forma de praticar ilícitos de mercado. Mas a balança não precisa pesar o lado dos ilícitos, ao considerarmos as atividades legítimas também conduzidas por meio de HFTs e os benefícios decorrentes.¹¹⁶

A tecnologia automatiza ou torna mais eficientes determinadas atividades, sejam elas utilizadas para o bem ou para o mal. Para os HFTs esse princípio é o

¹¹⁶ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 305.

reflexo da realidade. Ou seja, não se deve combater a tecnologia, mas o seu eventual uso inadequado.

Esquadrinhada essa realidade do mercado, a análise das preocupações regulatórias tende a ser mais clara, no sentido de se buscar o banimento de práticas ilícitas, a busca pela equidade de tratamento entre os investidores, publicidade e transparência das informações ao mercado, exame dos riscos operacional e sistêmico e da integridade do mercado, quando da presença da atividade de HFTs no mercado em questão.

Essas possibilidades regulatórias que visam mitigar os riscos atribuídos às negociações algorítmicas e às atividades de HFT “envolvem predominantemente regras de microestrutura de mercado em conjugação com a repressão de condutas ilícitas”¹¹⁷, sendo essas últimas normalmente facilitadas (ou aprimoradas) pela presença de algoritmos de alta frequência – ou seja, já eram praticadas mesmo antes da existência de HFTs.

Assim, o autor Isac Silveira da Costa finaliza seu estudo apresentando três sugestões de respostas regulatórias para o “problema” dos HFTs no mercado, com as quais concordamos e entendemos que representam a melhor forma de endereçar a aplicação da tecnologia:

a) criação de um regime informacional para negociação algorítmica, de maneira a permitir a avaliação dos riscos envolvidos por cada investidor. A bolsa e as corretoras, portanto, devem disponibilizar dados e informações suficientes para que seus clientes e os reguladores tenham condições de conhecer os algoritmos utilizados e as técnicas envolvidas, para que tomem suas decisões de investimento de maneira consciente;

b) o estabelecimento de regras claras para controlar a velocidade das negociações, de maneira a buscar reduzir a quantidade de mensagens enviadas aos sistemas de negociações, ou a definição de um período mínimo de permanência da oferta no livro de ofertas ou, ainda, o estabelecimento de um intervalo mínimo entre o envio de duas ofertas. Outra medida seria a criação de tributos específicos para inibir negociações de curto prazo;

c) criação de controles prévios às negociações, para evitar a volatilidade do mercado, como *circuit breakers* e limites diários de oscilação, que “se violados,

¹¹⁷ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 307.

deflagram leilões automáticos para amortecer o impacto de choques de volatilidade nos preços”¹¹⁸.

Essas três sugestões podem ser entendidas como um reflexo de alguns princípios defendidos pela IOSCO para aplicação da inteligência artificial no mercado de capitais como, respectivamente, (a) a transparência quanto ao uso da inteligência artificial nas operações, (b) a definição de regras claras para a aplicação da inteligência artificial, e (c) a centralidade no ser humano, representada pela possibilidade de intervenção no mercado em caso de necessidade, por meio de *circuit breakers*, por exemplo, ao se identificarem maiores instabilidades nas transações.

Além disso, a fiscalização e punição de práticas ilícitas (e inibição de atividades indesejadas) devem possibilitar a busca pelo ideal do mercado. Qual seja, o almejado funcionamento com regras claras, que incentivam os seus participantes a investir e equilibrar constantemente seus riscos e retornos, por meio da liquidez, inibição de grandes volatilidades e acesso às informações de forma isonômica (ainda que formal) e transparente, a fim de que os preços reflitam o quanto antes essas informações e permitam um mercado eficiente e saudável, mesmo que irremediavelmente com falhas.

¹¹⁸ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 309.

Conclusões

Como temos analisado no decorrer deste trabalho, a tecnologia tem sido cada vez mais determinante na maneira do mercado se construir e de se relacionar com seus agentes, intermediários e investidores, o que gera necessariamente consequências ao Direito Comercial, que deve estar atento às transformações trazidas pela tecnologia. Conforme vimos, merecem atenção principalmente as mudanças realizadas em razão da inteligência artificial no mercado de capitais, o que necessariamente gera consequências no Direito Societário.

Apresentamos as dificuldades enfrentadas para o conceito de inteligência artificial, inclusive e principalmente, pelos times técnicos. Mesmo assim, não nos refutamos ao desafio de apresentar um conceito, sabendo que poderá ser superado, conforme a tecnologia se desenvolve. Apesar disso, o conceito apresentado pela Comissão Europeia no projeto para regulação das atividades que envolvam inteligência artificial na Europa, o conhecido *AI Act*, parece-nos ser o mais satisfatório, ao menos para os fins deste trabalho.

Partindo desse conceito, a análise desenvolvida durante o *White Paper* para a IA e, em seguida, do *AI Act*, demonstra claramente alguns aspectos endereçados pela Comissão Europeia, apresentados a seguir:

a) a UE reconhece a relevância e o grande potencial de transformação que a IA traz para o mercado e para a sociedade;

b) a UE tem se preparado para tomar a dianteira no que se refere à regulação da IA, e tem um grande objetivo para agir dessa forma, que é se tornar um dos centros (se não o principal centro) de desenvolvimento e aplicação de IA no mundo;

c) a UE tem buscado estimular o desenvolvimento e aplicação da IA, não apenas pelas grandes companhias no continente, mas também pelas médias e pequenas empresas, e pelos indivíduos, que precisam conhecer e estar seguros de que a tecnologia não lhes trará prejuízos, para que a reconheçam e a utilizem no cotidiano;

d) o aprimoramento de serviços públicos, serviços de transporte, da indústria, da agricultura, da proteção ao meio ambiente são algumas das áreas que sentirão claramente os benefícios trazidos pela IA, conforme as expectativas da Comissão Europeia;

e) em toda a cadeia de desenvolvimento e aplicação da IA, a defesa dos direitos fundamentais, da proteção de dados e da democracia deve ser ativamente encaminhada;

f) as aplicações de IA trazem riscos, que precisam ser mitigados e, em algumas situações, extintos das atividades de IA, mesmo que para isso, a própria atividade em si deva ser banida. Em razão da potencialidade dos danos, a IA deve tomar todas as providências possíveis para evitar a possível violação de direitos fundamentais, como direitos à liberdade de expressão, à liberdade de associação, à dignidade humana, à não discriminação, à proteção de dados pessoais e da vida privada, ao direito judicial recursal, ao juízo imparcial, bem como à proteção aos consumidores (valores esses que são e devem ser defendidos pela UE).

No intuito de endereçar esses riscos envolvidos na aplicação da IA, e criar altos padrões para aplicações de IA (que, ao que tudo indica, devem se tornar no novo padrão global para regulação de IA) o *IA Act* foi estruturado de maneira a permitir o desenvolvimento da IA, observados os valores europeus de democracia, direitos humanos, privacidade e proteção de dados. Assim, a estrutura europeia é baseada nos riscos envolvidos na aplicação da IA, dividida em quatro diferentes níveis: risco mínimo, risco limitado, alto risco e risco inaceitável.

