



INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: CONSTRUÇÃO DE UMA LISTA DE IPCs E VERIFICAÇÃO DE SUA PERVASIVIDADE TECNOLÓGICA

Palavras-Chave: Inteligência Artificial; Código IPC; Pervasividade

Autores:

Bruno Carpini Amatti, IE – UNICAMP

Prof.^a Dr.^a Rosângela Ballini (orientadora), IE - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

Desde meados dos anos 2000, é notável o crescimento das tecnologias associadas à Inteligência Artificial (IA) e dos seus respectivos usos nas mais variadas esferas da sociedade. De algoritmos preditivos até o reconhecimento computacional de fala, a presença da IA se torna cada vez mais integrada e indispensável ao nosso cotidiano. Não à toa, a literatura produzida sobre o assunto (OCDE, 2019; BUGHIN et al., 2013; WIPO, 2019; MAZZUCCATO, 2022) prevê que o impacto da inteligência artificial sobre a sociabilidade e a economia será revolucionário: as técnicas e relações produtivas se alterarão profundamente, e o próprio modo pelo qual a humanidade pensa e interage será ressignificado (OCDE, 2019).

Em função de suas múltiplas faces e aplicações, o principal ponto de destaque do advento da IA é a sua *pervasividade* (OCDE, 2019). Tal termo traduz precisamente o efeito generalizado que as inúmeras tecnologias pertencentes a esse campo exercerão sobre a atividade econômica. De acordo com Bughin *et al.* (2013), no futuro, não haverá uma discriminação a partir dos **setores** que utilizam ou não a inteligência artificial; a clivagem ocorrerá, na verdade, sobre o nível **empresarial**: a viabilidade financeira e os ganhos econômicos das empresas estarão condicionados pela implementação da IA em seus respectivos processos produtivos. Baseando-se na contribuição de Arend (2012), ao proporcionar o surgimento de novas tecnologias e, conseqüentemente, de novos processos produtivos que se transmitem de forma ubíqua por toda a economia, a IA passa a caracterizar um novo paradigma tecno-econômico; ressignificando, portanto, as bases técnicas já estabelecidas e a lógica que rege a tomada de decisão dos agentes.

Da World International Patent Organization (WIPO), em função da acessibilidade, da inclusão de informações relevantes e da presença de uma descrição detalhada da tecnologia em questão, definiu-se que o principal instrumento para verificar os avanços realizados nesse ramo tecnológico, no contexto desta pesquisa, são as patentes. Prezou-se, ainda, pela utilização da International Patent Classification

(IPC), principalmente por sua predominância em meio à literatura recente. A IPC estabelece uma hierarquia na classificação das tecnologias, contando com 8 seções e 70.000 subdivisões.

Contextualizada a importância social e econômica do estudo dessas tecnologias, chega-se ao ponto de partida do trabalho em questão. A partir da revisão bibliográfica, diagnosticam-se dois principais problemas: (a) a dificuldade no estabelecimento de uma descrição precisa do que a inteligência artificial efetivamente representa e, derivado deste, (b) a dificuldade na confecção de métricas que possibilitem o estudo da dinâmica de crescimento global e setorial dessas tecnologias. Com relação ao primeiro problema, a multiplicidade de usos da IA faz com que surjam diversas definições acerca do termo na literatura. Contudo, cada uma dessas definições destaca um ponto específico desse conjunto de tecnologias, sem evidenciar a importante característica da *pervasividade*. A ausência de uma definição precisa, por sua vez, faz com que a construção de métricas para acompanhar o desenvolvimento desse conjunto de tecnologias seja dificultada – resultando, portanto, em um acompanhamento apenas parcial da evolução da IA.

Os principais objetivos dessa pesquisa resumiram-se na mobilização de esforços a fim de que esses dois problemas fossem contornados. O primeiro objetivo foi o de construir uma definição síntese, que ressalte o caráter pervasivo e generalizado das tecnologias associadas ao campo da IA. O segundo objetivo foi a confecção de uma lista de códigos IPC característicos de tecnologias da inteligência artificial. O terceiro objetivo – derivado da lista de IPCs – foi o de verificar empiricamente como se dá a distribuição geográfica, setorial e empresarial dessas tecnologias.

