

CORRIDA TECNOLÓGICA PELA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: Uma Análise Automatizada do Desenvolvimento Desigual e da Concentração de Conhecimento Científico

Paola Vitória Barbosa dos Santos, Clara Garcia Alvino, Diogo Roberto Olsen e Lawrence Mayer Malanski

*Instituto Federal do Paraná - IFPR, Londrina, Paraná, Brasil

Email:paolaviitooriaa@gmail.com, clara.garcia.tinfem2022@gmail.com, diogo.olsen@ifpr.edu.br, lawrence.malanski@ifpr.edu.br

Abstract—The technological race for Artificial Intelligence is changing the global geopolitical order and highlighting historical patterns of unequal development and the accumulation of power. This work investigates the geopolitics of scientific knowledge as a vehicle for these inequalities, based on the hypothesis that the recent scenario reflects a center-periphery dynamic. The objective is to map the centers of intellectual production that underlie modern Artificial Intelligence, to generate a quantitative basis for the discussion on digital sovereignty. To this end, the following method was employed: the development and manipulation of an Artificial Intelligence agent to conduct a systematic bibliographic analysis of articles, such as "Attention Is All You Need" and "ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks." The results revealed a high concentration of knowledge in North America (USA and Canada), which accounts for 82.68% of the total references analyzed. The analysis also highlighted the significant rise of China. Although not as cited as those in North America, we can see the relevance of its center when many of its authors are Chinese. The percentage also highlights the marginal position of the Global South, which includes Brazil. It can be concluded that the origin of these citations is a direct reflection of the geopolitics of power in the digital age, providing an experimental basis for the proposed debate on the urgency of strategic policies to insert less favored countries into the international arena of Artificial Intelligence and its knowledge.

Keywords—Artificial Intelligence; Geopolitics; Technological Inequality; Automated Bibliographic Analysis; Center-Periphery.

Resumo—A corrida tecnológica pela Inteligência artificial muda a ordem geopolítica global, e deixa em evidência padrões históricos de desenvolvimento desigual e o acúmulo de poder. Este trabalho investiga a geopolítica do conhecimento científico como o veículo destas desigualdades, partindo da hipótese de que o recente cenário se refere a uma dinâmica de centro-periferia. O objetivo é mapear os polos de produção intelectual que fundamentam a Inteligência Artificial moderna, para gerar uma base quantitativa para a discussão sobre soberania digital. Para isso, colocou-se em uso o seguinte método: o desenvolvimento e a manipulação de um agente de Inteligência Artificial para a condução de uma análise

bibliográfica sistemática de artigos, como 'Attention Is All You Need' e 'ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks'. Os resultados revelaram uma grande concentração de conhecimento na América do Norte (EUA e Canadá), que responde por 82,68% do total de referências analisadas. A análise destacou também a relevante subida da China, apesar de não serem tão citados como os da América do Norte, percebemos a relevância de seu polo quando muitos de seus autores são chineses. A porcentagem também evidencia a posição marginal do Sul Global, o que inclui o Brasil. Conclui-se que a origem das citações é um reflexo direto da geopolítica do poder na era digital, o que fornece uma base experimental para o debate proposto sobre a urgência de políticas estratégicas para inserir os países menos favorecidos no cenário internacional da Inteligência Artificial e seus conhecimentos.

Palavras-chave—Inteligência Artificial; Geopolítica; Desigualdade Tecnológica; Análise Bibliográfica Automatizada; Centro-Periferia.

I. INTRODUÇÃO

O crescimento da Inteligência Artificial (IA) transforma a economia e o poder geopolítico global, porém seu desenvolvimento demonstra desigualdade. Este cenário reforça o padrão histórico de centro-periferia, proposto por Prebisch [1], onde o conhecimento científico de fronteira se concentrava em polos hegemônicos. Nos Estados Unidos e, recentemente também na China, a divisão de conhecimento piora isso, fazendo com que países estejam em função de outros em uma dependência estratégica. A formação desses polos é explicada pelo modelo da Hélice Tríplice proposto por Etzkowitz [2], que descreve a união entre universidade, indústria e governo para gerar ambientes de inovação que atraiam capital e talentos. Diante disso, esta pesquisa examina a geopolítica do conhecimento e suas distribuições no contexto da corrida pela IA. Partindo da ideia de que a origem da produção científica é um índice de-

terminante deste processo global, o trabalho sugere o seguinte método: o desenvolvimento de um agente de IA para citar detalhadamente a lista de referências de artigos usados na análise, a fim de discutir a hipótese central deste trabalho.

II. MÉTODO

Esta pesquisa utiliza de uma abordagem quantitativa, se baseando na análise estatística de artigos científicos, com o propósito de esquematizar a geopolítica do conhecimento em IA. Para possibilitar a análise em proporção e otimizar o processo de coleta desses dados, utilizou-se um agente de IA, que por meio de prompts deveria extrair as informações solicitadas.