Essa conjuntura do *IA Act*, portanto, foi construída com os objetivos de: (i) garantir que a IA aplicada em sistemas na UE será segura e em conformidade com a legislação, os direitos fundamentais e os valores europeus; (ii) garantir a segurança jurídica; (iii) incentivar a governança e defesa dos direitos fundamentais, principalmente por parte dos sistemas de IA; e (iv) construir um mercado único no continente para a IA, em um ambiente seguro, confiável e juridicamente robusto.

Como estudamos, o Brasil também já publicou a sua Estratégia Brasileira de IA, bem como possui projetos para regulação da IA no Brasil, sendo atualmente o Projeto de Lei nº 21/2020 (“PL 21/2020”) entendido como o mais relevante. Mesmo havendo lacunas e falta de clareza, o que resulta em provável aplicabilidade baixa, devemos reconhecer que o Brasil buscou tratar do tema e, em alguns momentos, utilizou-se de conceitos e estruturas já aplicados e consagrados no exterior, para replicá-los no nosso país, o que deve ser louvado nesse caso, já que não caberia ao Estado brasileiro buscar inovar nesse tipo de regulação.

Assim, acertadamente o projeto de regulação brasileiro também tem o intuito de incentivar o desenvolvimento tecnológico e a inovação, sem deixar de preservar a

livre concorrência, o respeito aos direitos humanos, principalmente os direitos fundamentais, e aos valores democráticos, além da necessária proteção aos dados pessoais e à privacidade das pessoas.

Como foi apresentado, a tentativa de regulação para práticas ou atividades inovadoras deve ser realizada de maneira a não inibir a própria inovação e o desenvolvimento de aprimoramentos, já que as novas descobertas e tecnologias precisam ter espaço e, ativamente, serem incentivadas. Em outras palavras, a regulação deve refletir a sensibilidade do equilíbrio entre o incentivo à inovação, ao desenvolvimento da tecnologia e a necessidade de estabelecer controles, limites e padrões. Esse deve ser o norte e a estrela-guia de todo aquele que se dispuser a construir regulamentações (não importa a forma) aplicáveis à tecnologia.

Nesse contexto e buscando esse equilíbrio é que vimos os principais marcos regulatórios (atual projeto denominado *AI Act*, o *White Paper*, o relatório da IOSCO, bem como o projeto de regulação da IA para o Brasil) estabelecer critérios para a utilização e aplicação da IA, no intuito de garantir o desenvolvimento da tecnologia, mas ao mesmo tempo estabelecer limites para desenvolvimento e aplicação da IA, conforme os riscos envolvidos, mantendo sempre a defesa dos direitos fundamentais, da privacidade, da democracia e da proteção dos dados pessoais.

Para esses fins, e considerando esses principais marcos regulatórios, podemos resumir que para o ideal almejado para o desenvolvimento e aplicação de algoritmos que se utilizem de IA seja alcançado, há necessidade de que esses programas cumpram com os seguintes requisitos:

- iniciativa e controle efetivo e eficiente por seres humanos, que devem permanecer como foco central durante todo o processo de desenvolvimento e aplicação da tecnologia;
- robustez e segurança, conforme os riscos envolvidos na solução;
- efetivo respeito à privacidade e análise de dados, conforme preconizado nas legislações específicas (GDPR e LGPD, por exemplo);
- transparência quanto às técnicas utilizadas e quanto à própria aplicação da IA (consumidores e clientes devem estar cientes da utilização da IA e, se necessário, de como está sendo utilizada);
- respeito à diversidade, não discriminação e equidade entre todos os usuários. Não deve haver aplicação discriminatória, por qualquer motivo;

- a busca pelo bem-estar social e ambiental deve ser constante, já que a IA deve “servir” ao ser humano e ampliar as formas de preservar o meio ambiente; e
- responsabilização durante os processos de desenvolvimento, aplicação e implantação (inclusive pós-implantação). Dada à multidisciplinaridade, diversos especialistas precisam estar envolvidos e ter responsabilidade por cada uma dessas fases e por acompanhar o desenvolvimento natural do algoritmo, que se transforma no decorrer do tempo em razão dos dados acessados. Por isso, o constante monitoramento é imperativo, para correção de vieses ou interrupção da aplicação, em razão dos riscos envolvidos, sendo cada um dos especialistas responsáveis pelo algoritmo em todo seu ciclo de desenvolvimento e aplicação.

Nesse panorama apresentado, o Direito Comercial tem relevante papel ao se posicionar e assumir o protagonismo a respeito dos caminhos que a tecnologia deve percorrer, para seu melhor desenvolvimento, para impor limites e incentivos, bem como definir o que é esperado dela.

Essa é a função que temos visto na UE, principalmente, que não se refutou ao desafio de construir as regulações aplicáveis à IA, e ao mesmo tempo manter o incentivo à inovação.

O Direito Comercial já foi visto como apenas um “acompanhante atrasado” do mundo dos negócios, pois embora sempre buscando se atualizar às novas práticas desenvolvidas no dinâmico mercado, sua burocracia e morosa capacidade de produzir leis e jurisprudências o tornava um tanto quanto tardio. Por esse motivo, o ilustre mestre Tullio Ascarelli chegou a afirmar que o Direito Comercial atuava como uma inércia para a atividade empresarial¹¹⁹, inovadora em sua essência, pois apenas reagia aos novos caminhos por ela trilhados. Segundo o professor, o Direito evolui continuamente, porém de forma vagarosa, e seus institutos não surgem do improviso, mas se destacam aos poucos do tronco de velhos institutos e, assim, vão se renovando e atendendo a novas funções; a isso Ascarelli denomina “inércia jurídica”.

No entanto, a professora Paula Forgioni, em sua ilustre obra *A evolução do Direito Comercial Brasileiro*, posiciona-se no sentido de que o Direito Comercial não está apenas para reconhecer e atender as demandas dos agentes econômicos. De forma divergente de Ascarelli, entende que o Direito Comercial deve ser um dos

¹¹⁹ ASCARELLI, Tullio. *Problemas nas sociedades anônimas e direito comparado*. 2. ed. Campinas: Bookseller, 2001.

instrumentos protagonistas para promover o desenvolvimento econômico do país (segundo os anseios do artigo 170, da Constituição Federal) e, para atingir esse objetivo deve buscar impor limites e controles aos interesses individuais e egoísticos dos empresários. O Direito Comercial, portanto, não deve mais reagir, mas ao contrário, deve direcionar o caminho a ser trilhado pelos empresários, desenvolvedores e inovadores, indicando os limites e o melhor percurso para as atividades negociais e incentivando as inovações¹²⁰.

Esse novo conceito é extremamente verdadeiro e reflete a realidade do atual cenário da IA no mundo, em que seu caminho de desenvolvimento tem sido conduzido cada vez mais por meio das necessárias regulações aplicáveis a essa tecnologia, sem impedir a inovação (ao contrário, incentivando-a). Até mesmo o próprio mercado tem exigido, demandado regulações a respeito do uso e aplicação da IA, para que tenha condições de vislumbrar a vereda a ser percorrida, a direção que levará às oportunidades nesse novo descobrimento.

