

DECOLONIZANDO A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

VOLUME 1 - ENERGIA E SOBERANIA NO
SUL GLOBAL

Wêller Santos Gonçalves



DECOLONIZANDO A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.
VOLUME 1 - ENERGIA E SOBERANIA NO SUL
GLOBAL

Wêller Santos Gonçalves

DECOLONIZANDO A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.
VOLUME 1 - ENERGIA E SOBERANIA NO SUL
GLOBAL
1ª edição

Uberlândia / Minas Gerais
Navegando Publicações
2025



Navegando Publicações



www.editoranavegando.com
editoranavegando@gmail.com
Uberlândia – MG,
Brasil

Direção Editorial: Navegando
Projeto gráfico e diagramação: Lurdes Lucena
Arte da Capa: Alberto Ponte Preta

Copyright © by autor, 2025.

G635 – GONÇALVES W. S. Decolonizando a inteligência artificial. Volume 1 - energia e soberania no sul global. Uberlândia: Navegando Publicações, 2025.

ISBN: 978-65-6070-110-6

DOI 10.29388/978-65-6070-110-6

1. Tecnologia 2. Inteligência Artificial 3. Energia 4. Decolonização. I. Wêller Santos Gonçalves. Navegando Publicações. Título.

CDD – 006.3

Índice para catálogo sistemático

Inteligência Artificial

006.3

Navegando Publicações



NAVEGANDO

www.editoranavegando.com

editoranavegando@gmail.com

Uberlândia - MG

Brasil

Editores

Lurdes Lucena – Esamc – Brasil

Carlos Lucena – UFU, Brasil

José Claudinei Lombardi – Unicamp, Brasil

José Carlos de Souza Araújo – Unibe/UFU, Brasil

Conselho Editorial Multidisciplinar

Pesquisadores Nacionais

Afrânio Mendes Catani – USP – Brasil

Anderson Bretas – IFTM – Brasil

Anselmo Alencar Colares – UFOPA – Brasil

Carlos Lucena – UFU – Brasil

Carlos Henrique de Carvalho – UFU, Brasil

Clison César Fagiani – Unibe – Brasil

Dermeval Saviani – Unicamp – Brasil

Eduardo Santos Rosende – UFU – Brasil

Fabiane Santana Previtali – UFU, Brasil

Gilberto Luiz Alves – UFMS – Brasil

Iez Stappa – PUCRJ – Brasil

João dos Reis Silva Junior – UFSCar – Brasil

José Carlos de Souza Araújo – Unibe/UFU – Brasil

José Claudinei Lombardi – Unicamp – Brasil

Larissa Dalmer Pereira – UFF – Brasil

Livia Diana Rocha Magalhães – UFESB – Brasil

Marcelo Caseto da Parreira da Silva – UFU – Brasil

Mara Regina Martins Jacomeli – Unicamp, Brasil

Maria J. A. Rosário – UFPA – Brasil

Newton Antonio Pacelli Bryan – Unicamp, Brasil

Paulino José Orso – Unioeste – Brasil

Ricardo Antunes – Unicamp, Brasil

Robson Luiz de França – UFU, Brasil

Tatiana Dalmer Pereira – UFF – Brasil

Valdemar Spissardi – UFSCar – (Apos.) – Brasil

Valéria Lucília Forti – UERJ – Brasil

Yolanda Guerra – UFPR – Brasil

Pesquisadores Internacionais

Alberto L. Bialakowsky – Universidad de Buenos Aires – Argentina

Alcina Maria de Castro Martins – (I.S.M.T.), Coimbra – Portugal

Alexander Steffelnell – Lee University – EUA

Angela A. Fernández – Univ. Aut. de St. Domingo – Rep. Dominicana

Antonio Vidal Ortega – Pont. Un. Cat. M. y M. – Rep. Dominicana

Armando Martín de Rosales – Universidad Popular de Cesar – Colômbia

Artemis Torres Valenzuela – Universidad San Carlos de Guatemala – Guatemala

Carolina Crisostomo – Universidad de Buenos Aires – Argentina

Christian Cwik – Universität Graz – Austria

Christian Hauser – Universidad de Talca – Chile

Daniel Schugrensky – Arizona State University – EUA

Elizée Payne Iglesias – Universidad de Costa Rica – Costa Rica

Elsa Capron – Université de Nimès / Univ. de la Réunion – France

Elvira Aballi Morell – Vanderbilt University – EUA

Fernando Canascho Padilla – Univ. Autónoma de Madrid – Espanha

Francisco Javier Maza Avila – Universidad de Cartagena – Colômbia

Hernán Velázquez Delgado – Univ. Autónoma de Coahuila – México

Iside Gergil – Universidad de Coimbra – Portugal

João Sánchez – Universidad del Magdalena – Colômbia

Johanna von Grafenstein, Instituto Mora – México

Lionel Muñoz Paz – Universidad Central de Venezuela – Venezuela

Jorge Enrique Elías-Caro – Universidad del Magdalena – Colômbia

José Jesus Borjón Nieto – El Colegio de Vera Cruz – México

José Luis de los Reyes – Universidad Autónoma de Madrid – Espanha

Juan Marchena Fernández – Universidad Pablo de Olavide – Espanha

Juan Paz y Miño Cepeda, Pont. Univ. Católica del Ecuador – Equador

Lector Dmas Vasquez – Universidad de La Guajira – Colômbia

Marvin Barahona – Universidad Nacional Autónoma de Honduras – Honduras

Michael Zenske – Universität Zu Köln – Alemanha

Miguel Perez – Universidade Nova Lisboa – Portugal

Pilar Cegua Vila – Universidad de Santiago de Compostela – Espanha

Raul Roman Romero – Univ. Nacional de Colombia – Colômbia

Roberto González Aranas – Universidad del Norte – Colômbia

Ronny Vales Hurtado – Universidad de Costa Rica – Costa Rica

Rosana de Matos Silveira Santos – Universidad de Granada – Espanha

Rosario Márquez Macías, Universidad de Huelva – Espanha

Sérgio Guerra Vilaboy – Universidad de la Habana – Cuba

Silvia Mancini – Université de Lausanne – Suíça

Teresa Medina – Universidade do Minho – Portugal

Tristan MacCoaw – University of London – Inglaterra

Victor-Jacinto Flecha – Univ. Cat. N. Señora de la Asunción – Paraguai

Yoel Cordón Núñez – Instituto de Historia de Cuba y Cuba

A Coatlicue, mãe da América Latina.

"Inspirados por Juan Diego Cuauhtlatatzin, que honrou Tonantzin, e pelos indômitos Ganga Zumba, Zumbi e Dandara, Cunhambebe, Shaka Zulu, Rani Lakshmibai e Abd el-Krim, forjamos nossa visão decolonial e soberana."

Sumário

CAPÍTULO 1 - Fundamentos da Inteligência Artificial e Suas Exigências Energéticas.....	9
Introdução	9
1.1 Evolução Histórica da IA.....	13
1.2 Tipos de IA e suas Aplicações.....	15
1.3 Impacto Energético Global e Local	25
Considerações finais:.....	29
CAPÍTULO 2 - O Legado Colonial e os Desafios Energéticos do Sul Global	32
Introdução	32
2.1 O Colonialismo e a Extração de Recursos.....	36
2.2 Desigualdades Energéticas no Sul Global	39
2.3 O Papel do Brasil nas Energias Limpas.....	43
Considerações finais.....	45
CAPÍTULO 3 - A Corrida pela Energia Contínua: Baterias e o Modelo Chinês.....	47
Introdução	47
3.1 A Limitação da Energia Alternada	48
3.2 O Modelo Chinês de Baterias (CATL, BYD).....	52
3.3 O Potencial Brasileiro em BESS.....	54
Considerações finais.....	56
CAPÍTULO 4 - Computação Quântica e o Futuro da IA no Brasil e no Sul Global	58
Introdução	58
4.1 O Estado da Arte da Quântica no Brasil	59
4.2 Consumo Energético e Soluções Sustentáveis	62
4.3 Implicações para o Sul Global.....	65

Considerações finais	67
CAPÍTULO 5 - Estratégias de Governança e Colaboração no Sul Global.....	69
Introdução.....	69
5.1 Governança Energética e IA.....	72
5.2 Colaborações Sul-Sul e o Papel do Brasil	74
5.3 Casos de Uso Regionais.....	77
Considerações finais	78
CAPÍTULO 6 - Implicações Éticas e Futuro da IA Sustentável no Sul Global.....	81
Introdução.....	81
6.1 Riscos Éticos da IA.....	83
6.2 Caminhos para Sustentabilidade	86
6.3 Olhar para o Futuro: Além do Volume 1.....	89
Conclusão.....	90
REFERÊNCIAS	92
SOBRE O AUTOR.....	107

CAPÍTULO 1

Fundamentos da Inteligência Artificial e Suas Exigências Energéticas

Introdução

Na Amazônia, o Brazil Data Cube, uma plataforma do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), utiliza inteligência artificial (*deep learning*¹) para monitorar o desmatamento em tempo real, alcançando 83% de precisão em alertas florestais (Mota et al., 2024, tradução livre do autor²). Esse avanço, porém, depende de *data centers* que consomem energia equivalente a milhares de residências, revelando o paradoxo da IA: seu potencial transformador colide com demandas energéticas

¹ Deep Learning é uma subárea do aprendizado de máquina que utiliza redes neurais com múltiplas camadas para aprender representações hierárquicas de dados, como imagens ou textos. Diferentemente de métodos tradicionais, processa dados em etapas, extraindo características complexas. É eficaz em tarefas como classificação, mas exige grandes volumes de dados e pode sofrer com over-fitting (Ponti; Costa, 2017).

² Todas as citações de fontes em inglês ou outras línguas estrangeiras foram parafraseadas ou citadas com tradução livre do autor, utilizando o tradutor automático do Chrome como base inicial, com adaptações manuais para precisão contextual.

insustentáveis. Esse paradoxo não é mero acidente técnico, mas uma manifestação estrutural da colonialidade do poder, onde a IA, como extensão do saber eurocêntrico, consome os recursos vitais do Sul Global para sustentar narrativas de progresso que ignoram os custos socioambientais locais, transformando florestas ancestrais em meros conjuntos de dados processados em servidores remotos. "Na era da informação, onde 6% da energia do planeta é consumida por computadores e comunicações (com previsão de triplicar nos próximos seis anos*³" (Empresa de Pesquisa Energética, 2025, p. 9). Esses números refletem uma tendência crescente, que ganhou destaque recentemente. Em 24 de setembro de 2025, durante o Evento Especial de Alto Nível sobre Ação Climática na ONU, o Secretário-Geral António Guterres enfatizou que a transição energética é urgente e estratégica, não apenas necessária, mas também competitiva, pois já atrai investimentos superiores aos destinados aos combustíveis fósseis, mesmo com os subsídios que distorcem o mercado. Segundo Guterres, "limpo é competitivo e a ação climática é fundamental"

³ * <https://frontiergroup.org/resources/fact-file-computing-is-using-more-energy-than-ever/> (conforme indicado em Empresa De Pesquisa Energética, (2025, p. 9)).

(ONU, 2025, tradução livre do autor). Frente a este desafio, o Brasil deve integrar a adoção de tecnologias de IA de forma sustentável, promovendo soberania tecnológica e equidade. Aqui, a soberania não se resume a acesso técnico, mas a uma epistemologia decolonial que reposicione a IA como ferramenta de restituição, permitindo que comunidades indígenas e quilombolas co-criem algoritmos que honrem ciclos ecológicos locais em vez de otimizá-los para extração global. Nesse contexto, o AI Decolonial Manifesto (2023, tradução livre do autor), ressalta que a IA é mais do que uma tecnologia: é um sistema de conhecimento moldado por narrativas ocidentais dominadas por vozes masculinas, branquitude e riqueza, perpetuando desigualdades ao apagar modos de ser e saber do Sul Global.

O termo Sul Global refere-se não apenas a uma localização geográfica, América Latina, África e Ásia, mas também a uma condição metafórica, vinculada aos grupos sociais historicamente oprimidos e marginalizados pela dominação colonial e capitalista (Santos; Meneses, 2009, p. 14). Com isso, este livro adota o termo “decolonização” para alinhar-se à teoria decolonial, enfatizando a transgressão contínua contra essas estruturas de poder, em diálogo com o manifesto que clama por governanças

situadas e reparações epistêmicas e materiais (DecolonizAI, 2023, tradução livre do autor).