A. Seleção do Corpus de Análise

O conjunto de dados foi composto por quatro artigos, selecionados por seu critério de alto impacto segundo as métricas do Google Acadêmico, e a quantidade de citações que possuem, representando marcos fundamentais da IA moderna:

- [3] “ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks” (Krizhevsky et al., 2012)
- [4] “Generative Adversarial Nets” (Goodfellow et al., 2014)
- [5] “ADAM: A Method for Stochastic Optimization” (Kingma & Ba, 2015)
- [6] “Attention Is All You Need” (Vaswani et al., 2017)

A escolha destes trabalhos específicos é justificada por sua influência, servindo como suporte para as três grandes áreas da IA atual: Visão Computacional, Modelos Generativos e Modelos de Linguagem em Larga Escala.

1) *Desenvolvimento e Seleção do Agente de IA:* Antes da escolha, os sistemas de agente de IA passaram por uma fase de testes comparativos entre diversas plataformas, como: *Google AI Studio*, *Notebook LM*, *Deepseek*, *Copilot* e *Chat GPT*. Porém, apenas duas atenderam ao critério estabelecido, sendo elas *Google AI Studio* e *Notebook LM*. O critério de seleção utilizado foi a capacidade do sistema de completar as tarefas, extraíndo com o máximo de precisão possível, de maneira completa e organizada. Nos testes, o *Google AI Studio* demonstrou um maior desempenho, fornecendo dados completos e listados de modo coerente, enquanto a outra ferramenta apresentou respostas parciais e dinâmicas. Desta forma, o *Google AI Studio* foi escolhido como a ferramenta base para conduzir esta pesquisa.

2) *Procedimentos de Extração e Análise de Dados:* O processo de análise ocorreu em duas etapas principais para cada

artigo do conjunto. Na primeira etapa, a de extração de dados, o agente de IA foi alimentado com o arquivo em formato PDF e recebeu a orientação de listar todas as referências bibliográficas contidas no documento. Na segunda etapa, a de divisão, o agente foi programado para identificar o país de origem de cada publicação através da lista que gerou. Esta solicitação foi definida com base na associação institucional principal dos autores citados no momento da publicação do trabalho referenciado, considerado o indicador mais preciso do polo de produção do conhecimento. Os dados recebidos foram somados, quantificados por país e armazenados para compor a análise quantitativa apresentada na seção de resultados e na discussão.

III. RESULTADOS PRELIMINARES

Seguindo o método pré-definido, o agente foi usado para analisar a lista de referências do artigo principal “*Deep Residual Learning for Image Recognition (ResNet)*” e de outros quatro artigos escolhidos através dos parâmetros empregados. O agente extraiu com sucesso as informações pedidas e as organizou como esperado, cumprindo assim os objetivos específicos deste estudo. O principal resultado gerado foi uma listagem precisa que classificou cada referência de acordo com sua origem geográfica. Para cada citação, identificou-se:

- O tipo de publicação: Conferência, artigo científico em jornal, etc;
- A nacionalidade dos autores;
- A origem da referência;
- A localização do evento: Para as conferências, especificou a cidade onde foi realizada (ex: Zurique, Suíça).

A partir dessa extração, os dados foram quantificados para a terceira parte do trabalho. Esta contagem numérica foi o principal dado para a criação da anamorfose através do *software QGIS* [7]. Anamorfose é uma técnica de cartografia onde a área de um país é distorcida intencionalmente para se tornar diretamente proporcional a uma variável quantitativa. O objetivo era transformar o número bruto de citações por país (por exemplo: EUA - 115 referências) em uma representação visual que demonstrasse a concentração geográfica do conhecimento científico utilizado no artigo analisado. A figura 1 apresenta o resultado.

A organização dos dados pelo agente foi apresentada em um formato claro, juntando as referências por país, como demonstram os exemplos:

Suíça: [8] K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun. Spatial pyramid pooling... In ECCV, 2014. (Conferencia, realizada em Zurique, Suíça)

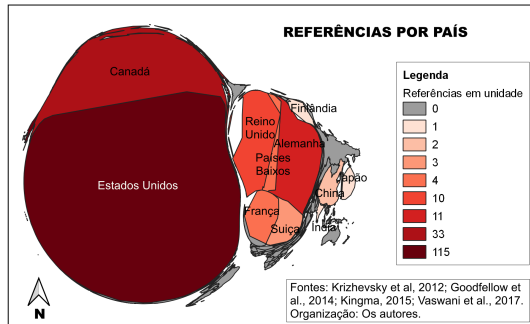


Fig. 1. Anamorfose: quantidade de referências citadas por país. Autoria própria. QGIS Development Team

[9] T.-Y. Lin, M. Maire, S. Belongie, J. Hays, P. Perona, D. Ramanan, P. Dollar, and C. L. Zitnick. Microsoft COCO... In ECCV, 2014. (Conferência, realizada em Zurique, Suíça)

Brasil: [10] Hripcsak, G., Duke, J.D., Shah, N.H., et al.: Observational Health Data Sciences... (MEDINFO 2015, Brasil) Identificando a última como uma referência originada no Brasil, totalizando 1 referência.