A regulação assume um papel ainda mais significativo para a IA, ao se constatar que as alternativas já experimentadas não obtiveram o sucesso esperado.¹²¹ Ao tratar dessa realidade, Luciano Floridi afirma claramente que as tentativas de *softlaw* para o campo da IA não cumpriram seu objetivo e demonstraram categoricamente que não têm condições de atingi-lo. Por essa razão a regulamentação para IA é imperativa, e a UE acerta em buscar construir seu marco regulatório para trilhar da melhor forma possível esse caminho desafiador.¹²²

Para além da promulgação ou edição das regulações necessárias, o Direito Comercial deve analisá-las e estudá-las cada vez mais, seja pela necessidade do judiciário estar preparado para a construção de parâmetros decisórios, seja para que os atuantes do Direito também tenham condições de trilhar o melhor caminho, seja ainda para que os acadêmicos assumam posição protagonista e desbravem o desconhecido.

Esse é um dos objetivos principais deste trabalho: demonstrar que o Direito é um aliado da tecnologia e da inovação e, sem qualquer pretensão de exaurir o assunto nessas páginas, o intuito é estimular o estudo da IA pelo Direito Comercial, fomentar

¹²⁰ FORGIONI, Paula A. *A Evolução do Direito Comercial Brasileiro: da mercancia ao mercado*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2009.

¹²¹ Conforme posicionamento de Luciano Floridi. (FLORIDI, Luciano. The European legislation on AI: a brief analysis of its philosophical approach., cit.)

¹²² FLORIDI, Luciano. The European legislation on AI: a brief analysis of its philosophical approach., cit.

o debate no universo jurídico, mas acima de tudo, apresentar e encorajar a aplicação da tecnologia, instrumentalizar o leitor para que esteja familiarizado e confortável com esses conceitos, e esteja munido de faculdades para pensar individualmente a respeito do tema.

Interessante notar que as regras para IA em geral são aplicáveis aos mais diversos campos do desenvolvimento. Ainda, portanto, há variadas aplicações para a IA que não necessariamente já ocorrem, mas que potencialmente podem ocorrer. Pode-se citar projetos, por exemplo, que visam utilizar a IA para a realização de *due diligence* em processos de compra e venda de sociedades (*M&A*), ou até em automações mais críticas, como para o arquivamento de atos societários perante as juntas comerciais e cartórios de registro de pessoas jurídicas. E para todas essas possibilidades (e muitas outras aplicáveis às diversas áreas do Direito), os princípios elencados e defendidos acima devem ser estritamente observados (centralidade no ser humano, segurança e robustez, privacidade e proteção de dados, transparência, não discriminação de qualquer espécie, defesa do bem-estar social e do meio ambiente e responsabilização).

Por inferência, e como defendemos durante o trabalho, todas as disposições propostas e defendidas pela IOSCO como melhores práticas para o desenvolvimento e aplicação da IA no mercado de capitais, devem ser aplicadas integralmente por seus agentes, intermediadores e atuantes no mercado de capitais (todos os envolvidos), para que seja mantida a higidez, transparência, liquidez necessárias ao mercado, e sejam evitados os riscos sistêmico e operacional, que podem ocorrer e ter seus efeitos ampliados em razão da atuação de algoritmos no mercado de capitais.

Como exemplo desse tipo de ocorrência e possíveis desencadeamentos, analisamos as práticas de *high frequency trading* (“HFT”) no mercado de capitais. Mesmo não sendo uma nova estratégia de negociação, o desenvolvimento da tecnologia permitiu a diminuição do tempo em que as ordens são enviadas (e analisadas) ao livro de ofertas, gerando possibilidades de ganhos em operações realizadas (ou analisadas) em milionésimos de segundo. Essa velocidade também permite a implementação de práticas já existentes há muito tempo no mercado (não apenas, mas atividades ilícitas, inclusive), e agora com maior potencial de ganhos e danos ao mercado.

Todavia, vale reiterar e destacar que HFT não é sinônimo de ilegalidade. Ao contrário, essa prática gera grandes benefícios ao mercado em geral e, por isso, é muitas vezes estimulada, observados os parâmetros, no entanto.

A possibilidade de práticas abusivas e nocivas ao mercado pela atividade de HFT trouxe holofote para a discussão, ainda mais quando se considera a liquidez e integridade do mercado.

Verificamos que para aferição da integridade do mercado, deve-se analisar alguns requisitos, como liquidez, volatilidade, eficiência informacional, equidade e transparência do mercado, assim como o comportamento dos HFTs em circunstâncias extremas e o que geram de consequências em cada um desses requisitos.

Por serem desenvolvidos por seres humanos, inegavelmente os algoritmos (sejam HFT ou não) são falhos. Não é por isso, no entanto, que as atividades ou operações desenvolvidas por meio de *software* devem ser banidas da sociedade ou do mercado. Ao contrário, devem ser devidamente entendidas e mitigados os seus riscos. Para que esse objetivo seja viável, os princípios defendidos pelas regulações de IA devem ser seguidos. E aqui, mais uma vez, demonstra-se a relevância do presente estudo: mitigação dos riscos por meio dos princípios defendidos somente pode ser realizada se essa relação continuar a ser profundamente analisada.

Assim, os usos e aplicações da IA e o próprio algoritmo devem ser entendidos pelos reguladores e atuantes do mercado, e para que isso ocorra, deve haver transparência no desenvolvimento e constante acompanhamento do *software* (principalmente após a implantação), respeito à privacidade e à proteção de dados pessoais, segurança e robustez, contínua mitigação de vieses, busca pelo desenvolvimento para o bem da sociedade e defesa do meio ambiente, e principalmente, atuação centrada no ser humano, com as devidas responsabilizações.

Nesse sentido, a professora Ilene Patrícia de Noronha Najjarian cunhou a expressão “*know your robot*”¹²³ (conheça seu robô), no intuito de gerar as informações e transparência necessárias a respeito da utilização de algoritmos atuantes no mercado. O intuito não é tratar da permissão ou não dos robôs no mercado de capitais, mas entender e disponibilizar um conjunto de informações relevantes aos envolvidos na transação e no mercado (já que todos podem ser influenciados por essas atuações, como vimos).

¹²³ NAJJARIAN, Ilene Patrícia Noronha. *Securitização de Recebíveis Conversíveis*. São Paulo: Quartier Latin, 2010.

Ou seja, novamente, o objetivo deve ser o conhecimento, entender as tecnologias e suas implicações, para poder endereçar corretamente os riscos e benefícios envolvidos. Esse é o caso do HFT, que mesmo tendo acesso prévio às informações relevantes, (*co-location* e acesso direto ao mercado), produz benefícios que “compensam” a concessão da vantagem (melhor precificação dos ativos, diminuição do *spread*, rápido reflexo das informações relevantes nos ativos negociados).