METODOLOGIA:

Utilizou-se uma abordagem diferente para cada um dos três objetivos citados acima. Para o primeiro objetivo – o da construção de uma definição síntese – o principal recurso utilizado foi o da revisão bibliográfica. A partir das definições presentes nas publicações aqui utilizadas, tendo como plano de fundo principal a ideia da *pervasividade* ressaltada por OCDE (2017), foi possível confeccionar uma definição mais completa e abrangente. O segundo objetivo – da confecção de uma lista de códigos IPC – foi atingido, também, a partir da revisão bibliográfica. Buscou-se por trabalhos que listavam IPCs relevantes relacionados a tecnologias da inteligência artificial (OH et al., 2018; KIM et al., 2018); posteriormente, verificou-se a descrição de cada um dos códigos apontados pelos trabalhos em questão e, considerando a definição de IA construída no objetivo anterior, decidiu-se pela inserção ou não do código IPC na lista. Sobre o terceiro objetivo, – o da verificação empírica da lista construída – realizou-se uma análise de estatística descritiva a partir da base de dados da OCDE que contém as 2.000 empresas que mais investem em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) no mundo - **EC-JRC/OECD COR&DIP© database, v.3, 2021**. Utilizou-se, para tal análise, o software R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Como primeiro ponto da apresentação e análise dos resultados, destaca-se a definição síntese da IA obtida. A partir da bibliografia utilizada nesse trabalho, compreende-se a inteligência artificial enquanto *toda tecnologia que proporcione a realização, por parte de máquinas e de softwares, de atividades que pertençam, originalmente, ao espectro cognitivo humano – como a leitura, a escrita e a compreensão autônoma de símbolos e imagens. Tais tecnologias caracterizam-se (a) por seu propósito generalizado (ou seja, por sua capacidade de aplicação em diversos setores e de combinação com outras tecnologias) e (b) por sua radicalidade (isto é, por apresentar um rápido crescimento, mas marcado pela incerteza com relação aos seus possíveis usos)* (OCDE, 2019; MAZZUCCATO, 2022; BUGHIN et al., 2013; OCDE, 2017; BARUFFALDI et al., 2019).

Após construída a definição síntese, os esforços concentraram-se na confecção da lista de códigos IPC relacionados à inteligência artificial. Como citado na metodologia, foram utilizadas duas referências principais para a seleção dos códigos. Em Kim et al. (2018), os autores partem de uma análise de redes e, realizando uma inferência bayesiana, elegem códigos que representam as tecnologias mais “sustentáveis” relacionadas à IA. “Sustentabilidade”, aqui, remete à noção de apoio; fundamentação – ou seja, elegem-se as tecnologias mais importantes para o crescimento da IA, a partir de seus respectivos códigos IPC. Os principais códigos, ilustrados na Figura 1, são *G06F* (processamento elétrico de dados digitais) e *G06T* (processamento e geração de dados relacionados a imagens). Os outros códigos de destaque são *H04N* (comunicação pictórica), *G10L* (processamento e análise de fala), *A61B* (diagnóstico, cirurgia e identificação), *H04R* (alto-falantes e telefones), *G06N* (sistemas de computadores baseados em modelos computacionais), *H04L* (transmissão de informação digital), *G09G* (circuitos de dispositivos indicadores) e *G02B* (elementos ópticos e sistemas). O período analisado vai de 1995 até 2016.

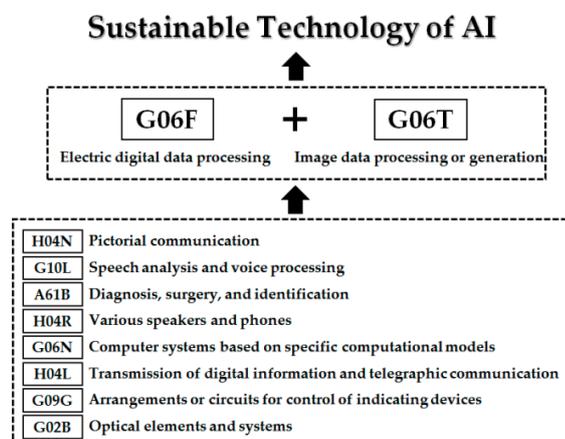


Figura 1: Códigos que sustentam o crescimento da IA. Fonte: Kim et al. (2018)

Em Oh et al. (2018), os autores realizam uma análise de rede para os códigos IPC relacionados à IA entre os anos de 2005 e 2016. O trabalho divide esses anos em quatro subperíodos – Q1, Q2, Q3 e Q4 – com cada um desses subperíodos contendo 3 anos. Considerando o subperíodo mais recente (2014-2016), nota-se uma grande similaridade com os códigos apontados por Kim et al. (2018); os únicos códigos IPC presentes exclusivamente no trabalho de Oh et al. (2018) são *G06Q* (sistemas de processamento de dados) e *G06K* (reconhecimento de dados).