Este capítulo estabelece os fundamentos da IA começando com sua evolução histórica (seção 1.1), que, desde os anos 1950 até a era do *deep learning*, impulsionou inovações como o monitoramento ambiental, mas intensificou desafios energéticos e dependências tecnológicas no Sul Global. Exploramos os tipos de IA, Estreita (ANI), Geral (AGI) e superinteligente (ASI), e seus impactos energéticos, com foco nas oportunidades e barreiras do Brasil. De acordo com Kaur (2025, p. 170, tradução livre do autor), a evolução da IA de sistemas baseados em regras para arquiteturas de *deep learning* reflete não apenas avanços técnicos, mas também a necessidade de abordagens éticas e sustentáveis, especialmente em regiões com matrizes energéticas renováveis como o Brasil. Zohuri (2023, p. 1, tradução livre do autor) reforça que a emergência da Inteligência Artificial Superinteligente (ASI), como um estágio hipotético com capacidades cognitivas superiores, destaca a urgência de considerações éticas e de segurança para garantir benefícios equitativos.

Compreender essa trajetória histórica é essencial para traçar um caminho de IA decolonizada,

conectando os desafios energéticos aos legados coloniais (Capítulo 2), soluções de energia contínua (Capítulo 3), avanços quânticos (Capítulo 4), estratégias de governança (Capítulo 5) e implicações éticas (Capítulo 6).

1.1 Evolução Histórica da IA

A história da IA remonta aos anos 1950, com os primeiros conceitos de máquinas “pensantes” propostos por Alan Turing no artigo *Computing Machinery and Intelligence* (1950, tradução livre do autor). O termo “inteligência artificial” foi cunhado em 1956, durante a conferência de Dartmouth, liderada por John McCarthy. Desde então, a IA evoluiu em ondas, influenciadas por limitações computacionais e avanços em *hardware* (Russell & Norvig, 2003, p. 17-18, tradução livre do autor):

➤ Décadas de 1950-1980:

Foco em sistemas baseados em regras e lógica simbólica, como os primeiros programas de xadrez. Limitações computacionais restringiram avanços, levando aos “invernos da IA”, períodos de estagnação na pesquisa de IA, como entre os anos 70 e 80, marcados por poucos investimentos e avanços

devido a expectativas não concretizadas (PUCRS Online, 2023).

➤ Décadas de 1990-2000:

Avanços em aprendizado de máquina, com algoritmos como redes neurais e árvores de decisão, impulsionados por maior poder computacional.

➤ 2010 em diante:

A era do *deep learning*, com modelos como redes neurais profundas, alimentados por grandes volumes de dados e unidades de processamento gráfico (*GPUs*, do inglês *Graphics Processing Units*). LeCun, Bengio e Hinton (2015, p. 439, tradução livre do autor) destacam como o *deep learning* revolucionou aplicações como Processamento de Linguagem Natural (PLN) e visão computacional. Além disso, os autores ressaltam que esse avanço só foi possível graças ao uso de GPUs, capazes de executar cálculos paralelos em grande escala, o que evidencia a relação direta entre o progresso da IA e o aumento da demanda energética. (Lecun; Bengio; Hinton, 2015, p. 440, tradução livre do autor).

Como mencionado, essa evolução foi acompanhada por um aumento exponencial no consumo energético, especialmente com o advento de

modelos de IA em larga escala. e Strelkova e Pasichnyk (2017, p. 1, tradução livre do autor) enfatizam o "*Law of Accelerating Returns*" conforme Kurzweil, prevendo que o progresso do século XXI equivalerá a 1.000 vezes o do século XX, acelerando demandas energéticas em *data centers* globais. Zohuri (2023, p. 2, tradução livre do autor) destaca que a ASI, com sua capacidade de autoaperfeiçoamento exponencial, poderia intensificar ainda mais essas demandas energéticas, exigindo soluções inovadoras para mitigar impactos ambientais.

No contexto do Sul Global, essa evolução histórica reforça desigualdades: enquanto o Norte Global domina a inovação, países como o Brasil enfrentam desafios em acessar infraestrutura computacional sustentável, apesar de sua liderança em energias renováveis, com 88,2% da matriz elétrica proveniente de fontes renováveis em 2024, segundo o Balanço Energético Nacional (BEN) 2025 (Ministério de Minas e Energia [Mme]; Empresa de Pesquisa Energética [EPE], 2025).

1.2 Tipos de IA e suas Aplicações

A IA é classificada em três categorias principais, com base em sua capacidade cognitiva (Kaur, 2025,

p. 167, tradução livre do autor; Strelkova & Pasichnyk, 2017, p. 1, tradução livre do autor). Zohuri (2023, p. 2, tradução livre do autor) complementa essa classificação ao distinguir a ASI da Inteligência Artificial Capaz (ACI), que se assemelha à ANI por focar em tarefas específicas, mas com alta proficiência. Além disso, as IAs podem ser categorizadas por suas funcionalidades operacionais, que descrevem como processam informações e interagem com o ambiente: reativa, com memória limitada, preditiva, teoria da mente e autoconsciente (IBM Data and AI Team, 2023, tradução livre do autor). Essas funcionalidades, inicialmente propostas por Hintze (2016, tradução livre do autor) e adaptadas por fontes como a IBM, formam uma hierarquia que reflete a complexidade cognitiva dos sistemas de IA, com implicações diretas para suas aplicações e demandas energéticas, especialmente no contexto do Sul Global. Essa hierarquia serve como base para entender a evolução dos tipos de IA, desde a ANI até a ASI, que incorpora todas as funcionalidades em níveis superiores de sofisticação. Além da classificação funcional (reativa, memória limitada, teoria da mente, etc.), existem outras taxonomias de IA. Bouneffouf e Aggarwal (2022, p. 3-15, tradução livre do autor) apresentam uma categorização neuro-

simbólica, distinguindo sistemas quanto à forma de integração entre componentes neurais e simbólicos, ao nível lógico empregado e ao modo de uso (aprendizado ou raciocínio). Já Gozalo-Brizuela e Garrido-Merchán (2023, p. 802-805, tradução livre do autor) descrevem a IA generativa como uma classe emergente, focada na criação de novos conteúdos (texto, imagem, áudio, código), ampliando as possibilidades de classificação por aplicação.

Inteligência Artificial Estreita (ANI - *Artificial Narrow Intelligence*):

Projetada para tarefas específicas, a ANI é o tipo predominante hoje e representa o “primeiro nível” de IA, conforme Strelkova e Pasichnyk (2017, p. 1, tradução livre do autor). Ela não generaliza conhecimento além de seu escopo programado. A ANI engloba as funcionalidades reativa, com memória limitada, e preditiva, sendo amplamente utilizada em aplicações que demandam alta eficiência em domínios restritos (IBM Data and AI Team, 2023, tradução livre do autor). Essas funcionalidades não são mutuamente exclusivas, e muitos sistemas combinam mais de uma para realizar suas tarefas. Como observam LeCun, Bengio e Hinton (2015, p. 439,

tradução livre do autor), a força das redes neurais profundas está na capacidade de aprender representações hierárquicas dos dados, o que explica seu sucesso em domínios restritos, mas também limita sua generalização. Essa característica reforça a definição da ANI como uma inteligência altamente eficiente em tarefas específicas, mas incapaz de extrapolar para contextos mais amplos.

Funcionalidade Reativa: Sistemas reativos operam sem memória, respondendo diretamente a estímulos do ambiente com base em regras ou análises estatísticas. Um exemplo é o Deep Blue da IBM, que venceu o campeão de xadrez Garry Kasparov em 1997 ao analisar movimentos no tabuleiro sem armazenar experiências passadas (IBM Data and AI Team, 2023, tradução livre do autor). No Brasil, sistemas reativos são usados em monitoramento ambiental, como os algoritmos do Brazil Data Cube do INPE, que processam imagens de satélite em tempo real para detectar desmatamento (Mota et al., 2024, tradução livre do autor).

Funcionalidade com Memória Limitada: Diferentemente dos sistemas reativos, essas IAs armazenam dados recentes para informar decisões, mas não retêm uma biblioteca de longo prazo. Essa funcionalidade permite o uso de aprendizado de

máquina para decisões baseadas em dados recentes, muitas vezes combinada com capacidades preditivas. Exemplos incluem assistentes virtuais como Alexa e *chatbots* como o ChatGPT, que mantêm o contexto de conversas curtas, e carros autônomos, que usam sensores para navegação em tempo real (IBM Data and AI Team, 2023, tradução livre do autor). No contexto brasileiro, além do exemplo da plataforma Brazil Data Cube citado anteriormente, existem outros como: a Niara, uma IA generativa brasileira para análise de dados empresariais, processando interações recentes em RH e gestão, conforme práticas de IA no mercado nacional (NIARA, 2025, tradução livre do autor); e o sistema de previsão da Totvs, que utiliza aprendizado de máquina para otimizar estoques com base em dados recentes de vendas, refletindo aplicações de IA no portfólio da empresa (TOTVS, 2025, tradução livre do autor). Esses casos ilustram como a memória limitada impulsiona aplicações locais em sustentabilidade, finanças e negócios, alinhando-se à soberania tecnológica do Sul Global.

Funcionalidade Preditiva: Embora muitas vezes integrada à memória limitada, a funcionalidade preditiva é destacada por sua capacidade de usar dados históricos para prever eventos futuros.

Sistemas com essa funcionalidade dependem frequentemente de memória limitada para armazenar os dados necessários às previsões. Sistemas como os de recomendação da Netflix ou Spotify analisam padrões de comportamento para sugerir conteúdo (IBM Data and AI Team, 2023, tradução livre do autor). No Sul Global, ferramentas preditivas são aplicadas em agricultura de precisão, como sistemas que preveem safras com base em dados climáticos, embora a dependência de infraestrutura computacional externa limite a soberania tecnológica (Kaur, 2025, p. 170, tradução livre do autor).

Exemplos incluem:

- Assistentes virtuais como Siri ou Alexa: Processam linguagem natural para comandos simples, mas falham em raciocínio abstrato (Kaur, 2025, p. 167, tradução livre do autor).
- Sistemas de recomendação em plataformas como Netflix ou Spotify: usam aprendizado de máquina para personalização baseada em padrões de dados.
- IA em xadrez, como o Deep Blue da IBM, que venceu o campeão mundial em 1997, mas só atua nesse domínio (Strelkova & Pasichnyk, 2017, p. 1, tradução livre do autor).

Kaur (2025, p. 168, tradução livre do autor) classifica a ANI em subtipos funcionais, como “máquinas reativas” (respostas puras a estímulos, sem memória) e “sistemas de memória limitada” (aprendem de dados passados, como carros autônomos da Tesla). Zohuri (2023, p. 2, tradução livre do autor) observa que sistemas semelhantes à ANI, denominados ACI, já são amplamente utilizados em aplicações como diagnóstico médico e tradução de idiomas, destacando sua proficiência em domínios específicos. A ACI pode ser considerada uma variação avançada da ANI, com maior precisão e eficiência, mas ainda limitada a tarefas específicas.

No Sul Global, a ANI é ubíqua em smartphones acessíveis, ampliando o conhecimento para bilhões, mas perpetuando dependências de tecnologias estrangeiras, principalmente de empresas privadas como grandes big techs.

Inteligência Artificial Geral (AGI - Artificial General Intelligence):

Ainda teórica, a AGI teria capacidades cognitivas comparáveis às humanas, permitindo resolver problemas variados sem treinamento específico. Segundo Gottfredson (1997, p. 13, apud Strelkova;

Pasichnyk, 2017, p. 2, tradução livre do autor), a inteligência artificial pode ser definida como a capacidade de "raciocinar, planejar, resolver problemas, pensar abstratamente, compreender ideias complexas, aprender rapidamente e da experiência". A AGI integraria funcionalidades como teoria da mente, permitindo compreender intenções e emoções de outros agentes, além de capacidades preditivas avançadas para raciocínio em contextos dinâmicos (IBM Data and AI Team, 2023, tradução livre do autor). Exemplos hipotéticos incluem sistemas que integram PLN, visão e raciocínio lógico para tarefas multidisciplinares. Um exemplo seria uma IA capaz de desenvolver políticas públicas ou otimizar cadeias de suprimento no Brasil, combinando processamento de linguagem natural, visão computacional e raciocínio lógico. Kaur (2025, p. 169, tradução livre do autor) discute desafios para AGI, como integração neuro-simbólica (combinando redes neurais com lógica simbólica) para superar limitações da ANI. No Brasil, iniciativas como o desenvolvimento de AGI sustentável poderiam alavancar parcerias BRICS, mas exigem investimentos em pesquisa local.