É relevantíssimo lembrar que o mercado de capitais tem como principais características a troca de riscos entre os agentes econômicos, a proteção do patrimônio dos investidores contra a inflação, a apresentação de alternativas de investimento para a construção de previdência privada, além da viabilização da expansão econômica e do desenvolvimento da inovação tecnológica¹²⁴. Essa composição de realidades tem sua tradução imediata na formação dos preços dos ativos, que é resultado dos reflexos das informações disponíveis em relação às expectativas dos investidores (mercado) para aquele ativo financeiro. A negociação dos ativos no mercado secundário é resultado do processo de formação de preços, que gera a liquidez e permite aos agentes realizar negociações com maior agilidade, resultando em menores riscos e menor volatilidade no mercado. Essa configuração diminui os custos envolvidos (e riscos) e, em consequência, há menor custo para captação de capitais por parte das companhias que, em tese, passam a investir mais em atividade econômica e inovação.

Outrossim, deve restar claro que são os seres humanos os protagonistas, já que detêm o controle (ou devem deter, em última instância) sobre a negociação algorítmica. Essa ideia conceitualmente indica que os HFTs (e outras operações realizadas por IA) não devem ser encarados como uma prática nociva em si mesma, mas sim que sua nocividade depende do modo como essas atividades são programadas ou conduzidas.

Nesse momento, tornam-se relevante as considerações éticas a respeito dos usos e aplicações em IA. Esse tema é de tamanha relevância que se pode notar que todas as estruturas regulatórias (mesmo quando não vinculativas) tratam de maneira pormenorizada esse tema e mesmo assim não é possível esgotá-lo.

¹²⁴ COSTA, Isac Silveira da. Obra citada, p. 306.

As implicações éticas com o uso de IA podem ser inúmeras, e eventuais danos podem ser de cunho financeiro e até mesmo psicológico ou social, o que demonstra a sensibilidade e seriedade do tema. A fim de materializar essa discussão, vale citar alguns dos casos em que as preocupações éticas relacionadas às soluções de IA são relevantíssimas: reconhecimento facial, principalmente em multidões, perda da privacidade, geolocalização em situações de guerra ou de eventos sanitários, proteção de dados pessoais, violação de direitos fundamentais, vieses raciais, sociais, de gênero, etários, dentre outros, *scoring* financeiros ou para admissão em qualquer situação competitiva (como para concessão de crédito, admissão em um emprego ou universidade), dentre diversos outros. A lista pode continuar, já que as implicações não podem ser dimensionadas em sua totalidade e exaustivamente.

Nesse sentido, a IOSCO até mesmo, publicou cinco princípios para aplicação ética da IA no mercado:

- a) uso para o bem (“do good”);
- b) uso não prejudicial (“do no harm”);
- c) autonomia humana, com possibilidade de auditoria;
- d) justiça (responsabilidade e transparência); e
- e) e possibilidade de esclarecimento.

Por isso, mais uma vez destacamos a urgência e relevância de se pensar e estudar a respeito desses assuntos.

Além das disposições éticas, o direito da concorrência também sofre implicações da IA, já que (apenas para citar um dos exemplos) algoritmos têm capacidade de analisar comportamentos de consumidores e, com tais dados, sugerir determinados *sites* em detrimento de outros que, em tese, deveriam ter a mesma oportunidade de reconhecimento. E tais práticas parecem ser aceitáveis nos EUA e reconhecidamente intoleradas na Europa, conforme as decisões mais recentes dos respectivos órgãos de defesa da concorrência.

Esses são apenas comentários breves de temas tão atuais e tão caros para o Direito Comercial. Em razão do escopo deste trabalho, não temos condições de tratá-los de maneira completa, mas futuramente poderão ser objeto de pesquisa e desenvolvimento de tese exclusivamente voltada para esses temas.

Tendo como pano de fundo todo o exposto, vale destacar a importância da abordagem humana em toda a estrutura regulamentar de IA, conforme verificado em toda regulamentação ou instrumento analisado. Seja a centralidade do ser humano

como grande beneficiário das soluções de IA, seja como primeiro e último responsável pelos “comportamentos” da IA (como desenvolvedor ou eventual interventor quando necessário, sendo o *kill switch* a ferramenta máxima).

A IA, portanto, não deve ser encarada como um passo contrário à humanidade ou de modo a ser o primeiro passo para o total controle das máquinas sobre os seres humanos (como algumas histórias de ficção podem sugerir), mas ao contrário, pode ser vista como um importante caminho para a ampliação das capacidades humanas, sejam capacidades de armazenamento, análise e estruturação de dados, ou melhor eficiência no mercado financeiro e de capital, como analisamos no decorrer do trabalho.

Howard Marks em seu livro *O mais importante para o investidor*¹²⁵, que praticamente não trata de Direito, mas apresenta algumas considerações muito relevantes a respeito do comportamento do mercado, expressamente determina que *software*, computadores ou robôs não poderão (ou não deverão) nunca dominar o mercado de capitais, justamente porque esse mercado é formado por seres humanos não necessariamente obedecendo ao comportamento racional (como vimos acima), influenciados por emoções (muitas vezes irracionais) e, acima de tudo, porque o passado não se repetirá, necessariamente no futuro. Padrões identificados no passado, portanto, não representam qualquer garantia de sucesso (ou repetição) no futuro. E algoritmos precisam identificar padrões para poder sugerir comportamentos ou repetições (realizar previsões).

Com esse conceito da real centralização do ser humano para o desenvolvimento de toda aplicação da IA, respeitosamente discordamos do posicionamento de Yuval Noah Harari, ao apresentar um futuro conduzido por supermáquinas (ou super-humanos), com capacidade de sintetizar e interpretar todas as sensações humanas por meio de alquimias químicas ou elétricas, controladas externamente por uma máquina ou *software* superdesenvolvido. Em outras palavras, Harari apresenta um futuro em que o ser humano não só aumentaria sua capacidade mediante o auxílio das máquinas, mas em que seria inevitável o controle do mundo por meio delas (já que são muito mais capazes de armazenar e processar dados que

¹²⁵ MARKS, Howard. *O mais importante para o Investidor: lições de um gênio do mercado financeiro*. São Paulo: Edipro, 2020.

os seres humanos).¹²⁶ De maneira resumida, o autor conclui (i) que deve ser considerada a possibilidade do ser humano (ou de qualquer organismo vivo) ser definido a partir de um conjunto de algoritmos, (ii) que a construção da inteligência desassociada da consciência (existência de inteligência fora da consciência humana) é uma realidade, e (iii) que é admissível que algoritmos possam “nos conhecer melhor que nós mesmos”¹²⁷. Dessa maneira, nosso futuro estaria, sim, sujeito ao controle indiscutível das máquinas, o que gera grande desconforto e contrariedade ao desenvolvimento e incentivo a *softwares* inteligentes.

Talvez essa construção desenvolvida pelo grande professor Harari faça sentido ao analisarmos os caminhos inglórios trilhados pelos seres humanos, que muitas vezes tiveram a oportunidade de repensar o desenvolvimento econômico em detrimento do meio ambiente, por exemplo, e até o momento ainda não obtiveram sucesso; ou ainda, os seres humanos que desenvolveram tamanha capacidade intelectual, a ponto de sugerir que a diplomacia suportaria qualquer desgaste e resolveria as questões mais controversas sem a necessidade de combates ou guerras, porém isso tampouco foi alcançado; ou, ainda mais, que os seres humanos seriam capazes de resolver todas as urgentes questões de saneamento e alimentação básicos ao redor do mundo, no entanto isso também não foi sequer estipulado como uma das prioridades da sociedade global.