A partir da união dos códigos apontados pelos trabalhos citados acima, formou-se uma lista base com os códigos *G06F*, *G06T*, *H04N*, *G10L*, *A61B*, *H04R*, *G06N*, *H04L*, *G09G*, *G02B*, *G06Q* e *G06K*. Assim, foi realizada uma análise de cada uma das descrições desses códigos; caso a descrição ao nível de subclasse fosse compatível com a definição síntese de IA, o código ingressava na lista final de IPCs. Caso a descrição ao nível de subclasse não fosse diretamente associável com a definição síntese,

observavam-se as descrições ao nível de grupo e subgrupo; em se verificando a compatibilidade, o código ingressava na lista final de IPCs, mas a um nível mais específico. Se não houvesse nenhuma associação direta entre a descrição do código ao nível de subclasse, grupo ou subgrupo e a definição síntese, o código era descartado. A lista final é apresentada na Tabela 1.

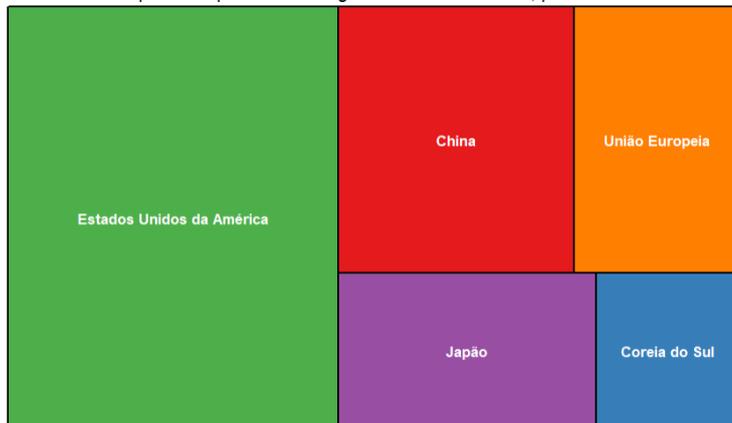
Tabela 1: Lista de códigos IPC associados à IA.

G06F	Processamento de dados digitais
G06T 7/00	Análise de imagem
G06T 9/00	Codificação de imagem
G10L	Processamento de fala
A61B 5/103	Dispositivos de análise de padrões associados a partes do corpo humano
A61B 5/117	Métodos de reconhecimento de padrões (<i>digitais humanas, p. ex.</i>)
A61B 34/30	Robôs-cirurgiões
G06N	Sistemas baseados em modelos computacionais específicos
G06Q 10/04	Sistemas de previsão e otimização associados à administração
G06Q 40/00	Sistemas de processamento de dados associados ao setor financeiro
G06Q 50/02	Sistemas de processamentos de dados associados à agricultura
G06K 9/00	Métodos de leitura e reconhecimento de padrões

Elaboração própria.

A partir da confecção da lista, os esforços foram direcionados para a análise empírica. Utilizando a base de dados da OCDE que contém as 2.000 empresas que mais investem em P&D no mundo, foi possível verificar (a) a distribuição geográfica do surgimento de tecnologias associadas à IA, (b) os setores que mais patenteiam tecnologias relacionada à IA e, mais especificamente, (c) quais as empresas líderes do processo de criação e disseminação dessas tecnologias. O ano utilizado para a análise foi o de 2018.

Quantidade de patentes que contêm códigos IPC associados à IA, por escritório de autoria



No que diz respeito à distribuição geográfica da emergência da IA, é necessário realizar uma ponderação: a base da OCDE considera apenas as patentes publicadas nos escritórios dos EUA, da China, da União Europeia, da Coreia do Sul e do Japão. Portanto, a partir desses cinco escritórios, tem-se que os EUA destacam-se na autoria de patentes de tecnologias associadas à IA (45,1% das publicações relacionadas à IA dos escritórios citados), seguidos pela China (20,4%) e pela União Europeia (14,2%). O Japão é responsável pela autoria de 13% dessas patentes; a Coreia do Sul, 7,2%.