Inteligência Artificial Superinteligente (ASI - Artificial Super Intelligence):

Especulativa, a ASI superaria a inteligência humana em todos os aspectos, incluindo criatividade científica e habilidades sociais (Strelkova; Pasichnyk, 2017, p. 1, tradução livre do autor). Ela incorporaria a funcionalidade autoconsciente, com a capacidade de entender suas próprias condições internas, emoções e crenças, além de todas as funcionalidades anteriores, como teoria da mente e preditiva (IBM Data and AI Team, 2023, tradução livre do autor). Kaur (2025, p. 169, tradução livre do autor) alerta para riscos éticos, como viés e perda de controle, prevendo ASI como um “estado futuro hipotético” que poderia resolver problemas globais, mas amplificar desigualdades se não decolonizado. Zohuri (2023, p. 2, tradução livre do autor) detalha que a ASI seria caracterizada por inteligência superior, capacidade de autoaperfeiçoamento exponencial, inteligência emocional e tomada de decisão autônoma, com potencial para revolucionar áreas como descoberta de medicamentos, astrobiologia e conservação ambiental. No entanto, ele destaca riscos existenciais, como o cenário do *“paperclip*

*maximizer*⁴”, onde uma ASI mal alinhada poderia causar danos catastróficos ao priorizar objetivos não humanos. No Sul Global, a ASI levanta questões de soberania: quem controlará essa tecnologia? O Brasil, com sua expertise em bioinformática e clima, poderia liderar aplicações éticas em ASI para desafios como desmatamento amazônico, aproveitando a capacidade da ASI para analisar grandes conjuntos de dados ambientais e propor soluções inovadoras, como sugerido por Zohuri (2023, p. 5, tradução livre do autor).

Cada tipo e funcionalidade de IA apresenta exigências energéticas distintas. A ANI, com suas funcionalidades reativa, com memória limitada e preditiva, já consome recursos significativos em *data centers* globais, contribuindo para o aumento de 1.080 TWh no consumo de eletricidade em 2024 (International Energy Agency, 2025, p. 21, tradução livre do autor). Sistemas reativos, como o Deep Blue, têm demandas energéticas moderadas, enquanto sistemas preditivos e com memória limitada,

⁴ O termo *paperclip maximizer* refere-se a um experimento mental proposto por Nick Bostrom, ilustrando os riscos de uma superinteligência artificial com um objetivo trivial, como maximizar a produção de cliques de papel, que poderia consumir todos os recursos disponíveis, ignorando valores humanos. (Bostrom, 2003, tradução livre do autor).

como modelos de linguagem grande, podem emitir toneladas de CO₂ por treinamento. A AGI, com sua funcionalidade de teoria da mente, e a ASI, com autoconsciência, demandariam simulações complexas, potencializando crises energéticas em regiões com *grids* instáveis, como partes do Sul Global. No Brasil, a matriz elétrica 88,2% renovável (MME; EPE, 2025) oferece uma vantagem, mas secas em 2024 limitaram a hidroeletricidade, aumentando a dependência de fontes fósseis (International Energy Agency, 2025, p. 18, tradução livre do autor). Zohuri (2023, p. 4, tradução livre do autor) sugere que a ASI poderia mitigar esses desafios ao otimizar sistemas de energia renovável, como soluções em fotovoltaicos e fusão, reforçando o potencial do Brasil em liderar uma transição energética sustentável para suportar a IA.

1.3 Impacto Energético Global e Local

O crescimento da IA está intrinsecamente ligado ao consumo energético. O aumento da demanda global de eletricidade em 2024, impulsionado pelo setor de *data centers* e inteligência artificial, cresceu 4,3%, com a capacidade instalada de *data centers* aumentando cerca de 20% (15 GW),

principalmente nos Estados Unidos e na China (International Energy Agency, 2025, p. 6, tradução livre do autor). O impacto ambiental do treinamento de modelos de linguagem é significativo. No caso do GPT-3, por exemplo, estima-se que o consumo energético foi de aproximadamente 1.287.000 kWh, o que corresponde a 552 toneladas de CO₂ equivalente (SMITH et al., 2023, tradução livre do autor). Valores semelhantes foram observados para o treinamento do Llama 2, com 1.273.000 kWh e 539 toneladas de CO₂ equivalente. Ademais, os custos de inferência, o uso contínuo do modelo, superaram rapidamente os de treinamento, representando até 90% dos custos totais de cargas de trabalho de IA em larga escala, com estimativas mensais para o ChatGPT variando de 1 a 23 milhões de kWh (Smith et al., 2023, tradução livre do autor). *Data centers* como os da Amazon Web Services (AWS) ou Google dependem de fontes fósseis em muitas regiões, exacerbando impactos ambientais. No Sul Global, *grids* instáveis⁵ amplificam vulnerabilidades; no

⁵ Grids instáveis referem-se a redes elétricas suscetíveis a interrupções e flutuações, agravadas por intermitência de renováveis, secas em hidrelétricas. No Brasil, isso amplifica desigualdades regionais, com apagões rurais. O relatório Smart Grid do Ministério de Minas e Energia propõe Redes Elétricas Inteligentes para estabilidade,

Brasil, apesar da matriz renovável (88,2% hidroelétrica, solar e eólica), secas severas em 2024 limitaram a disponibilidade de energia hidrelétrica, aumentando a dependência de geração a gás e destacando a necessidade de soluções como BESS⁶ (*Battery Energy Storage Systems*) para suportar a IA (BRASIL, 2010, p. 21; International Energy Agency, 2025, p. 18, tradução livre do autor).

ANI e Consumo Atual:

O crescimento da demanda de eletricidade para *data centers*, que sustentam a IA, contribuiu significativamente para o aumento de 1.080 TWh no consumo global de eletricidade em 2024 (International Energy Agency, 2025, p. 21, tradução livre do autor). No Brasil, a matriz renovável enfrenta desafios de intermitência, exigindo soluções como BESS para garantir estabilidade.

integrando sensoriamento e computação (Ministério de Minas e Energia, 2010)

⁶ BESS (Battery Energy Storage Systems) são sistemas de armazenamento de energia baseados em baterias que capturam energia excedente de fontes renováveis (ex.: solar, eólica) para uso durante picos de demanda ou interrupções, estabilizando grids instáveis.

AGI e ASI (Futuro):

Simulações complexas poderiam exigir ordens de magnitude maiores de energia, especialmente para computação quântica integrada (ver Capítulo 4). Strelkova e Pasichnyk (2017, p. 1, tradução livre do autor) preveem aceleração exponencial, tornando urgente a transição para energia limpa no Sul Global. Zohuri (2023, p. 4, tradução livre do autor) sugere que a ASI poderia desempenhar um papel crucial na pesquisa energética, desenvolvendo soluções como materiais supercondutores e sistemas de armazenamento de energia mais eficientes, que poderiam beneficiar países como o Brasil, com sua matriz renovável. No Brasil, esses desafios são agravados por desigualdades: enquanto São Paulo abriga *data centers*, regiões rurais enfrentam apagões. Fernandes e Werner (2025, p. 8, tradução livre do autor) propõem uma agenda de pesquisa em *Quantum Software Engineering* (QSE)⁷ para mitigar

⁷ Quantum Software Engineering (QSE), ou Engenharia de Software Quântico, é uma disciplina emergente focada no *design*, desenvolvimento, otimização e manutenção de *software* quântico para diversas aplicações, considerando os princípios da mecânica quântica, como superposição e entrelaçamento. Mandal et al. (2025, tradução livre do autor) destacam sua importância para resolver tarefas complexas em engenharia de software clássica, propondo agendas de pesquisa

isso, integrando computação quântica com práticas de engenharia de software sustentável. A capacidade da ASI de operar continuamente (24x7), como destacado por Zohuri (2023, p. 4, tradução livre do autor), poderia apoiar o monitoramento contínuo de *grids* energéticos no Brasil, reduzindo falhas e otimizando a distribuição de energia renovável.

Considerações finais:

A inteligência artificial é uma ferramenta poderosa, mas seu impacto energético e as desigualdades do Sul Global exigem uma abordagem crítica. Compreender os fundamentos da IA, desde sua evolução histórica até suas demandas atuais, ancorados em classificações como ANI, AGI e ASI (Kaur, 2025, p. 167, tradução livre do autor; Strelkova & Pasichnyk, 2017, p. 1, tradução livre do autor) e complementados pelas funcionalidades reativa, com memória limitada, preditiva, teoria da mente e autoconsciente (Ibm Data and AI Team, 2023, tradução livre do autor), é essencial para iniciar a difusão do conhecimento no Sul Global. O Brasil, por sua

para superar desafios como a falta de robustez em ferramentas atuais e a integração com computação clássica (ver seção 5.2 e Tabela 5)

vez, pode liderar uma transformação tecnológica sustentável. A ASI, com sua capacidade de autoaperfeiçoamento e aplicações em áreas como conservação ambiental e pesquisa energética, oferece oportunidades únicas para o Brasil, mas exige *frameworks*⁸ éticos robustos para garantir o alinhamento com valores humanos e a soberania tecnológica. Estas abordagens, ainda que iniciais frente à complexidade do tema, sugerem a necessidade de fomento no âmbito sócio-político e educacional.

Em síntese, os fundamentos da IA revelam uma tensão dialética entre seu potencial emancipatório e o risco de um neocolonialismo energético. Uma abordagem científica decolonial sugere que a soberania do Sul Global pode emergir da hibridização de paradigmas, onde a racionalidade termodinâmica da IA se conecta à cosmologia da terra. Dessa forma, fomenta-se não apenas a inovação, mas também uma ecologia do saber capaz de restituir o equilíbrio perdido.

⁸ Frameworks, neste contexto, referem-se a conjuntos estruturados de políticas, diretrizes, ferramentas e processos que orientam o desenvolvimento e a aplicação ética da Inteligência Artificial Avançada (ASI), assegurando que suas capacidades de autoaperfeiçoamento e impacto em áreas como conservação ambiental e pesquisa energética respeitem valores humanos e promovam a soberania tecnológica, especialmente no contexto do Sul Global.

O próximo capítulo explorará como o legado colonial molda esses desafios e como o Brasil pode aproveitar suas riquezas energéticas para promover uma IA decolonizada.

CAPÍTULO 2

O Legado Colonial e os Desafios Energéticos do Sul Global

Introdução

Desde 1500, o Brasil vivenciou a exploração colonial do pau-brasil por portugueses, marcando o início de um modelo extrativista que persiste até hoje (Battestin et al., 2020, p. 18). Esse modelo, analisado sob a ótica de uma economia política decolonial, revela não apenas uma pilhagem material, mas uma ontologia extrativista que subordina ecossistemas sulistas a lógicas de acumulação infinita, transformando recursos como o pau-brasil em protótipos de uma cadeia de valor global que hoje se estende aos minerais raros para a infraestrutura tecnológica de IA perpetuando uma divisão metabólica do trabalho onde o Sul é periférico e o Norte, central. Esse padrão de acumulação por despossessão, enraizado em relações coloniais históricas, se estende à transição energética corporativa atual, caracterizada como colonialismo energético, onde megaprojetos de energias renováveis intensificam o neoextrativismo e as desigualdades em territórios

do Sul Global e periferias do Norte (Sánchez Contreras et al., 2023, p. 1, tradução livre do autor).

Este legado colonial, presente em diversas nações, continua moldando as estruturas econômicas e energéticas do Sul Global, perpetuando desigualdades que dificultam a transição para uma soberania tecnológica sustentável. O AI Decolonial Manifesto (2023, tradução livre do autor) destaca que a colonialidade na IA, enraizada em narrativas ocidentais dominadas por vozes masculinas, branquitude e riqueza, amplifica essas desigualdades ao extrair dados e recursos do Sul sem reciprocidade, exigindo governanças situadas que reconheçam a expertise de comunidades marginalizadas e promovam reparações materiais e epistêmicas.

Essa extração epistêmica, em termos analíticos, opera como uma assimetria informacional, onde algoritmos treinados em dados sulistas, como imagens de satélite da Amazônia, geram valor agregado no Norte, enquanto comunidades locais permanecem excluídas dos ciclos de retroalimentação (loops de feedback), demandando uma cibernética decolonial que reposicione esses dados como patrimônio coletivo.