Todavia, mesmo nesse cenário mais sombrio em que o homem parece ainda não ter se interessado em resolver algumas das principais questões humanitárias do mundo, mesmo tendo conhecimento e capacidade intelectual para tanto, não acreditamos que o homem tomará o caminho equivocado quando se trata da tecnologia da IA. Muito pelo contrário, ao perceber a importância de estabelecer parâmetros muito claros, e tendo a humanidade como centro desse desenvolvimento tecnológico, a capacidade humana será (vem sendo) ampliada, o que, impreterivelmente, ajudará a resolver problemas como a fome, as guerras e o meio ambiente de maneira mais efetiva, além de tornar mercados mais eficientes e permitir melhor aplicação dos recursos escassos deste planeta (financeiros ou não).

¹²⁶ HARARI, Yuval Noah. *Homo Deus: uma breve história do amanhã*. São Paulo: Companhia das Letras, 2016. p. 354 e ss.

¹²⁷ HARARI, Yuval Noah. *Homo Deus: uma breve história do amanhã*. São Paulo: Companhia das Letras, 2016. p. 398.

Dessa maneira e analisadas todas as disposições, regulamentos, incentivos, benefícios e riscos envolvidos na aplicação e desenvolvimento da inteligência artificial para a sociedade, mas principalmente no mercado de capitais, esperamos ter alcançado o principal objetivo de demonstrar a pertinência desse tema ao operador do Direito, mas além disso, de conscientizar o leitor da relevância do estudo a respeito das implicações da inteligência artificial na sociedade e no mercado de capitais, para que o contato com esse conhecimento permita maior intimidade com a tecnologia (gerando menos receio), incentive a construção do pensamento crítico (em todas as suas esferas) e abrace o germinar e desabrochar de uma sociedade mais igualitária, mais justa e mais consciente do seu papel, a ser constituída por meio da ampliação da capacidade humana gerada pela aplicação da inteligência artificial, que não deve ser restringida a uma minoria privilegiada detentora do conhecimento e dos usos da tecnologia, mas aplicada e disponibilizada para a geração de valor em toda a sociedade humana.

Referências bibliográficas

ALMEIDA, Amador Paes de. *Manual das sociedades comerciais: direito de empresa*. 16. ed. São Paulo: Saraiva, 2007.

ALEXY, Roberto. *Teoria da Argumentação Jurídica: A Teoria do Discurso Racional Como Teoria da Fundamentação Jurídica*. 3. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2013.

ARMENTO E CASTRO, Catarina, *Direito e Informática. Privacidade e Dados Pessoais*. Coimbra: Almedina, 2005.

ARMOUR, John *et al.* *Principles of Financial Regulation*. Oxford: Oxford University, 2016.

ASCARELLI, Tullio. *Ensaios e pareceres*. São Paulo: Saraiva. 1952.

ASCARELLI, Tullio. *Problemas nas sociedades anônimas e direito comparado*. 2. ed. Campinas: Bookseller, 2001.

AUSTIN, Janet. What exactly is market integrity? An analysis of one of the core objectives of securities regulation. *William & Mary Business Law Review*, v. 8, nº 2, 2017. Disponível em https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2814986. Acesso em: 24 de fevereiro de 2022.

B3. *Manual de Administração de Risco da Câmara de Compensação e Liquidação da Bm&Fbovespa* (Câmara Bm&Fbovespa). Disponível em: <https://www.b3.com.br/data/files/97/10/D4/58/586BB510CAF42BB5790D8AA8/Manual%20de%20Administracao%20de%20Risco%20da%20Camara%20BMFBOVESPA.pdf>. Acesso em: 8 mar. 2022.

B3. Programas de Incentivo. Disponível em: http://www.b3.com.br/pt_br/produtos-e-servicos/tarifas/listados-a-vista-e-derivativos/programas-de-incentivo/tarifas-de-programa-hft/. Acesso em 18 fev. 2022.

BAUMAN, Zygmunt. *Ética Pós-Moderna*, São Paulo: Paulus, 1997.

BITTAR, Eduardo C. B. *O Direito na Pós-Modernidade*. 3. ed. São Paulo, Atlas, 2014.

BOBBIO, Norberto. *A Era dos Direitos*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

BORGES, Fernanda de Fátima. *Os Aspectos Jurídicos Do Outsourcing*. 2014. Dissertação (Mestrado em Direito Comercial) – Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

BORGES, Fernanda de Fátima. *A Tecnologia da Informação e os Direitos Humanos*. São Paulo, 2018. Tese (Doutorado em Direito Comercial) – Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo.

BUOLAMWINI J., GEBRU T. Gender Shades: Intersectional Accuracy Disparities in Commercial Gender Classification. *Proceedings of the 1st Conference on Fairness, Accountability and Transparency*, PMLR 81:77-91, 2018. Disponível em: <https://proceedings.mlr.press/v81/buolamwini18a.html>. Acesso em: 18 fev. 2022.

BURNETT, Rachel. *Outsourcing IT: The Legal Aspects*. Planning, Contracting, Managing and the Law. Second Edition. Great Britain: Gower, 2009.

CARVALHOSA, Modesto. *Comentários à Lei das Sociedades Anônimas*. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2008.

CARVALHOSA, Modesto; EIZIRIK, Nelson. *A nova lei das S/A*. São Paulo: Saraiva, 2002.

CELESTE, E. Digital constitutionalism: a new systematic theorisation. *International Review of Law, Computers & Technology*, 33, issue 1. 03/01/2019.

CHAVES, Sidney. *A questão dos riscos em ambientes de computação em nuvem*. 2011. Dissertação (Mestrado em Administração) – Faculdade de Economia e Administração, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

CHUI, Michael; MANYIKA, James; MIREMADI, Medhi. Where Machines Could Replace Humans – and Where They Can't (yet). *McKinsey Quarterly*. Publicado em 08/07/2016. Disponível em: <http://www.mckinsey.com/business-functions/business-technology/our-insights/where-machines-could-replace-humans-and-where-they-cant-yet>. Acesso em: 11 set. 2020.

COLUMBUS, Louis. How Artificial Intelligence Is Revolutionizing Business in 2017. *Forbes*. Publicado em 10/09/2017. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/louiscolombus/2017/09/10/how-artificial-intelligence-is-revolutionizing-business-in-2017/#482559685463>. Acesso em: 12 out. 2018.

COMISSÃO EUROPEIA. *Artificial Intelligence Act*, artigo 3 (1). Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0206&from=EN>. Acesso em: 17 fev. 2022.

COMISSÃO EUROPEIA. *Livro Branco sobre a inteligência artificial: Uma abordagem europeia virada para a excelência e a confiança*. Bruxelas, 2020. Disponível em: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020_pt.pdf. Acesso em 10 set. 2021.