Setorialmente, destaca-se, a partir dos códigos NACE, a fabricação de componentes eletrônicos, computadores e aparelhos de medição, a edição de programas informáticos e a fabricação de produtos farmacêuticos. Ao nível empresarial, as cinco principais empresas no que diz respeito ao desenvolvimento de tecnologias relacionadas à inteligência artificial são a Samsung, a Canon, a Alphabet, a IBM e a Huawei.

Setorialmente, destaca-se, a partir dos códigos NACE, a fabricação de componentes eletrônicos, computadores e aparelhos de medição, a edição de programas informáticos e a fabricação de produtos farmacêuticos. Ao nível empresarial, as cinco principais empresas no que diz respeito ao desenvolvimento de tecnologias relacionadas à inteligência artificial são a Samsung, a Canon, a Alphabet, a IBM e a Huawei.

CONCLUSÕES:

A partir dos resultados empíricos, é possível concluir que, apesar de sua ressaltada *pervasividade*, o desenvolvimento de tecnologias relacionadas à IA ainda está muito restrito a setores e empresas diretamente relacionadas à tecnologia – como, por exemplo, a gigante estadunidense Alphabet, detentora do Google. A única exceção setorial aparece no NACE associado ao desenvolvimento de produtos farmacêuticos. Uma possível explicação para a pouco aparente *pervasividade* é o estágio inicial dos usos da IA: como as suas aplicações estão se generalizando, há uma relativa concentração no aperfeiçoamento dessas tecnologias por parte das empresas líderes em tecnologia. Ao nível geográfico, ainda que a amostra utilizada para a análise contenha informações apenas sobre os cinco principais escritórios de patente do mundo, é possível observar uma nítida predominância dos EUA que, sozinho, foi o responsável pela autoria de quase metade de todas as patentes associadas à IA em 2018. Há de se destacar, também, os esforços chineses no âmbito da IA, dado que o escritório chinês aparece à frente do europeu, japonês e sul-coreano.

BIBLIOGRAFIA

AMOROSO, S.; ARISTODEMOU, L.; CRISCUOLO, C.; DECHEZLEPRÊTRE, A.; DERNIS, H.; GRASSANO, N.; MOUSSIEGT, L.; NAPOLITANO, L.; NAWA, D.; SQUICCIARINI, M.; TÜBKE, A. World Corporate Top R&D investors: Paving the way for climate neutrality. A joint JRC and OECD report. **Publications Office of the European Union**, Luxemburgo, 2021.

AREND, M. Revoluções tecnológicas, finanças internacionais e estratégias de desenvolvimento: um approach neo-schumpeteriano. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v. 33, n. 2, p. 363-396.

BARUFFALDI, S.; BEUZEKOM, B.; DERNIS, H.; HARHOFF, D.; RAO, N.; ROSENFELD, D.; SQUICCIARINI, M. Identifying and measuring developments in artificial intelligence. **OECD Science, Technology and Industry Working Papers**, 2020

BUGHIN, J.; SEONG, J.; MANYIKA, J.; CHUI, M.; JOSHI, Raoul. Notes from the AI frontier: modeling the impact of AI on the world economy. McKinsey Global Institute. Discussion Paper, 2018. Disponível em [Modeling the global economic impact of AI | McKinsey](#)

DERNIS, H.; GKOTSIS, P.; GRASSANO, N.; NAKAZATO, S.; SQUICCIARINI, M.; VAN BEUZEKOM, B.; VEZZANI, A. World Corporate Top R&D investors: Shaping the Future of Technologies and of AI. A joint JRC and OECD report. **Publications Office of the European Union**, Luxemburgo, 2019

KIM, J.; SUNGHAEE, J.; JANG, D.; PARK, S. Sustainable Technology Analysis of Artificial Intelligence Using Bayesian and Social Network Models. **Sustainability**, v. 10, n. 115, 2018.

MAZZUCATO, M.; SCHAAKE, M.; KRIER, S. e ENTSMINGER, J. Governing artificial intelligence in the public interest. UCL Institute for Innovation and Public Purpose. Working Paper Series (IIPP WP 2022-12). Disponível em <https://www.ucl.ac.uk/bartlett/public-purpose/wp2022-12>

OH, H.; LEE, H. J.; CHANG, T. A study on the technology convergence of artificial intelligence through patent analysis. **ICIC Express Letters**, v. 12, n. 7, jul/2018.

WIPO. WIPO Technology Trends (2019): Artificial Intelligence. Geneva: World Intellectual Property Organization, 2019. Disponível em https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_1055.pdf