Dessa forma, os resultados preliminares compõem a coleção de um banco de dados referenciado das fontes acadêmicas, que serviu de base direta para a criação da anamorfose, permitindo a discussão feita na conclusão sobre a distribuição global da produção de conhecimento em Inteligência Artificial.

IV. CONCLUSÃO

Essa pesquisa teve por objetivo a discussão do desenvolvimento desigual e a concentração do conhecimento científico na corrida tecnológica pela Inteligência Artificial. A hipótese central utilizada, fundamentada em teorias de desenvolvimento tecnológico, mostra que a atual era da IA não representa uma mudança, mas sim uma continuação e intensificação de padrões históricos de concentração de poder e conhecimento em polos hegemônicos. Os resultados preliminares, obtidos através da análise automatizada, oferecem uma evidência prática que não apenas confirma, mas aprofunda esta proposta, permitindo uma discussão variada das dinâmicas observadas.

A. A Confirmação Empírica da Hegemonia Norte-Americana

O achado mais importante da análise quantitativa é o domínio da produção científica dos Estados Unidos e do Canadá na base de conhecimento dos quatro artigos analisados. Somando, os dois países respondem por 148 das 179 referências analisadas, ou seja, 82,68% do total. Este número é uma pequena apresentação, no nível da citação acadêmica,

de um grande fenômeno de hegemonia tecnológica. Ele reflete o sucesso de um ambiente de inovação que, como discutido na fundamentação teórica, opera no modelo da Hélice Tríplice. Instituições acadêmicas conhecidas mundialmente (como a Universidade de Toronto, Stanford, MIT e Berkeley), corporações de tecnologia com muitos recursos para pesquisa e desenvolvimento (Google, Microsoft) e um histórico de forte financiamento governamental criaram um ciclo digno. Este ambiente não só produz o conhecimento, mas também atrai ele, o que funciona como um polo de peso para os mais importantes pesquisadores globais como os próprios autores dos artigos analisados que, embora sejam de nacionalidades diversas, produziram seus trabalhos dentro do poderoso ambiente norte-americano. Dentro do modelo de Prebisch [1], a concentração de 64% das referências apenas nos Estados Unidos demonstra que o país funciona como o “centro”, demonstrando a inovação fundamental que alimenta o progresso global em IA. O Canadá, com 18%, surge não como um personagem secundário, mas como complemento deste centro hegemônico.

B. A Dinâmica Geopolítica Refletida nas Citações: A Ascensão da China

Organizando os artigos em ordem de publicação — de “AlexNet” (2012) a “Attention Is All You Need” (2017) —, os dados revelam uma perceptível mudança no mapa do domínio científico. Nos trabalhos mais antigos, a Europa (destacando o Reino Unido, Alemanha e França) é colocada como um polo secundário em questão de relevância, que contribui historicamente para o campo. Mas, ao analisar o artigo mais recente, o “Transformer” — arquitetura que sustenta a IA generativa hoje —, é visível o crescimento de uma nova potência: a China. A presença de referências em pesquisas feitas em instituições chinesas (como a citação ao trabalho “ResNet” da Microsoft Research Asia) é a manifestação acadêmica da “Nova Guerra Fria Digital”. Demonstra que a China superou o papel de apenas fabricante ou consumidor de tecnologia para se tornar um produtor de conhecimento científico de fronteira, capaz de influenciar e servir de base para os avanços desenvolvidos posteriormente no próprio polo norte-americano. Então, a rede de citações atua como um medidor, registrando as mudanças de poder geopolítico antes que eles se firmem nos mercados. A competição estratégica entre EUA e China não é apenas uma teoria, mas um crescimento visível diante das mudanças científicas.

C. A Marginalização do Sul Global e a Posição Brasileira

Em oposição à notável presença norte-americana e à ascensão asiática, a análise mostra a posição periférica e marginal do Sul Global. No contexto dos artigos mais citados e influentes do assunto “IA”, a soma científica de países como o Brasil é como um resto, aparecendo de forma pontual e quase insignificante. Esta observação está de acordo com a posição de “periferia” no modelo de desenvolvimento vista pela dependência tecnológica e pelo consumo de conhecimentos gerados nos centros hegemônicos estruturados. O baixo número de referências não significa que não exista pesquisas de IA no Brasil, mas indica uma falha entre a produção local e os debates que definem a fronteira do conhecimento global. O baixo investimento em Pesquisa e Desenvolvimento, a “fuga de cérebros” para os polos centrais mais fortes, o corte de políticas científicas e a barreira de línguas contribuem para este cenário que deixa o país quase invisível. A corrida pela IA, como mostram os dados, também é uma corrida em busca de relevância no cenário científico, e o sumiço nesse campo implica uma posição de desvantagem estrutural no poder global.