COMPARATO, Fábio Konder; SALOMÃO FILHO, Calixto. *Poder de controle na sociedade anônima*. 5. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2008.

COMPARATO, Fábio Konder. *Ética: Direito, Moral e Religião no Mundo Moderno*. 3. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2016.

COMPARATO, Fábio Konder. *Rumo à Justiça*. São Paulo: Saraiva, 2010.

COSMO JR., Paulo. PL que regulamenta o uso da inteligência artificial no Brasil. *Migalhas*. Publicado em 26/08/2021. Disponível em: <https://www.migalhas.com.br/depeso/350764/pl-que-regulamenta-o-uso-da-inteligencia-artificial-no-brasil>. Acesso em: 21 fev. 2022.

COSTA, Isac Silveira da. *High frequency trading (HFT) em câmera lenta: compreender para regular*. São Paulo: Almedina, 2020.

CRETELLA Júnior, José. *Empresa pública*. São Paulo: José Bushatsky, 1973.

DE GREGORIO, Giovanni. The rise of digital constitutionalism in the European Union. *19(1) International Journal of Constitutional Law*, 2020, 41-70.

DE LUCCA, Newton. *Aspectos Jurídicos da Contratação Informática e Telemática*. São Paulo: Saraiva, 2003.

DE LUCCA, Newton. *Da Ética Geral à Ética Empresarial*. São Paulo: Quartier Latin, 2009.

DE LUCCA, Newton. Normas de Interpretação Contratual no Brasil. In: SOTO COAGUILA, Carlos Alberto (coord.). *Tratado de la Interpretacion del Contrato en America Latina*. (coord.). Lima, Peru: Editora Jurídica Grijley, 2007.

DE LUCCA, Newton; SIMÃO FILHO, Adalberto (coord.). *Direito & Internet: aspectos jurídicos relevantes*. Bauru: Edipro, 2000.

DE LUCCA, Newton; SIMÃO FILHO, Adalberto; LIMA, Cíntia Rosa Pereira de (coords.). *Direito & Internet III*. Tomo I: Marco Civil da Internet (Lei n 12.965/2014). São Paulo: Quartier Latin, 2015.

DE LUCCA, Newton; SIMÃO FILHO, Adalberto; LIMA, Cíntia Rosa Pereira de (coords.). *Direito & Internet III*. Tomo II: Marco Civil da Internet (Lei n 12.965/2014). São Paulo: Quartier Latin, 2015.

D'Urso, Luiz Augusto Filizzola. A Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial apresentada é adequada? *Migalhas*. Publicado em 31/08/2021. Disponível em: <https://www.migalhas.com.br/depeso/350848/a-estrategia-brasileira-de-inteligencia-artificial-e-adequada>. Acesso em: 21 fev. 2022.

EIZIRIK, Nelson. *Temas de direito societário*. Rio de Janeiro: Renovar, 2005.

FRANÇA, Erasmo Valladão Azevedo e Novaes. *Conflito de interesses nas assembleias de S/A*. 2. ed. São Paulo: Malheiros, 2014.

FRANÇA, Erasmo Valladão Azevedo e Novaes. *Invalidez das deliberações de assembleia das S/A*. 2. ed. São Paulo: Malheiros, 2017.

FRANÇA, Erasmo Valladão Azevedo e Novaes. *A sociedade em comum*. São Paulo: Malheiros, 2013.

FLORIDI, Luciano. The European legislation on AI: a brief analysis of its philosophical approach. *Philosophy and Technology* 34 (2):215–222. Disponível em: <https://philarchive.org/rec/FLOTEL-2>. Acesso em 20 fev. 2022.

FLORIDI, Luciano. The fight for digital sovereignty: What it is, and why it matters, especially for the EU. *Philosophy & Technology*, 33(3), 2021. p. 369-378.

FLORIDI, Luciano. The new grey power. *Philosophy & Technology*, 28(3), 2015. p. 329-332.

FORGIONI, Paula A. *Contratos Empresariais: Teoria Geral e Aplicação*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2016.

FORGIONI, Paula A. *A Evolução do Direito Comercial Brasileiro: da mercancia ao mercado*. São Paulo, Revista dos Tribunais, 2009.

FRANCO, Gustavo. *As leis secretas da economia*. São Paulo: Zahar, 2012.

GASPAR, Walter Britto; CURZI, Yasmin. Inteligência Artificial no Brasil ainda precisa de uma estratégia. *Portal FGV*. Publicado em 31/05/2021). Disponível em: <https://portal.fgv.br/artigos/inteligencia-artificial-brasil-ainda-precisa-estrategia>. Acesso em: 21 fev. 2022.

GILSON, Ronald; KRAAKMAN, Reinier H. The Mechanisms of Market Efficiency. *Virginia Law Review*, v. 70, 1984.

GOMES, Orlando; WALD, Arnaldo; ASCENSÃO, José de Oliveira; SILVEIRA LOBO, C. A. da; ULMER, Eugen; KOLLE, Gert. *A proteção jurídica do software*. Rio de Janeiro: Forense, 1985.

GONÇALVES NETO, Alfredo de Assis. *Direito de Empresa*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2010.

GRAU, Eros Roberto; FORGIONI, Paula. *O Estado, A Empresa e O Contrato*, São Paulo: Malheiros, 2005.

GRAU, Eros Roberto. *O Direito Posto e o Direito Pressuposto*, 9. ed. São Paulo: Malheiros, 2014.

GROSSMAN, Stanford J.; STIGLITZ, Joseph E. On the Impossibility of Informationally Efficient Markets. *The American Economic Review*, v. 70, nº 3, jun. 1980.

GUERREIRO, José Alexandre Tavares. Sobre o poder disciplinar da CVM. *Revista de Direito Mercantil: Industrial, Econômico e Financeiro*. v. 43, p. 64-78. jul./set. 1981.

GUERREIRO, José Alexandre Tavares. Sociedade anônima: poder e dominação. *Revista de Direito Mercantil: Industrial, Econômico e Financeiro*. v. 53, p. 72-80. jan./mar. 1984.

GUERREIRO, José Alexandre Tavares; TEIXEIRA, Egberto Lacerda. *Das sociedades anônimas no direito brasileiro*. São Paulo: Buchatsky, 1979.

HARARI, Yuval Noah. The World after Corona Virus. *Financial Times*. Publicado em 20/03/2020. Disponível em: <https://www.ft.com/content/19d90308-6858-11ea-a3c9-1fe6fedcca75>. Acesso em: 11 set. 2020.

HARARI, Yuval Noah. *Homo Deus: uma breve história do amanhã*. São Paulo: Companhia das Letras, 2016.

HARRIS, Larry. *Trading & Exchange: Market Microstructure for Practitioners*. Oxford: OUP, 2003.

HEALTH IT POLICY COMITTEE. Privacy and Security Workgroup: Recommendation on Health Big Data, The White House, 2015. Disponível em: https://www.healthit.gov/sites/default/files/facas/HITPC_PSWG_Meeting_Slides_2015-08-11.pdf. Acesso em: 11 set. 2020.