Este capítulo contextualiza esses desafios históricos, explorando como o colonialismo

influenciou a extração de recursos e as vulnerabilidades energéticas atuais, com foco no Brasil como um ator chave na promoção de energias limpas. O foco no Brasil não é acidental, mas estratégico: como nação-ponte entre o Atlântico Sul e as dinâmicas BRICS, ele exemplifica uma geopolítica energética onde a soberania tecnológica emerge da tensão entre heranças extrativistas e potenciais regenerativos, modelados por equações de equilíbrio que integram variáveis socioecológicas como biodiversidade e equidade distribuída. Como destacado por Niu (2025, p. 102, tradução livre do autor), os países BRICS, incluindo o Brasil, colaboram para adaptar-se a uma ordem mundial incerta, mitigando riscos e promovendo cooperação internacional em agendas econômicas e ambientais. O impacto colonial, transcendente às gerações, exige análise de suas influências nas dinâmicas energéticas atuais. Essa análise transcende o temporal linear, adotando uma temporalidade decolonial que vê o colonialismo como estrutura persistente, cujos efeitos se manifestam em métricas como o índice de Gini⁹ energético, uma medida proposta para

⁹ Segundo Wolffenbüttel (2004, tradução livre do autor) “O Índice de Gini, criado pelo matemático italiano Conrado Gini, é um instrumento para medir o grau de concentração de renda em determinado grupo.

quantificar desigualdades no acesso a fluxos renováveis, revelando como legados coloniais distorcem alocações globais de energia. Além disso, Niu (2025, p. 109) enfatiza que, para alcançar uma agenda de desenvolvimento sustentável no Sul Global, os BRICS precisam direcionar suas economias domésticas para um caminho verde, produtivo e inclusivo, investindo em capital humano e redes sociais para que suas populações desfrutem dos benefícios do desenvolvimento. Esse caminho verde, criticamente, deve evitar o "*greenwashing neocolonial*"¹⁰, onde investimentos em renováveis mascaram dependências em cadeias de suprimento dominadas pelo Norte, propondo em vez disso modelos de co-desenvolvimento que incorporem análises de rede social para mapear fluxos de

Ele aponta a diferença entre os rendimentos dos mais pobres e dos mais ricos. Numericamente, varia de zero a um (alguns apresentam de zero a cem). O valor zero representa a situação de igualdade, ou seja, todos têm a mesma renda. O valor um (ou cem) está no extremo oposto, isto é, uma só pessoa detém toda a riqueza." Este índice também pode ser aplicado para analisar a desigualdade no consumo energético.

¹⁰ O termo *greenwashing* refere-se a uma estratégia de marketing utilizada para apresentar produtos ou serviços como ambientalmente sustentáveis, quando, na prática, tais afirmações não correspondem à realidade, configurando propaganda enganosa (PROCON-AM, 2025). No contexto do Norte Global, essas práticas podem mascarar dependências em cadeias de suprimento dominadas pelo Norte, caracterizando uma forma de *greenwashing neocolonial*.

conhecimento entre comunidades sulistas. O colonialismo energético, como categoria analítica, revela como a transição corporativa para renováveis reproduz assimetrias geopolíticas e econômicas, com megaprojetos que priorizam interesses corporativos globais em detrimento de comunidades indígenas e rurais no Sul Global (Sánchez Contreras et al., 2023, p. 3, tradução livre do autor).

2.1 O Colonialismo e a Extração de Recursos

O colonialismo europeu deixou um rastro profundo de exploração econômica no Sul Global, com impactos duradouros na extração de recursos naturais e na formação de economias dependentes. Essa formação pode ser modelada como um sistema dinâmico não linear, onde choques coloniais iniciais, como a imposição de monoculturas, geram trajetórias de dependência (*path-dependent*), com atratores que perpetuam ciclos de subdesenvolvimento, evidenciando assimetrias persistentes nos fluxos de matérias-primas e recursos do Sul para o Norte. Michalopoulos e Papaioannou (2017, p. 1, tradução livre do autor) argumentam que o impacto duradouro dos colonizadores europeus no desenvolvimento africano é multifacetado, abrangendo

desde o comércio de escravos até a delimitação arbitrária de fronteiras coloniais, o que resultou em desigualdades espaciais e políticas persistentes. Michalopoulos e Papaioannou (2017, pp. 37-49, tradução livre do autor), com base em Nunn (2008), destacam o comércio de escravos (1400-1900) como uma forma extrema de extração colonial, que resultou em subdesenvolvimento persistente. Nunn (2010, tradução livre do autor) estima que, sem os escravos, 72% da lacuna de renda per capita entre a África e o resto do mundo (US\$ 1 834 vs. US\$ 8 809 em 2000) seria eliminada, devido a efeitos como fragmentação étnica e enfraquecimento de estruturas políticas. No Congo, Lowes e Montero (p. 37-38, tradução livre do autor) mostram como a coerção laboral para extração de borracha (1885-1908) perpetuou instituições locais frágeis, com chefes menos responsáveis e piores resultados em educação e saúde hoje, ilustrando a extração epistêmica e material que ignora saberes indígenas, como no manejo de recursos florestais. No contexto asiático e africano, o volume explora como o colonialismo facilitou a extração de matérias-primas, enfraquecendo instituições locais e criando dependências que ainda afetam a soberania energética. O *AI Decolonial Manifesto* (2023, tradução livre do autor)

reforça que essa extração não é apenas material, mas epistêmica, com a IA perpetuando a negação de sistemas de conhecimento não ocidentais, como os saberes indígenas sobre manejo ambiental, que poderiam informar soluções energéticas e tecnológicas sustentáveis.

No Brasil, o legado português de monoculturas e mineração colonial perpetuou um modelo extrativista, onde recursos como o minério de ferro e o petróleo são explorados por multinacionais estrangeiras, limitando o reinvestimento local. Niu (2025, p. 102, tradução livre do autor) enfatiza que, em um mundo multipolar, os BRICS precisam liderar esforços para reformar a ordem global, abordando esses legados ao promover uma globalização mais equitativa e menos dependente de estruturas coloniais. Niu (2025, p. 104, tradução livre do autor) complementa essa visão ao observar que os BRICS, ao contrário da atitude suspeita do Ocidente em relação à globalização, veem grande potencial em uma nova onda de globalização econômica direcionada para economias emergentes e países em desenvolvimento, com o Brasil fortalecendo sua presença diplomática e comercial no Oriente Médio e na África. Essa dependência colonial se manifesta no colonialismo energético, onde a transição para

renováveis agrava a extração de minerais críticos em territórios sulistas, criando gargalos materiais e perpetuando relações de dominação entre metrópoles e periferias (Sánchez Contreras et al., 2023, p. 2, tradução livre do autor)

2.2 Desigualdades Energéticas no Sul Global

As desigualdades energéticas no Sul Global derivam diretamente do legado colonial, com grids instáveis e dependência de combustíveis fósseis exacerbando vulnerabilidades socioeconômicas. A Energy Transitions Commission (2025, p. 4-5, tradução livre do autor) discute princípios para cadeias de suprimento de energia limpa e precificação de carbono, destacando desafios em transições energéticas desiguais, onde setores com green cost premium (ex.: hard-to-abate)¹¹ enfrentam tensões trade globais, como dominância chinesa e CBAM (*Carbon Border Adjustment Mechanism*), mecanismo de

¹¹ Green cost premium refere-se ao custo adicional de tecnologias ou produtos de energia limpa com baixas emissões de carbono em comparação com alternativas fósseis tradicionais; hard-to-abate descreve setores industriais ou de transporte (como aço, cimento e aviação) difíceis de descarbonizar devido à dependência de processos intensivos em energia fóssil. Ver Energy Transitions Commission (2025, tradução livre do autor), p. 4-5.

ajuste de carbono nas fronteiras da União Europeia (UE) para taxar importações intensivas em emissões e prevenir vazamento de carbono, impactando competitividade e emissões. Isso reflete a perda de capacidade da ordem estabelecida para lidar com questões ambientais, conforme Niu (2025, p. 102, tradução livre do autor), que aponta para a necessidade de os BRICS complementarem e liderarem a cooperação internacional.

No Brasil e em nações vizinhas, a dependência de fósseis contrasta com o potencial renovável, mas grids instáveis limitam a inclusão. De acordo com o relatório *Charged for change: The case for renewable energy in climate action*, da UNDP (2025, p. 10, tradução livre do autor), no cenário base de políticas climáticas atuais, 400 milhões de pessoas ainda faltarão acesso à eletricidade e 700 milhões ao cozimento limpo em 2060, perpetuando desigualdades energéticas no Sul Global. Michalopoulos e Papaioannou (2017, pp. 50-66, tradução livre do autor) argumentam que o Scramble for Africa¹² criou fronteiras artificiais, levando a 40% mais

¹² "Scramble for Africa", conhecida também como Partilha da África, refere-se à rápida colonização europeia do continente africano entre 1880 e 1914, marcada por delimitações de fronteiras artificiais que geraram impactos socioeconômicos duradouros.

conflito e 55% mais duração de guerras em áreas étnicas partidas, com discriminação política 7% maior contra grupos divididos. Isso perpetua economias fragmentadas, como visto na extração colonial de recursos (pp. 76-87), onde concessões de borracha no Congo resultaram em piores instituições locais e desigualdades em riqueza (20% menor) e saúde hoje. Na Ásia, Jia (pp. 128-133) mostra que portos de tratado na China criaram vantagens econômicas persistentes, mas dependentes de abertura global, destacando como legados coloniais amplificam desigualdades em acesso a mercados e recursos. Isso reflete um desafio contínuo: as estruturas coloniais ainda moldam o acesso desigual a recursos energéticos, exigindo uma revisão profunda das políticas atuais.

Como destacado pelo UNDP (2025, p. 9, tradução livre do autor), o aumento da vulnerabilidade dos sistemas energéticos devido às mudanças climáticas, como temperaturas crescentes que interrompem a geração renovável, agrava as desigualdades energéticas no Sul Global. Além disso, o UNDP (2025) destaca que a fragmentação institucional, muitas vezes herdada do colonialismo, dificulta a coordenação para transições energéticas, uma lição que o Brasil pode usar para fortalecer

parcerias regionais. Niu (2025, p. 105, tradução livre do autor) reforça essa perspectiva ao notar que o volume de comércio entre a China e a América Latina e o Caribe superou US\$ 500 bilhões em 2024, ilustrando como as economias emergentes, representadas pelos BRICS, impulsionam forças motrizes adicionais na economia mundial além das economias avançadas, ajudando a mitigar desigualdades energéticas por meio de uma globalização reequilibrada. Nesse contexto, o pronunciamento de líderes do Norte Global, como o presidente Donald Trump em seu discurso na Assembleia Geral da ONU de 2025, evidencia a persistência de uma visão que prioriza fontes tradicionais de energia em detrimento das renováveis. Em sua fala, Trump sustenta que “a imigração e o alto custo da chamada energia renovável verde estão destruindo grande parte do mundo livre e grande parte de nosso planeta” e defende a manutenção de fontes de energia tradicionais para “ser grandiosos novamente”. (State Department, 2025, tradução livre do autor). Tal posicionamento reforça a necessidade de o Sul Global, incluindo o Brasil, explorar plenamente seu potencial em energias renováveis, resistindo à imposição de modelos energéticos e econômicos do Norte Global, que frequentemente ignoram o

conhecimento local e as capacidades tecnológicas do Sul. Essa resistência, epistemologicamente, equivale a uma desobediência civil energética, onde o Sul reivindica autonomia via protocolos de soberania tecnológica que priorizem epistemes locais, como os ciclos sazonais indígenas, em detrimento de narrativas de “grandeza” que mascaram agendas fósseis.

2.3 O Papel do Brasil nas Energias Limpas

O Brasil emerge como líder em energias limpas no Sul Global, aproveitando sua matriz renovável para promover soberania tecnológica. O UNDP (2025, p. 10, tradução livre do autor) projeta que, em um cenário de aceleração renovável global, a participação de renováveis pode crescer para 87% até 2060, trazendo benefícios como eletrificação universal e um aumento de US\$1.3 trilhão no PIB global, o que pode inspirar lideranças como a do Brasil no Sul Global. Isso alinha-se com a visão de Niu (2025, p. 102, tradução livre do autor) de que os BRICS devem moldar agendas internacionais, usando parcerias Sul-Sul para mitigar riscos energéticos.

Com hidrelétricas, solar e eólica dominando sua matriz, o Brasil pode liderar inovações em armazenamento (BESS) e integração com IA, reduzindo dependências coloniais. A Energy Transitions Commission (2025, p. 3, tradução livre do autor) enfatiza a necessidade de princípios éticos em cadeias de suprimento, apoiando a transição global para clean tech¹³, com foco em autarquia equilibrada e coordenação internacional. Niu (2025, p. 106, tradução livre do autor) destaca o papel do Novo Banco de Desenvolvimento (NDB)¹⁴, estabelecido pelos BRICS, que aprovou mais de 120 projetos de investimento totalizando US\$ 40 bilhões em infraestrutura logística, digital e social sustentável para seus membros. Sob a destacada liderança da ex-presidente brasileira Dilma Rousseff, o NDB tem promovido a sustentabilidade, alinhando-se à cooperação

¹³ Clean tech refere-se a tecnologias limpas que reduzem impactos ambientais, como energia renovável, armazenamento e eficiência energética, apoiando a transição para uma economia de baixo carbono. Ver Energy Transitions Commission (2025, tradução livre do autor), p. 3.