D. Implicações Metodológicas e Limitações

É importante reconhecer que o método usado, embora poderoso, possui limitações. A análise precisou reduzir a um “corte” de quatro artigos fundamentais, e uma apresentação ampla poderia refinar ou mudar relativamente a distribuição percentual. Ainda, a definição de nacionalidade de uma publicação é algo complexo de se fazer, pois pode envolver a nacionalidade dos autores, a localização da instituição de pesquisa e o país de publicação do periódico ou conferência, o que pode alterar a real informação. Utilizou-se o critério da afiliação institucional como indicador base, o que demonstrou eficácia para mapear os ambientes de produção de conhecimento.

Porém, a principal força do método vive na capacidade de traduzir um conceito abstrato — “concentração de conhecimento” — em dados visualizáveis. A lista de referências de um artigo científico funciona como um mapa simplificado. Ao somar e analisar estes mapas, a ferramenta de IA cumpriu seu objetivo de mostrar padrões que, de alguma forma, ficariam no campo da percepção qualitativa. Os resultados alcançados são o material essencial que explica a criação de uma anamorfose, que tornará esta discussão de distribuição de poder visualmente imediata e compreensível.

Conhecimento em IA. Como continuação, trabalhos futuros devem aumentar o corpus de análise, incluindo mais artigos e separar os dados através do andamento dos cursos de financiamento e de talentos (“fuga de cérebros”) que sustentam os polos hegemônicos, e analisar o motivo pelo qual os países que possuem menos referências estão em disparidade em relação aos outros. Sugere-se também o melhoramento técnico do agente de IA para conduzir análises em larga escala. A linha essencial é o uso deste diagnóstico no desenvolvimento de políticas públicas e estratégias que visem à adição soberana do Brasil na corrida tecnológica, mudando o foco da questão problema para a proposta de soluções mais certeiras. A continuidade desta pesquisa é fundamental para um futuro tecnológico mais igualitário.

REFERÊNCIAS

- [1] R. Prebisch, “O desenvolvimento econômico da América Latina e seus principais problemas,” *Revista Brasileira de Economia*, vol. 3, no. 3, pp. 47–111, set. 1949.
- [2] H. Etzkowitz and C. Zhou, *The Triple Helix: University-Industry-Government Innovation and Entrepreneurship*. Routledge, 2017.
- [3] A. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. E. Hinton, “Imagenet classification with deep convolutional neural networks,” in *Advances in neural information processing systems*, 2012, vol. 25.
- [4] I. J. Goodfellow, J. Pouget-Abadie, M. Mirza, B. Xu, D. Warde-Farley, S. Ozair, A. Courville, and Y. Bengio, “Generative adversarial nets,” in *Advances in neural information processing systems*, 2014, vol. 27.
- [5] D. P. Kingma and J. Ba, “Adam: A method for stochastic optimization,” *arXiv preprint arXiv:1412.6980*, 2014.
- [6] A. Vaswani et al., “Attention is all you need,” in *Advances in neural information processing systems*, 2017, vol. 30.
- [7] QGIS Development Team. (2024). *QGIS Geographic Information System* (Version 3.38 ‘Grenoble’). Open Source Geospatial Foundation Project. Acessado em 21 de agosto de 2025, de <https://www.qgis.org>
- [8] He, Kaiming, et al. “Spatial pyramid pooling in deep convolutional networks for visual recognition.” *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence* 37.9 (2015): 1904-1916.
- [9] Lin, TY. et al. (2014). *Microsoft COCO: Common Objects in Context*. ECCV 2014. ECCV 2014. Lecture Notes in Computer Science, vol 8693. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-10602-1-48>
- [10] Hripcsak, George, et al. “Observational Health Data Sciences and Informatics (OHDSI): opportunities for observational researchers.” *Studies in health technology and informatics* 216 (2015): 574.
- [11] F. H. Cardoso and E. Faletto, *Dependência e Desenvolvimento na América Latina: Ensaio de Interpretação Sociológica*. Zahar Editores, 1977.
- [12] J. L. Gaddis, *The Cold War: A New History*. Penguin, 2006.
- [13] K.-F. Lee, *AI Superpowers: China, Silicon Valley, and the New World Order*. Harper Business, 2018.

V. TRABALHOS FUTUROS

A conclusão desta pesquisa serve como partida para novas investigações ao confirmar a intensa concentração de co-