HENDERSHOTT, Terrence; JONES, Charles M.; MENKVELD, Albert J. Does Algorithmic trading improve liquidity? *The Journal of Finance*, v. 66, nº 1, fev. 2011. Disponível em: <https://faculty.haas.berkeley.edu/hender/Algo.pdf>. Acesso em 10 set. 2021.

INSTITUTE FOR THE FUTURE. *AI Forces Shaping Work & Learning in 2030*. Report on Expert Convenings for a New Work + Learn Future. Outubro 2018. Disponível em http://www.iff.org/fileadmin/user_upload/images/ourwork/Work_Learn/IFTF_Lumina_AI_Forces_Work_Learn.pdf. Acesso em: 10 set. 2021.

IOSCO – International Organization of Securities Commissions. *The use of artificial intelligence and machine learning by market intermediaries and asset managers*. Consultation Report. Junho 2020. Disponível em: <https://www.iosco.org/library/pubdocs/pdf/IOSCOPD658.pdf>. Acesso em 10 set. 2021.

IOSCO – International Organization of Securities Commissions. *Regulatory Issues Raised by the Impact of Technological Changes on Market Integrity and Efficiency*. 2011. Disponível em: <https://www.iosco.org/library/pubdocs/pdf/IOSCOPD354.pdf>. Acesso em: 8 mar. 2022.

JOHNSON, Barry. *Algorithmic trading and DMA: An introduction to direct access trading strategies*. Londres: 4Myeloma Press, 2010.

KAHNEMAN, Daniel. *Rápido e Devagar: duas formas de pensar*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2012.

KELLY III, John E. *Computing, cognition and the future of knowing: How Humans and Machines Are Forging A New Age of Understanding*. Disponível online em <https://cra.org/crn/2016/09/computing-cognition-future-knowing-humans-machines-forging-new-age-understanding/>. Acesso em 8 de mar. 2022.

KISSINGER, Hery. *Nova Ordem Mundial*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2015.

KOP, Mauritz. EU Artificial Intelligence Act: The European Approach to AI. *Stanford-Viena Transatlantic Technology Law Forum, Transatlantic Antitrust and IPR Developments, Stanford University, Issue nº 2/2021*. Disponível em: <https://law.stanford.edu/publications/eu-artificial-intelligence-act-the-european-approach-to-ai/>. Acesso em 30 nov. 2021.

LAMY FILHO, Alfredo; PEDREIRA, José Luiz Bulhões. *A Lei das S.A.* 3. ed. Rio de Janeiro: Renovar, 1995.

LEÃES, Luiz Gastão Paes de Barros. Alienação de controle de companhia aberta seguida do fechamento do seu capital. *Revista de Direito Mercantil: Industrial, Econômico e Financeiro*. v. 113, p. 255-264, jan./mar. 1999.

LEE, Larissa. New Kids on The Blockchain: How Bitcoin's Technology Could Reinvent The Stock Market. *Hastings Business Law Journal*, v. 12, Issue 2, 2016; *University of Utah College of Law Research Paper* n. 138. Disponível em: <http://ssrn.com/abstract=2656501>. Acesso em 11 set. 2020.

LESHIK, Edward; CRALLE, Jane. *An Introduction to Algorithmic Trading*. West Sussex: Wiley, 2011.

LEVY, Frank; MURNANE, Richard. *The New Division of Labor: How Computers are creating the next job Market*. E-book. Princeton University Press, 2005.

LEVY, Pierre. *A Inteligência Coletiva: por uma antropologia do ciberespaço*. São Paulo: Loyola, 2011.

LEVY, Pierre. *As Tecnologias da Inteligência: O futuro do pensamento na era da informática*. 2. ed. São Paulo: Editora 34, 2010.

LEVY, Pierre. *O que é virtual?* São Paulo: Editora 34, 1996.

LOBO, Jorge. Interpretação realista da alienação de controle de companhia aberta. In: LOBO, Jorge (coord.). *Reforma da lei das sociedades anônimas: inovações e questões controvertidas da Lei n. 10.303, de 31.10.2001*. Rio de Janeiro: Forense, 2002. p. 505-524.

MAGALHÃES, Roberto Barcellos de. *Lei das S/A: Comentários por artigo*. v. II, 2. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1997.

MANEY, Kevin; HAMM, Steve; O'Brien, Jeffrey. *Tornando o Mundo Melhor*. Indianapolis: IBM, 2011.

MARKS, Howard. *O mais importante para o Investidor: lições de um gênio do mercado financeiro*. São Paulo: Edipro, 2020.

MARTINS-COSTA, Judith. Oferta pública para a aquisição de ações (OPA). Teoria da confiança. Deveres de proteção violados. A disciplina informativa e o mercado de capitais. Responsabilidade pela confiança. Abuso do poder de controle. *Revista de*

Direito Mercantil: Industrial, Econômico e Financeiro, v. 140, p. 229-270. out./dez. 2005.

MARANHÃO, Juliano Souza de Albuquerque; VAINZOF, Rony; CAMPOS, Ricardo; LOPES, Giovana; OLIVEIRA, Samuel Rodrigues de; BLUM, Renato Opice. Diretrizes para o aperfeiçoamento do Marco Legal da IA no Brasil. *Conjur*. Publicado em 02/09/2021. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2021-set-02/opiniaio-diretrizes-aperfeicoamento-marco-ia-brasil>. Acesso em: 21 fev. 2022.

MELLO, Celso Antonio Bandeira. *Elementos de Direito Administrativo*. 2. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1991.

MIMS, Christopher. Every Company Is Now a Tech Company. That's why all established businesses need to hire a 'technical co-founder. *Wall Street Journal*. Edição de 04/12/2018. Disponível em: <https://www.wsj.com/articles/every-company-is-now-a-tech-company-1543901207>. Acesso em: 02 mar. 2022.

MINSKY, Marvin. *The society of mind*. Nova York: Simon & Schuster, 1985.

MIRANDA FILHO, Aloysio Meirelles de. Descontrole de critérios: cabe à CVM esclarecer, para maior segurança jurídica, as situações que caracterizam consolidação de controle. *Revista Capital Aberto*, n. 22, p. 28-29. jun. 2005.

MISHKIN, Frederic S.; EAKINS, Stanley G. *Financial Markets & Institutions*. 7th ed. Boston: Prentice-Hall, 2012.

MOBELLI, Elisa. Bitcoins, Blockchain e a chegada dos Contratos Inteligentes. *ComputerWorld*. Publicado em 20/10/2015. Disponível em: <https://itforum.com.br/noticias/bitcoins-blockchain-e-chegada-dos-contratos-inteligentes/>. Acesso em: 12 fev. 2022.

MORABITO, Vincenzo. *Business Innovation Through Blockchain: The B3 Perspective*. Milan: Springer, 2017.

MORÓN, Esther. Internet y derecho penal: "hacking" y otras conductas ilícitas en la red. *Revista de Derecho y Proceso Penal*, n. 1, p. 79.

MUNHOZ, Eduardo Secchi. *Empresa contemporânea e direito societário: poder de controle e grupos de sociedades*. São Paulo: Juarez de Oliveira, 2002.