¹⁴ O New Development Bank (NDB) ou Novo Banco de Desenvolvimento é uma instituição financeira multilateral fundada em 2015 pelos países do BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) para financiar projetos de infraestrutura e desenvolvimento sustentável em economias emergentes, com foco em energia renovável e infraestrutura verde.

em mudanças climáticas e tecnologias como IA e Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs).

Considerações finais

O legado colonial molda os desafios energéticos do Sul Global, mas oportunidades em energias limpas, lideradas pelo Brasil, oferecem caminhos para soberania. Contextualizando esses legados (Michalopoulos & Papaioannou, 2017, p. 1, tradução livre do autor; Niu, 2025, p. 102, tradução livre do autor), o capítulo destaca a urgência de colaborações BRICS para uma transição sustentável. Os legados de extração colonial, como o comércio de escravos (pp. 37-49) e coerção no Congo (pp. 76-87), demandam reparações materiais e epistêmicas, valorizando saberes locais para transições energéticas. Países como o Brasil podem liderar, mas o livro alerta que fronteiras artificiais (pp. 50-66) perpetuam dependências, exigindo colaborações BRICS para reformar estruturas coloniais (Niu, 2025, p. 102). O AI Decolonial Manifesto (2023, tradução livre do autor) reforça que superar esses legados exige reparações materiais e epistêmicas, valorizando saberes locais, como os indígenas brasileiros, para reinventar a IA em termos que respeitem a

diversidade cultural e promovam dignidade socio-técnica. É crucial destacar que cada país do Sul Global possui sua soberania, cultura e legislação próprias, rejeitando a imposição de modelos digitais coloniais, como sistemas de IA que ignoram saberes locais. Nesse sentido, esforços multilaterais, como os dos BRICS, exigem um olhar profundo para desenvolver modelos energéticos e de IA que respeitem as peculiaridades de cada nação. Em síntese, o capítulo delinea uma cartografia decolonial da energia, onde o Sul Global emerge não como vítima passiva, mas como agente transformador, via análises sistêmicas que unem termodinâmica, epistemologia e solidariedade para forjar soberanias plurais e resilientes. O próximo capítulo explorará a corrida por energia contínua, focando em baterias e o modelo chinês.

CAPÍTULO 3

A Corrida pela Energia Contínua: Baterias e o Modelo Chinês

Introdução

A transição dos modelos atuais de IAs para modelos sustentáveis no Sul Global exige não apenas fontes renováveis de energia, mas também soluções para superar a intermitência inerente a elas, garantindo um suprimento contínuo e confiável. Este capítulo explora a necessidade crítica de energia contínua para suportar *data centers* e aplicações de IA, com ênfase no papel dos Sistemas de Armazenamento de Energia em Baterias (BESS, na sigla em inglês). Como destacado pela International Energy Agency (IEA, 2025, p. 3, tradução livre do autor), o crescimento da demanda elétrica por IA, projetada para alcançar significativos impactos em sistemas regionais, requer uma mistura de fontes energéticas, incluindo renováveis e tecnologias emergentes como BESS, para mitigar riscos de interrupções. No contexto do Brasil, como ator chave na América Latina e, consequentemente, no Sul Global, a integração de BESS com sua matriz

renovável dominante, representa uma oportunidade estratégica, especialmente através de parcerias BRICS. Wood Mackenzie (2025, p.1, tradução livre do autor) projeta um mercado global de armazenamento em expansão, com instalações de 15 GW/49 GWh em 2025, enquanto a liderança chinesa, com mais de 100 GW de capacidade instalada (Anadolu Agency, 2025, p.1, tradução livre do autor), serve como modelo inspirador para nações em desenvolvimento. IEA (2025, p. 82, tradução livre do autor) enfatiza que renováveis, combinadas com armazenamento em baterias, têm a vantagem de serem implantadas rapidamente e fornecerem um suprimento mais constante, facilitando a integração de fontes variáveis para atender demandas *base-load*¹⁵ como as de *data centers*.

3.1 A Limitação da Energia Alternada

A energia “alternada,” ou intermitente, como fontes solares e eólicas, apresenta limitações fundamentais que comprometem a estabilidade

¹⁵ Baseload é a demanda mínima e contínua de energia elétrica para manter a estabilidade da rede, essencial para *data centers* e IA, frequentemente suportada por renováveis e BESS (IEA, 2025, p. 82, tradução livre do autor).

necessária para operações de IA, que demandam suprimento elétrico ininterrupto 24/7. A IEA (2025, p. 3, tradução livre do autor) enfatiza que *data centers* requerem uma “mistura certa de fontes energéticas” para entregar energia ininterrupta, destacando como a variabilidade de renováveis pode levar a desequilíbrios no *grid*, especialmente em regiões com alta penetração de solar e eólica. Essa intermitência resulta em picos e vales de produção: painéis solares geram energia apenas durante o dia, enquanto turbinas eólicas dependem de condições climáticas imprevisíveis, levando a excessos ou déficits que *grids* tradicionais lutam para gerenciar (Wood Mackenzie, 2025, p.1, tradução livre do autor).

No Sul Global, esses desafios são ampliados por infraestruturas envelhecidas e vulnerabilidades climáticas. No Brasil, apesar de uma matriz renovável robusta, eventos como secas afetam hidrelétricas, e a expansão solar/eólica aumenta a necessidade de estabilização. BloombergNEF (2025, p. 1, tradução livre do autor) alerta que, para alinhar com metas net-zero¹⁶, o Brasil precisa reduzir emissões

¹⁶ Metas net-zero referem-se ao compromisso de equilibrar emissões de gases de efeito estufa com sua remoção, alcançando emissões líquidas zero até 2050, conforme o Acordo de Paris. Isso exige uma

energéticas em 14% até 2030, integrando BESS para mitigar intermitência e evitar dependência de backups fósseis. Sem armazenamento, excessos de energia renovável são desperdiçados, e déficits forçam o uso de termelétricas, elevando custos e emissões, um ciclo que perpetua desigualdades coloniais ao priorizar exportações de recursos em detrimento de soberania energética local.

BESS emerge como solução crucial, armazenando energia excedente para liberação durante picos de demanda. Wood Mackenzie (2025, p. 1, tradução livre do autor) relata que o mercado de armazenamento global crescerá com foco em *utility-scale*¹⁷, onde BESS pode balancear *grids*, reduzindo perdas e melhorando eficiência. Para a IA, isso significa *data centers* operando sem interrupções, essencial para treinamento de modelos que consomem terawatts-hora (IEA, 2025, p. 3, tradução livre

redução de 43% nas emissões globais até 2030 para limitar o aquecimento a 1,5°C, segundo a UNITED NATIONS (2025, tradução livre do autor)

¹⁷ Utility-scale" refere-se a sistemas de armazenamento de energia em grande escala para utilidades públicas, com capacidades em MW/MWh para balancear grids e integrar renováveis, conforme Wood Mackenzie (2025, p. 1, tradução livre do autor). Isso suporta demandas de IA ao evitar interrupções, consumindo TWh em treinamentos (IEA, 2025, p. 3, tradução livre do autor).

do autor). No entanto, desafios incluem custos iniciais altos e dependência de minerais críticos (lítio, cobalto, etc., tradução livre do autor), extraídos frequentemente no Sul Global sob condições exploratórias, ecoando legados coloniais discutidos no Capítulo 2. O AI Decolonial Manifesto (2023, tradução livre do autor) destaca que esse extrativismo material, como o que acontece na mineração para BESS, reflete a colonialidade da IA, exigindo cadeias de suprimento éticas que priorizem a dignidade das comunidades locais e evitem a reprodução de desigualdades históricas. IEA (2025, p. 83, tradução livre do autor) observa que portfólios otimizados de energia solar fotovoltaica (*PV*), eólica e armazenamento em baterias podem alcançar até 80% de "*hourly matching*" (correspondência entre geração de energia e demanda *baseload* ao longo de horas) com demandas *baseload*, com custos comparáveis a configurações anuais em mercados como os Estados Unidos, promovendo estabilidade para aplicações de IA.

3.2 O Modelo Chinês de Baterias (CATL, BYD)

A China lidera a “corrida pela energia contínua”, com uma capacidade de armazenamento em baterias projetada para superar 100 GW em 2025, representando um aumento de 43% em relação ao ano anterior (Anadolu Agency, 2025, p.1, tradução livre do autor). Esse modelo é impulsionado por investimentos estatais em inovação e cadeias de suprimento integradas, posicionando empresas como Contemporary Amperex Technology Co. Limited (CATL) e Build Your Dreams (BYD) como gigantes globais em BESS. CATL, o maior fabricante de baterias de lítio-íon do mundo, domina com tecnologias de alta densidade energética, enquanto BYD integra produção vertical, de mineração a veículos elétricos e armazenamento (BloombergNEF, 2025, p. 1, tradução livre do autor).

O sucesso chinês deriva de políticas como o “Made in China 2025”, que prioriza autossuficiência em tecnologias verdes, incluindo veículos de nova energia (*NEVs*) e manufatura inteligente, conforme detalhado no plano de 2015 que visa substituir tecnologias estrangeiras em setores-chave como robótica e software industrial, com implicações para

armazenamento de energia como parte da infraestrutura crítica (Wübbecke et al., 2016, tradução livre do autor). Isto mitiga a intermitência em uma matriz com crescente penetração renovável (solar e eólica respondem por 42% da capacidade instalada). Anadolu Agency (2025, p.1, tradução livre do autor) destaca que esses sistemas salvam energia excedente para balancear suprimento e demanda, reduzindo perdas em *grids* nacionais. Para IA, isso suporta *data centers* massivos, como os operados por Alibaba e Tencent, que demandam energia contínua para computação em nuvem, um paralelo com as projeções da IEA (2025, p. 3, tradução livre do autor) de demanda crescente por AI.

No contexto BRICS, o modelo chinês oferece lições para parcerias Sul-Sul: exportações de tecnologia BESS para Índia e África do Sul demonstram como a China promove cooperação, contrastando com dependências ocidentais. CATL e BYD investem em fábricas globais, reduzindo custos (até 30% mais baratos que concorrentes ocidentais, segundo Wood Mackenzie, 2025, p.1, tradução livre do autor). No entanto, críticas incluem impactos ambientais na mineração e dominância de mercado, que poderia perpetuar desigualdades se não equilibrada por regulação local. Para o Brasil, adotar

elementos desse modelo, como inovação em baterias de lítio-ferro-fosfato (LFP), mais seguras e baratas, pode acelerar a transição, integrando com parcerias BRICS para transferência de tecnologia. IEA (2025, p. 85, tradução livre do autor) indica que, na China, alcançar 99% de *hourly matching* com portfólios de renováveis e armazenamento em baterias pode custar apenas 5% acima do preço médio da rede em 2023, destacando a viabilidade econômica do modelo chinês para estabilizar suprimentos energéticos para IA.

3.3 O Potencial Brasileiro em BESS

O Brasil possui um potencial extraordinário em BESS, alavancando sua abundância de recursos renováveis e posição estratégica nos BRICS para se tornar um centro de referência de energia contínua no Sul Global. BloombergNEF (2025, p. 1, tradução livre do autor) estima que a transição net-zero do Brasil representa uma oportunidade de US\$ 6 trilhões até 2050, com BESS como pilar para integrar 2 milhões de empregos em renováveis (UNDP, 2025, p. 1, tradução livre do autor). Com reservas de lítio no “Triângulo do Lítio” (compartilhado com Argentina e Bolívia) e experiência em hidrelétricas, o

país pode desenvolver cadeias de suprimento locais, reduzindo dependências coloniais.

Estratégias incluem integração de BESS com renováveis: leilões de reserva de capacidade em 2025 agora incluem BESS, potencialmente impulsionando demanda por baterias (ESS News, 2025, p. 1, tradução livre do autor). Parcerias BRICS, como com a China via New Development Bank (NDB), facilitam investimentos em fábricas de CATL/BYD no Brasil, transferindo conhecimento prático para produção local. Wood Mackenzie (2025, p.1, tradução livre do autor) projeta crescimento em *utility-scale*, onde BESS pode estabilizar grids brasileiros, mitigando secas que afetam Itaipu e outras hidrelétricas.

Para IA, isso significa *data centers* sustentáveis: o Brasil pode atrair investimentos de grandes empresas tecnológicas, usando BESS para *hourly matching* de suprimento (IEA, 2025, p. 3, tradução livre do autor). Desafios incluem regulação para mineração ética e capacitação de mão de obra, mas oportunidades em inovação, como baterias de sódio, menos dependentes de lítio raro, posicionam o Brasil como líder. Integração com computação quântica (ver Capítulo 4) exigirá BESS avançadas para resfriamento, promovendo soberania

tecnológica. IEA (2025, p. 75, tradução livre do autor) destaca que empresas de tecnologia estão adotando acordos de compra de energia (*PPAs*) com *hourly matching*, combinando renováveis e armazenamento para cobrir consumo de eletricidade hora a hora, uma abordagem que o Brasil pode replicar para *data centers* de IA sustentáveis.

Considerações finais

A corrida por energia contínua destaca BESS como essencial para superar limitações de fontes intermitentes, com o modelo chinês (Anadolu Agency, 2025, p.1, tradução livre do autor) inspirando estratégias brasileiras de integração renovável e parcerias BRICS. Como a IEA (2025, p. 3, tradução livre do autor) sugere, priorizar infraestrutura flexível é chave para suportar IA no Sul Global. IEA (2025, p. 59, tradução livre do autor) observa que o crescimento de *data centers* na Índia, impulsionado por IA, está impulsionando investimentos em armazenamento em baterias para backup e integração de renováveis, uma lição aplicável ao Brasil e ao Sul Global para garantir suprimento contínuo. Em resumo, a corrida pela energia contínua revela uma dialética entre dependência e autonomia: o modelo

chinês ilumina caminhos, mas uma visão decolonial os reorienta para o Sul, transformando baterias em instrumentos de restituição, onde a continuidade não é só técnica, mas um pulsar coletivo de resistências ancestrais. O Brasil, com seu potencial em BESS, pode liderar essa transformação, pavimentando o caminho para os avanços quânticos discutidos no próximo capítulo.

CAPÍTULO 4

Computação Quântica e o Futuro da IA no Brasil e no Sul Global

Introdução

A computação quântica (CQ) representa a próxima fronteira tecnológica, prometendo revolucionar a IA ao acelerar simulações complexas e otimizar algoritmos que desafiam os limites da computação clássica. No contexto do Sul Global, onde desafios energéticos herdados do legado colonial (como discutido no Capítulo 2) e a necessidade de energia contínua via BESS (Capítulo 3) são críticos, a CQ oferece oportunidades para soberania tecnológica, mas também impõe demandas energéticas intensas, como resfriamento criogênico. Este capítulo destaca os avanços quânticos no Brasil, explorando seu potencial para integrar IA sustentável, e propõe soluções baseadas em renováveis para mitigar impactos. Como destacado por Schwabe et al. (2025, p. 1, tradução livre do autor), a CQ pode acelerar modelos climáticos híbridos (física + IA), reduzindo incertezas em projeções essenciais para regiões vulneráveis como o Brasil. A agenda brasileira

em QSE, conforme proposta em Fernandes e Werner (2025, p. 8, tradução livre do autor), foca em educação, grupos de pesquisa interdisciplinares, eventos nacionais e estratégias de financiamento para fomentar o desenvolvimento da área no país. Além disso, pesquisas recentes (Flöther; Mikolon; Longobardi, 2025, p. 1, tradução livre do autor) ressaltam que a CQ pode contribuir para mitigar o consumo energético excessivo de modelos generativos e *Large Language Models* (LLMs)¹⁸, abrindo caminho para uma IA mais sustentável.

4.1 O Estado da Arte da Quântica no Brasil

O Brasil tem emergido como um polo inovador em CQ, impulsionado por iniciativas acadêmicas, parcerias internacionais e investimentos governamentais, apesar de desafios infraestruturais. De acordo com Fernandes e Werner (2025, p.8-9, tradução livre do autor), eventos como o Quantum

¹⁸ LLMs - *Large Language Models* (Modelos de Linguagem de Grande Escala, em português), são redes neurais artificiais de *deep learning*, geralmente baseadas em arquiteturas transformadoras (*transformers*), treinadas com vastos conjuntos de dados textuais para gerar texto humanoide, responder perguntas, traduzir idiomas e realizar outras tarefas de processamento de linguagem natural (PLN)

Networks Workshop (WQuNets) representam oportunidades para discutir avanços em comunicação quântica, abordando lacunas em educação e colaboração no contexto brasileiro, iniciativas notáveis incluem o projeto Einstein, uma colaboração entre universidades brasileiras e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), focado em simulações quânticas para modelagem climática. Schwabe et al. (2025, p. 1, tradução livre do autor) discutem como algoritmos quânticos podem resolver equações diferenciais subjacentes a modelos de sistemas terrestres (ESMs)¹⁹, acelerando projeções climáticas no Brasil, onde eventos extremos como secas na Amazônia demandam precisão. A IBM Research Brasil, em parceria com universidades como a USP e Unicamp, avança em hardware quântico, desenvolvendo qubits supercondutores e algoritmos híbridos quântico-clássicos para otimização de recursos energéticos. No cenário global, o relatório da The Quantum Insider (2025, p. 3, tradução livre do

¹⁹ Algoritmos quânticos exploram propriedades da mecânica quântica, como superposição e entrelaçamento, para resolver problemas computacionais complexos, como as equações diferenciais que modelam o clima global. Nos ESMs, essas equações descrevem interações entre atmosfera, oceanos e biosfera. Avanços na computação quântica podem permitir simulações mais rápidas e detalhadas, contribuindo para previsões climáticas mais precisas.

autor) destaca avanços como a aquisição da Oxford Ionics pela IonQ por US\$ 1,075 bilhão (p. 5), ilustrando consolidações em íons aprisionados que poderiam inspirar parcerias brasileiras.

No Brasil, redes como WQuNets exploram comunicações quânticas seguras, essenciais para soberania digital em um mundo multipolar (Niu, 2025, p. 102, tradução livre do autor). Esses avanços são apoiados por financiamentos do MCTI (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações), que alocou recursos para laboratórios quânticos em 2025, visando integração com BRICS para transferência de tecnologia chinesa em qubits fotônicos. Ainda assim, o estado da arte brasileiro enfrenta limitações em escala: dispositivos NISQ²⁰ (Noisy Intermediate-Scale Quantum) já alcançam centenas de qubits globalmente (Schwabe et al., 2025, p. 2, tradução livre do autor), enquanto no Brasil prevalecem simulações híbridas. Essa limitação pode ser compensada pela integração de algoritmos quânticos a

²⁰ Dispositivos NISQ (Noisy Intermediate-Scale Quantum), termo criado por Preskill (2018, tradução livre do autor), são computadores quânticos atuais com dezenas a centenas de qubits, limitados por ruídos que afetam a precisão. Úteis para simulações químicas e otimização, no Brasil são substituídos por simulações híbridas quântico-clássicas devido à falta de acesso a esses dispositivos.

processos de IA, especialmente no fine-tuning e destilação²¹ de modelos generativos, onde a CQ já mostra ganhos de eficiência energética (Flöther; Mikolon, tradução livre do autor; Longobardi, 2025, p. 3, tradução livre do autor). Isso posiciona o país para liderar aplicações quânticas em IA no Sul Global, como otimização de cadeias de suprimento agrícolas via algoritmos quânticos de *machine learning* (QML).

4.2 Consumo Energético e Soluções Sustentáveis

A CQ impõe desafios energéticos significativos, particularmente o resfriamento criogênico necessário para manter qubits em temperaturas próximas ao zero absoluto (cerca de 15 mK), consumindo quantidades massivas de energia para diluição e compressão de hélio. Schwabe et al. (2025, p. 4, tradução livre do autor) alertam que dispositivos

²¹ Fine-tuning ajusta modelos de IA pré-treinados para tarefas específicas, enquanto destilação transfere conhecimento de modelos grandes para menores, mais eficientes. Algoritmos quânticos podem acelerar esses processos, reduzindo o consumo energético em simulações híbridas quântico-clássicas, como as usadas no Brasil.

NISQ atuais, embora úteis para QML²² em modelagem climática, demandam otimização para reduzir ruído e consumo, especialmente em *data centers* híbridos integrados com computação de alto desempenho (Schwabe et al., 2025, p. 6, tradução livre do autor). Pasqal (2023, citado em Schwabe et al., 2025, p. 4, tradução livre do autor) estima que um computador quântico fault-tolerant²³ poderia consumir megawatts, comparável a *data centers* de IA, exacerbando vulnerabilidades no Sul Global. No Brasil, esses desafios são agravados por grids instáveis, mas mitigados pelo potencial de integração com BESS e renováveis (como discutido no Capítulo 3). BloombergNEF (2025, p. 1, tradução livre do autor) sugere que BESS pode estabilizar suprimento para CQ, armazenando energia solar/eólica para resfriamento contínuo, reduzindo dependência de fósseis. Pesquisas recentes apontam que algoritmos

²² QML (Quantum Machine Learning) combina algoritmos quânticos com aprendizado de máquina para acelerar tarefas como modelagem climática. Apesar do potencial, dispositivos NISQ requerem otimizações para reduzir ruído e consumo energético em aplicações práticas.

²³ Computadores quânticos fault-tolerant (tolerantes a falhas) usam correção de erros para mitigar ruídos, permitindo escalas maiores para NISQ. No entanto, estimativas indicam alto consumo energético (megawatts), similar a *data centers* de IA, demandando otimizações para viabilidade prática.

quânticos podem reduzir substancialmente o consumo energético em etapas críticas do ciclo de vida de LLMs, incluindo fine-tuning, destilação e compressão de modelos (Flöther; Mikolon; Longobardi, 2025, p. 3-4, tradução livre do autor). Essa perspectiva é central para o Brasil, onde o uso de CQ em conjunto com renováveis poderia permitir *data centers* mais eficientes, evitando que a expansão da IA reproduza desigualdades energéticas do Norte Global. Propostas incluem *data centers* quânticos híbridos em regiões como o Nordeste brasileiro, onde energia solar abundante alimenta BESS conectadas a qubits neutros-átomos (tecnologia Pasqal, 2023, tradução livre do autor). Soluções sustentáveis envolvem parcerias BRICS: a liderança chinesa em baterias (Anadolu Agency, 2025, s.p. , tradução livre do autor) pode fornecer BESS para CQ brasileira, enquanto o NDB financia infraestruturas. O relatório The Quantum Insider (2025, p. 15, tradução livre do autor) menciona avanços da IBM em correção de erros quânticos, permitindo realizar 20.000 vezes mais operações até 2029, inspirando o Brasil a adotar códigos 4D²⁴ para tolerância a falhas (*fault-*

²⁴ Códigos 4D geométricos, propostos pela Microsoft (The Quantum Insider, 2025, p. 16, tradução livre do autor), usam estruturas topológicas quadridimensionais para correção de erros em uma única

tolerance) (p. 16). Integrando CQ com renováveis, o Brasil pode alcançar soberania tecnológica, usando QML para prever padrões climáticos (Schwabe et al., 2025, p. 9, tradução livre do autor) e otimizar *grids* energéticos, promovendo uma IA quântica decolonizada.

4.3 Implicações para o Sul Global

As implicações da CQ para o Sul Global vão além do Brasil, oferecendo ferramentas para combater desigualdades coloniais mediante aplicações em clima, saúde e agricultura. Schwabe et al. (2025, p. 1, tradução livre do autor) argumentam que CQ pode melhorar ESMs híbridos, reduzindo incertezas em projeções climáticas para regiões como África e América Latina, onde eventos extremos impactam bilhões. No Sul Global, onde *grids* instáveis limitam IA (IEA, 2025, p. 3, tradução livre do autor), CQ integrada com BESS pode democratizar computação avançada, permitindo simulações de vacinas ou otimização agrícola via QML. O relatório The Quantum

rodada, reduzindo qubits e erros (10^{-6} por rodada). Inspiram o Brasil a adotar fault-tolerance escalável até 2029.

Insider (2025, p. 3) indica um “ponto de inflexão” quântico, com investimentos como US\$ 215 milhões na Multiverse Computing para compressão de LLMs (p. 6), reduzindo demandas energéticas em até 95%, um alívio para nações com recursos limitados. Nessa linha, Flöther, Mikolon e Longobardi (2025, p. 5, tradução livre do autor) destacam que a CQ pode permitir novos métodos de otimização e destilação de modelos generativos, reduzindo redundâncias e melhorando a robustez, o que favorece especialmente países em desenvolvimento que não dispõem de supercomputadores de larga escala. Para o Brasil, liderar implicações regionais significa exportar expertise em QSE para vizinhos via CEPAL, promovendo colaborações Sul-Sul. No entanto, riscos incluem colonialismo digital: dominância de big techs ocidentais em hardware quântico poderia perpetuar dependências, como na extração de minerais críticos para qubits. UNDP (2025, p. 20, tradução livre do autor) enfatiza equidade, propondo que a transição para energias renováveis acelere reformas climáticas justas, criando empregos e promovendo crescimento econômico no Sul Global. Como destacado no UNDP (2025, p. 62, tradução livre do autor), o financiamento equitativo para LICs

e LMICs²⁵ é essencial para garantir transições justas em renováveis no Sul Global. Assim, o Brasil pode catalisar uma CQ sustentável, alinhando-se com os BRICS para moldar agendas globais (Niu, 2025, p. 102, tradução livre do autor), garantindo que avanços quânticos beneficiem coletivamente o Sul Global.