MUNHOZ, Eduardo Secchi. *Contribuições para a revisão do modelo societário*. 2002. Tese (doutorado) – Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

NAJJARIAN, Ilene Patrícia Noronha. *Securitização de Recebíveis Conversíveis*. São Paulo: Quartier Latin, 2010.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO ("OCDE"). OECD AI Principles overview. Disponível em: <https://oecd.ai/en/ai-principles>. Acesso em 18 fev. 2022.

PEREIRA, Carmem Leticia da Maia. *A Hierarquia Supraconstitucional dos Tratados de Direitos Humanos e o Controle de Convencionalidade de Normas na Constituição*. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade do Paraná, Curitiba, 2018.

PEREIRA, Tainá Ramos. Liability and artificial intelligence: existing legal mechanisms and the proposals of Regulation. University of Fribourg, fevereiro de 2021 [no prelo].

PROENÇA, José Marcelo Martins. Violação do dever de informar no mercado de capitais: a manipulação de mercado e a prática do 'insider trading' [jurisprudência comentada]. *Revista de Direito Mercantil: Industrial, Econômico e Financeiro*, v. 144, p. 263-274, 2006.

PROENÇA, José Marcelo Martins; FINKELSTEIN, Maria Eugênia Reis (Org.) . *Direito Societário: tipos societários*. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2014.

PROENÇA, José Marcelo Martins; FINKELSTEIN, Maria Eugênia Reis (Org.) . *Sociedades Anônimas*. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

PROENÇA, José Marcelo Martins; FINKELSTEIN, Maria Eugênia Reis (Org.) . *Direito societário: gestão e controle*. São Paulo: Saraiva, 2008.

RASKIN, Max. The Law and Legality of Smart Contracts. 1 *Georgetown Law Technology Review* 304, 2017.

REILLY, Frank K.; BROWN, Keith C. *Investment Analysis & Portfolio Management*. 10. Ed. Mason: Cengage Learning, 2012.

REQUIÃO, Rubens. A sociedade anônima como "instituição". *Revista de Direito Mercantil: Industrial, Econômico e Financeiro*, v. 18, p. 25-29. 1975.

RICH, Elaine. *Inteligência Artificial*. São Paulo: McGraw-Hill, 1988.

RUSSEL, Stuart J. NORVIG, Peter. *Inteligência Artificial*. 8. reimpressão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

SALOMÃO FILHO, Calixto. *O novo direito societário*. São Paulo: Malheiros, 1998.

SALOMÃO FILHO, Calixto. *Teoria Crítico-Estruturalista do Direito Comercial*. Madrid, Barcelona, Buenos Aires, São Paulo: Marcial Pons, 2015.

SARACEVIC, Tefko. Ciência da Informação: Origem, Evolução E Relações. *Revista perspectivas em ciência da informação*. v. 1. n. 1, 1996. Disponível em: <http://portaldeperiodicos.eci.ufmg.br/index.php/pci/article/view/235>. Acesso em 11 set. 2020.

SMITH, Megan; PATIL, DJ; MUNOZ, Cecilia. Big Risks, Big Opportunities: the Intersection of Big Data and Civil Rights. *The White House blog*. Publicado em 04/05/2016. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/blog/2016/05/04/big-risks-big-opportunities-intersection-big-data-and-civil-rights>. Acesso em 11 set. 2020.

SCHUET, Jonas. A Legal Definition of AI. *Legal Priorities Project Working Paper Series* No. 9. Goethe University Frankfurt. Publicado em 22/08/2021. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3453632. Acesso em 11 set. 2021.

SOUZA, Alberto de Messias. *Uma Nova Arquitetura Para a Internet das Coisas Com Análise de Padrões e Processamento com Big Data*. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

SORNETTE, Didier; VON DER BECKE, Susanne. Crashes and High Frequency Trading. *Swiss Finance Institute Research Paper* nº 11-63, 2011. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1976249. Acesso em: 24 fev. 2022.

STONE, Stephanie. Why Every Company Is A Technology Company. *Forbes*. Edição de 23/01/2017. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2017/01/23/why-every-company-is-a-technology-company/?sh=50c28e6c57ae>. Acesso em: 2 mar. 2022.

SZTAJN, Raquel; FRANCO, Vera Helena. *Teoria jurídica da empresa: atividade empresária e mercados*. São Paulo: Atlas, 2004.

TAVARES BORBA, José Edwaldo. *Direito societário*. 11. ed. Rio de Janeiro: Renovar, 2008.

TOFFLER, Alvin. *O Choque do Futuro*. Rio de Janeiro: Record, 1970.

TOLAN S., MIRON M., GOMEZ E., CASTILLO C. Why Machine Learning May Lead to Unfairness: Evidence from Risk Assessment for Juvenile Justice in Catalonia. Best Paper Award, International Conference on AI and Law, *ICAIL '19*, June 17–21, 2019, Montreal, QC, Canadá. Disponível em: https://chato.cl/papers/miron_tolan_gomez_castillo_2019_machine_learning_risk_assessment_savry.pdf. Acesso em 17 fev. 2022.

UNIVERSITY OF READING. Turing Test Success Marks Milestone In Computing History. Publicado em 08/06/2014. Disponível em: <http://www.reading.ac.uk/news-archive/press-releases/pr583836.html>. Acesso em: 17 fev. 2022.

VERÇOSA, Haroldo Malheiros Duclerc; SZTAJN, Raquel. Lei de introdução à atividade empresarial – I (Projeto de Código Comercial, “go home!”). Publicado em 26/07/2016. Disponível em: <http://www.migalhas.com.br/dePeso/16,MI242866,81042-Lei+de+introducao+a+atividade+empresarial+I+Projeto+de+Codigo>. Acesso em: 20 out. 2017.

VOUGHT, Russell. Memorandum for the heads of executive departments and agencies. Guidance for Regulation of Artificial Intelligence Applications. *White House*. Publicado em 17/11/2020. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2020/11/M-21-06.pdf>. Acesso em: 11 set. 2021.

XAVIER, Correa Fabio. A Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial. *MIT Technology Review*. Publicado em 23/04/2021. Disponível em: <https://mittechreview.com.br/a-estrategia-brasileira-de-inteligencia-artificial/>. Acesso em: 21 fev. 2022.

WANG, Yingxu. *Cognitive Informatics for Revealing Human Cognition: Knowledge Manipulations in Natural Intelligence*. Hershey, PA: Information Science Reference, 2012.

WEIDE, Mark E. Van Der. *Against fiduciary duties to corporate stakeholders*. *Delaware Journal of Corporate Law*, Wilmington, 1996.

YADAV, Yesha. How Algorithmic Trading Undermines Efficiency in Capital Markets. *Vanderbilt Law Review*, v. 68, nº 6, nov. 2915.

ZEITLIN, Maurice, Corporate ownership and control: the large corporation and the capitalist class. *American Journal of Sociology*, Chicago, v. 79, n. 5, 1974, pp. 1073-1119.

ZILBERFAB, Ben-Zion. The Effect of Automated Teller Machines on Demand Deposits: An Empirical Analysis. *Journal of Financial Services Research*, v. 2. Issue 1.p. 49-57, 1989.