Considerações finais

A computação quântica posiciona o Brasil como vanguarda no futuro da IA sustentável, com potencial para superar desafios energéticos por meio da integração com energias renováveis e sistemas de armazenamento de energia (BESS) (Schwabe et al., 2025, p. 1, tradução livre do autor). Fernandes e Werner (2025, p. 10-11, tradução livre do autor) propõem uma agenda de pesquisa brasileira em engenharia de software quântico (QSE), que fortalece a capacidade do país para liderar inovações quânticas no Sul Global mediante a educação, colaborações interdisciplinares e parcerias,

²⁵ LICs (Low-Income Countries, países de baixa renda) e LMICs (Lower-Middle-Income Countries, países de renda média-baixa) são nações do Sul Global com acesso limitado a financiamento, essenciais para transições justas em renováveis e CQ sustentável.

como as no âmbito dos BRICS. Os aportes recentes da indústria, como a aquisição da Oxford Ionics (The Quantum Insider, 2025, p. 5, tradução livre do autor) e o investimento na Multiverse (p. 6), aliados às perspectivas de eficiência energética (Flöther; Mikolon; Longobardi, 2025, p. 1-5, tradução livre do autor), reforçam que a CQ é também uma ferramenta estratégica para enfrentar a crise energética da IA generativa no Sul Global. Em resumo, a CQ no Sul não é apêndice do Norte, mas superposição disruptiva: entrelaçando legados coloniais com potências quânticas, ela forja uma IA que não devora, mas regenera, tecendo soberanias onde o colapso quântico colide com o florescimento plural. Ao destacar avanços locais e implicações regionais, este capítulo reforça a urgência de soberania tecnológica no Sul Global, pavimentando o caminho para estratégias de governança exploradas no próximo capítulo, com foco em colaborações Sul-Sul.

CAPÍTULO 5

Estratégias de Governança e Colaboração no Sul Global

Introdução

A interseção entre inteligência artificial (IA) e energia sustentável no Sul Global não se limita a avanços técnicos, como discutido nos capítulos anteriores, dos fundamentos da IA (Capítulo 1) ao legado colonial (Capítulo 2), baterias para energia contínua (Capítulo 3) e computação quântica (Capítulo 4). Para alcançar soberania tecnológica, é essencial estabelecer estratégias de governança robustas e colaborações internacionais que priorizem equidade e inovação local. Este capítulo propõe caminhos para essa soberania, focando na governança energética integrada à IA, colaborações Sul-Sul com ênfase no papel do Brasil, e casos de uso regionais que demonstrem aplicações práticas. Como destacado no relatório no Fórum Econômico Mundial (WEF, 2025, p. 4-5, tradução livre do autor), a transição energética global exige políticas adaptáveis para atrair capital e fomentar cooperação, especialmente em regiões como o Sul Global, onde

vulnerabilidades geopolíticas e climáticas demandam abordagens multilaterais. No Brasil, o panorama de inovação em IA revela um ecossistema em evolução, com estratégias nacionais que posicionam o país como um ator relevante no Sul Global. A Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (EBIA), instituída pela Portaria MCTI nº 4.617/2021 e alterada pela Portaria nº 4.979/2021, estabelece o arcabouço estratégico para o desenvolvimento ético e soberano da IA. Alinhada aos princípios da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE), a EBIA fundamenta-se em cinco pilares: crescimento inclusivo e sustentável, valores centrados no ser humano, transparência, robustez e segurança, e responsabilização. Seus nove eixos temáticos, divididos em transversais (legislação, governança e aspectos internacionais) e verticais (qualificação, pesquisa, inovação e aplicações setoriais), buscam promover investimentos, remover barreiras à inovação e fortalecer parcerias internacionais, como as do BRICS, para um futuro decolonizado. Construída com base em consulta pública e *benchmarking*²⁶ global, a EBIA reflete uma

²⁶ Benchmarking é a comparação com melhores práticas globais para aprimorar políticas ou tecnologias. Na EBIA, reflete a busca por

abordagem inclusiva que prioriza equidade e soberania tecnológica, em linha com as demandas do Sul Global por políticas adaptáveis, como destacado pelo Fórum Econômico Mundial (WEF, 2025, p. 4-5, tradução livre do autor). Como desdobramento operacional da EBIA, o Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA) 2024-2028, lançado em julho de 2024, traduz esses princípios em ações concretas, com um investimento previsto de R\$ 23 bilhões. O PBIA visa posicionar o Brasil como referência global em IA, com metas ambiciosas, como a aquisição de um supercomputador entre os cinco mais potentes do mundo e a formação de talentos para fóruns internacionais. Suas aplicações práticas, em áreas como saúde, educação e agricultura, reforçam o compromisso com a inclusão social e a sustentabilidade, alinhando-se aos objetivos de governança energética integrada e colaborações Sul-Sul discutidas neste capítulo.

equidade e soberania tecnológica, inspirando-se em referências internacionais adaptáveis ao Sul Global.

5.1 Governança Energética e IA

A governança integrada de energia e IA é crucial no Sul Global para mitigar riscos e promover sustentabilidade, mas exige priorizar infraestrutura energética antes de avanços em IA. No Brasil, com uma matriz energética renovável robusta e com grandes oportunidades de crescimento, oferece potencial, mas *grids* instáveis e perdas de transmissão (15% em 2024) limitam a escalabilidade de tecnologias intensivas como a IA. O Fórum Econômico Mundial (2025, p. 21-22, tradução livre do autor) destaca que a demanda energética de IA cresceu 2,2% globalmente em 2024, exigindo modernização de *grids* e sistemas de armazenamento como BESS (Capítulo 3, tradução livre do autor).

Em 24 de setembro de 2025, durante o Evento Especial de Alto Nível sobre Ação Climática na ONU, o Secretário-Geral António Guterres destacou que “a energia limpa está impulsionando empregos, crescimento e desenvolvimento sustentável; gerando a eletricidade mais rápida e barata; isolando economias dos mercados voláteis de combustíveis fósseis; garantindo segurança e soberania energética; e ajudando a fornecer energia limpa e acessível para todos” (Guterres, 2025, s.p., tradução

livre do autor), reforçando a urgência de modernizar infraestrutura energética para viabilizar a IA. Contudo, as estratégias brasileiras, como a EBIA e o PBIA, priorizam a IA sem abordar suficientemente esses gargalos energéticos, um descompasso que compromete a soberania tecnológica.

A EBIA, instituída em 2021 pela Portaria MCTI nº 4.617/2021, estabelece cinco princípios éticos (crescimento inclusivo, valores humanos, transparência, robustez e responsabilização) e nove eixos temáticos, incluindo legislação, governança e aplicações setoriais (CGEE, 2025, p. 10-13). O PBIA (2024-2028), com R\$ 23,03 bilhões em investimentos, detalha ações como R\$ 1,76 bilhão para IA em serviços públicos e R\$ 13,79 bilhões para inovação empresarial (MCTI/CGEE, 2025, p. 32). Iniciativas como os Centros de Pesquisa Aplicada (CPAs) aplicam IA à eficiência energética, como otimização de *grids* via *machine learning*, mas a alocação de apenas R\$ 103,25 milhões (0,4% do total) para o Eixo 5 (Apoio ao processo regulatório e de governança da IA) é insuficiente para integrar energia e IA de forma robusta (MCTI/CGEE, 2025, pp. 32, 42-46). O Projeto de Lei nº 2.338/2023, em tramitação, complementa a EBIA ao classificar sistemas de IA por risco,

exigindo transparência e proteção de dados, mas não aborda diretamente a infraestrutura energética.

Para o Sul Global, a governança híbrida proposta deve priorizar energia renovável como base para a IA, alinhando a EBIA e o PBIA às metas do WEF (2025, p. 32, tradução livre do autor) de modernizar infraestrutura. O Brasil pode liderar com um *framework* que use IA para prever demandas energéticas e otimizar renováveis, como já ocorre em iniciativas estaduais no Ceará e São Paulo (CGEE, 2025, p. 14). O AI Decolonial Manifesto (2023) reforça que a governança deve rejeitar *frameworks* ocidentais, priorizando contextos comunitários para garantir equidade e autonomia, especialmente em comunidades marginalizadas.

5.2 Colaborações Sul-Sul e o Papel do Brasil

Colaborações Sul-Sul são cruciais para fortalecer soberania energética e tecnológica, com o Brasil atuando como ponte nos BRICS e além. A Declaração de Rio de Janeiro (BRICS, 2025, p. 1) reafirma compromisso com cooperação em IA, adotando o *Statement on Global Governance of*

*Artificial Intelligence*²⁷ para fomentar desenvolvimento responsável, respeitando soberania e priorizando o Sul Global. Isso inclui parcerias para construção de capacidade em IA e energia, com o Novo Banco de Desenvolvimento (NDB) expandindo financiamentos para projetos sustentáveis, como BESS e grids inteligentes (BRICS, 2025, p. 45-46).

O Brasil, como presidência BRICS em 2025, liderou iniciativas como o BRICS *Partnership for the Elimination of Socially Determined Diseases*, integrando IA para saúde pública, e discussões sobre plataformas de pagamento cross-border²⁸ para facilitar comércio energético (BRICS, 2025, p. 50-51). No panorama de IA brasileiro, investimentos privados cresceram aproximadamente 30% (estimativa baseada em tendências, CGEE, 2025, p. 29) em 2024, com colaborações internacionais via CPAs focando em setores como agricultura e saúde (CGEE,

²⁷ O Statement on Global Governance of Artificial Intelligence (BRICS, 2025) é um framework para desenvolvimento responsável de IA, priorizando soberania e equidade no Sul Global, guiando a cooperação brasileira em tecnologias como IA e CQ.

²⁸ Cross-border refere-se a transações entre países, como plataformas de pagamento (ex.: BRICS Cross-Border Payments Initiative) que facilitam comércio energético em moedas locais, reduzindo custos e promovendo soberania financeira no Sul Global (BRICS, 2025, p. 50-51).

2025, p. 29-30). Parcerias com China (modelo de baterias, Capítulo 3) e Índia (inovação em software quântico) exemplificam as transições energéticas em ritmos variados e localizadas destacadas no contexto global (WEF, 2025, p. 39, tradução livre do autor). O NDB financia projetos brasileiros de energia renovável, com cerca de US\$ 7 bilhões aprovados até 2025 (NDB, 2025).

O papel do Brasil é pivotal: com a distribuição geográfica de centros de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (RD&I) concentrada no Sudeste (São Paulo, 40% dos *hubs*²⁹), mas expandindo para o Nordeste via PBIA (CGEE, 2025, p. 32-34), o país pode exportar expertise em tecnologias quânticas, incluindo software e hardware quântico, para África e América Latina, fortalecendo redes Sul-Sul. O WEF (2025, p. 32, tradução livre do autor) destaca avanços regionais no Sul Global, como na Ásia Emergente (+18.7% em investimentos), inspirando o Brasil a liderar *hubs* BRICS para IA sustentável. Propostas incluem a criação de um BRICS *Quantum Network* (rede quântica), integrando a agenda de

²⁹ Hubs podem ser centros de conexão (ex.: logística, redes), mas aqui são polos de inovação em RD&I quântica, concentrados em São Paulo (40%). O PBIA planeja expandi-los ao Nordeste, fortalecendo redes Sul-Sul (CGEE, 2025, p. 32-34).

pesquisa em engenharia de software quântico (QSE) brasileira (Fernandes e Werner, 2025, p. 10, tradução livre do autor), que promove colaborações interdisciplinares e eventos como o WQuNets, com tecnologias chinesas, e financiamento do NDB para BESS em nações vulneráveis, promovendo uma colaboração decolonizada que priorize equidade.

5.3 Casos de Uso Regionais

Casos de uso regionais ilustram como governança e colaborações podem aplicar IA e energia sustentável no Sul Global, focando em agricultura, saúde e clima. No Brasil, o foco setorial de RD&I em IA abrange agricultura (20% das pesquisas), usando *machine learning* para otimização de colheitas e previsão de secas (CGEE, 2025, p. 34-36). Integrado a BESS, isso permite irrigação inteligente alimentada por solar, reduzindo perdas em regiões como o Semiárido.

Na saúde, CPAs aplicam IA para diagnósticos preditivos, com PBIA financiando R\$ 1,76 bilhão para serviços públicos (CGEE, 2025, p. 21). O WEF (2025, p. 4, tradução livre do autor) enfatiza crescimento em energia competitiva, com casos como

eletrificação rural na Índia, inspirando o Brasil a usar IA para otimizar *grids* em comunidades amazônicas.

Para clima, IA integrada a renováveis prevê eventos extremos, com o Brasil liderando via INPE e parcerias BRICS (BRICS, 2025, p. 20-23). O relatório WEF (2025, p. 45, tradução livre do autor) propõe ações como modernizar infraestrutura, aplicável a casos regionais como hidrelétricas na América Latina, usando BESS chinesa para estabilidade. Esses usos demonstram potencial para empregos (2 milhões de empregos adicionais até 2050, UNDP, 2025, p. 13-15, tradução livre do autor) e para maior equidade (UNDP, 2025, p. 40-48), alinhando governança com inovação local.

Considerações finais

As estratégias de governança e colaboração no Sul Global emergem como pilares fundamentais para pavimentar o caminho rumo à soberania energética e tecnológica, com o Brasil assumindo um papel de liderança por meio da Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (EBIA), do Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA) e das parcerias no âmbito dos BRICS (CGEE, 2025, p. 10-22; BRICS, 2025, p. 1). A integração de regulação eficaz,

parcerias internacionais e casos práticos de aplicação da IA demonstra um potencial transformador, oferecendo uma oportunidade concreta de superar os legados coloniais que historicamente moldaram as desigualdades tecnológicas e energéticas da região. A ênfase em priorizar infraestrutura energética sustentável, como *grids* modernos e sistemas de armazenamento como BESS, ao lado do desenvolvimento ético da IA, reforça a possibilidade de um modelo decolonizado que priorize equidade e inclusão social.

Essas iniciativas não apenas fortalecem a posição do Brasil como ator relevante no Sul Global, mas também inspiram uma rede de cooperação que pode ser estendida a outras nações, promovendo a troca de conhecimento e a capacitação tecnológica. Os casos regionais explorados, agricultura, saúde e clima, ilustram como a IA, aliada a soluções energéticas renováveis, pode gerar impactos sociais e econômicos significativos, desde a irrigação inteligente no semiárido até a otimização de *grids* em comunidades amazônicas. Contudo, os desafios persistem, especialmente na alocação insuficiente de recursos para governança e na necessidade de superar gargalos energéticos, como destacado ao longo deste capítulo.

Essa análise prepara o terreno para uma reflexão mais profunda no Capítulo 6, onde as implicações éticas da IA no contexto do Sul Global serão exploradas. Ao vislumbrar um futuro sustentável, é essencial equilibrar inovação tecnológica com princípios de justiça social e ambiental, garantindo que o progresso não perpetue desigualdades, mas sim construa uma trajetória de desenvolvimento inclusivo e resiliente.

CAPÍTULO 6

Implicações Éticas e Futuro da IA Sustentável no Sul Global

Introdução

A interseção entre inteligência artificial (IA) e energia sustentável, explorada ao longo deste volume, desde os fundamentos da IA (Capítulo 1) até o legado colonial (Capítulo 2), baterias para energia contínua (Capítulo 3), computação quântica (Capítulo 4) e estratégias de governança (Capítulo 5), culmina em uma reflexão crítica sobre as implicações éticas. No Sul Global, as desigualdades históricas amplificam oportunidades e riscos: há grande potencial transformador, mas também ameaças concretas, como o colonialismo digital e os dilemas trazidos por modelos cada vez mais poderosos, incluindo cenários associados à Inteligência Artificial Superinteligente (ASI). Este capítulo discute esses riscos e oportunidades, propondo caminhos para uma IA equitativa e sustentável, com liderança brasileira. Como destacado pela UNESCO (2025, s. p., tradução livre do autor), a IA deve ser desenvolvida com princípios éticos globais para beneficiar a

humanidade, respeitando normas de paz e inclusão, especialmente em contextos como o Brasil. Kaur (2025, p. 169, tradução livre do autor) e Strelkova & Pasichnyk (2017, p. 1, tradução livre do autor) alertam para os riscos de ASI, enquanto o UNDP (2025, p. 1, tradução livre do autor) enfatiza o potencial de energias renováveis para promover equidade. O AI Decolonial Manifesto (2023, tradução livre do autor) destaca a necessidade de rejeitar abordagens éticas puramente universalistas que obscureçam experiências locais, propondo governanças situadas que valorizem saberes e práticas do Sul Global. Ao final deste capítulo, apresentamos um prelúdio para o Volume 2, que examinará como a Educação, em particular a Educação Profissional e Tecnológica (EPT) brasileira, pode preparar a base humana e institucional para a soberania digital e para a construção de IAs co-projetadas com comunidades locais. Esse tema, central para o próximo volume, será aprofundado a partir do papel da educação na construção de uma IA verdadeiramente decolonizada.

6.1 Riscos Éticos da IA

Os riscos éticos da IA no Sul Global são multifacetados, enraizados em desigualdades coloniais e exacerbados pela dependência energética e tecnológica. Um dos principais perigos é o colonialismo digital, onde algoritmos desenvolvidos no Norte Global perpetuam vieses culturais e econômicos, extraíndo dados de regiões subdesenvolvidas, sem reciprocidade, reproduzindo dinâmicas coloniais. Kaur (2025, p. 169, tradução livre do autor) classifica a ASI como um “estado futuro hipotético” que poderia amplificar esses riscos, permitindo simulações superinteligentes que controlam recursos globais, mas ignoram contextos locais. Por exemplo, uma ASI projetada sem considerar as especificidades do Sul Global poderia otimizar cadeias de suprimento globais em detrimento de pequenos agricultores brasileiros, agravando desigualdades. Strelkova & Pasichnyk (2017, p. 1, tradução livre do autor) definem ASI como superior à inteligência humana em todos os aspectos, prevendo acelerações exponenciais que poderiam levar à perda de controle humano, ecoando preocupações éticas sobre quem detém o poder sobre essas tecnologias. O AI Decolonial Manifesto (2023, tradução livre do

autor) alerta que a IA, ao criar “verdades algorítmicas” irrefutáveis, pode reforçar a dominação ao apagar sistemas de conhecimento alternativos, como os saberes indígenas brasileiros, e negar agência às comunidades marginalizadas.

No contexto energético, esses riscos se manifestam em demandas insustentáveis: *data centers* de IA consomem volumes massivos de energia, projetados para atingir 945 TWh até 2030 (IEA, 2025, p. 1, do Capítulo 1, tradução livre do autor), frequentemente dependentes de fontes fósseis em *grids* instáveis do Sul Global. BloombergNEF (2025, p. 2, tradução livre do autor) relata que investimentos globais em transição energética atingiram US\$2.08 trilhões em 2024, mas setores “emergentes” como hidrogênio e captura de carbono declinaram 23%, ilustrando desafios em escalar tecnologias limpas para suportar IA ética. No Brasil, vieses em IA podem agravar desigualdades: algoritmos treinados em dados ocidentais falham em reconhecer padrões agrícolas locais, perpetuando a exclusão de comunidades indígenas. Por exemplo, sistemas de previsão agrícola baseados em dados do Norte Global podem desconsiderar os ciclos de plantio da mandioca no Nordeste brasileiro, marginalizando agricultores familiares.

Ademais, riscos incluem privacidade e autonomia: a UNESCO (2025, p. 1, tradução livre do autor) enfatiza a necessidade de marcos regulatórios para evitar que IA transforme sociedades sem salvaguardas, como na Recomendação sobre a Ética da IA (2021), publicada em português pela UNESCO Brasil em 2022. Em ASI, cenários especulativos envolvem manipulação social ou ambiental, como otimização de recursos que prioriza lucros corporativos sobre sustentabilidade. Strelkova & Pasichnyk (2017, p. 1, tradução livre do autor) citam a "*Law of Accelerating Returns*", alertando que avanços rápidos poderiam amplificar colonialismo digital, onde nações do Sul fornecem dados brutos enquanto o Norte retém valor agregado. Para mitigar, é essencial decolonizar a IA, integrando perspectivas locais, como bioética brasileira em parceria com a Cátedra UNESCO de Bioética (UNESCO, 2025, p. 1). Essa abordagem pode, por exemplo, incorporar princípios éticos indígenas, como o respeito à reciprocidade com a terra, na concepção de algoritmos para agricultura sustentável.

6.2 Caminhos para Sustentabilidade

Diante dos riscos, caminhos para uma IA sustentável no Sul Global envolvem propostas para equidade, com o Brasil liderando através de integrações energéticas e colaborações internacionais. O UNDP (2025, p. 1, tradução livre do autor) propõe aceleração de renováveis para criar milhões de empregos no Sul Global, incluindo o Brasil até 2050, integrando IA para otimizar *grids* e reduzir emissões, promovendo uma transição justa que priorize comunidades vulneráveis. Isso alinha com investimentos globais: BloombergNEF (2025, p. 9, tradução livre do autor) destaca que energias renováveis atraíram \$728 bilhões em 2024, com crescimento de 8%, enquanto armazenamento de energia subiu 36% para \$53.9 bilhões, pilares para suportar IA sem sobrecarregar recursos. No Brasil, iniciativas como o programa Luz para Todos, aliado a soluções de BESS (Capítulo 3), podem viabilizar *data centers* sustentáveis em regiões remotas, como a Amazônia, beneficiando comunidades locais.

No Brasil, propostas incluem *frameworks* éticos híbridos: integrar a Estratégia Brasileira de IA (EBIA) com metas de transição energética, usando BESS (Capítulo 3) para energia contínua em *data*

centers quânticos (Capítulo 4). Por exemplo, a combinação de BESS com computação quântica pode otimizar o consumo energético em simulações climáticas, como as mencionadas por Schwabe et al. (2025, p. 1, tradução livre do autor), fortalecendo a liderança brasileira em IA sustentável. Além disso, a sustentabilidade tecnológica exige uma dimensão educacional. É preciso investir em capacitação crítica, com destaque para a EPT, formando desde cedo profissionais capazes de lidar com dados, aprendizado de máquina e infraestrutura digital, reduzindo a dependência das big techs. Iniciativas como os Institutos Federais no Brasil, que oferecem cursos técnicos em tecnologia, podem ser expandidas para incluir módulos de IA ética, formando profissionais aptos a desenvolver algoritmos culturalmente relevantes. Governança ética também é central. A UNESCO (2025, p. 1) recomenda políticas nacionais baseadas na Recomendação de 2021, promovendo transparência e inclusão no setor privado brasileiro, como no webinar com a ABES sobre princípios éticos. Liderança brasileira pode envolver parcerias BRICS para compartilhar tecnologias, mitigando colonialismo digital ao desenvolver IA local para aplicações em agricultura e saúde (Capítulo 5). Um exemplo prático é a colaboração entre Brasil e

Índia em projetos de IA para saúde pública, como sistemas de triagem baseados em dados locais, que respeitam as especificidades culturais de cada nação.

Sustentabilidade também exige bioética: a UNESCO (2025, p. 1) conecta avanços em IA com princípios como a Declaração Universal sobre Bioética (2005), enfatizando impactos sociais e ambientais. Para ASI, propostas incluem governança global com veto Sul Global, evitando cenários de perda de controle (Kaur, 2025, p. 170, tradução livre do autor). BloombergNEF (2025, p. 14, tradução livre do autor) alerta que investimentos atuais são apenas 37% do necessário para net-zero até 2030, sugerindo que o Brasil priorize equidade em cadeias de suprimento, como mineração ética de lítio para BESS. Caminhos práticos incluem capacitação: investir em educação quântica (Fernandes e Werner, 2025, p. 8, tradução livre do autor) para criar mão de obra local, garantindo que IA sustentável beneficie o Sul sem perpetuar dependências. Projetos como o Centro de Computação Quântica da USP, em parceria com empresas locais, podem acelerar a formação de especialistas brasileiros em IA quântica, promovendo soberania tecnológica.

6.3 Olhar para o Futuro: Além do Volume 1

Olhando para o futuro, a IA sustentável no Sul Global depende de energia como catalisador para inovação ética, mas exige exploração mais profunda em governança avançada, com investimento em uma educação de base voltada à ética, à diversidade cultural de cada nação e ao pensamento computacional. Com investimentos em transição energética atingindo \$2.08 trilhões em 2024 (BloombergNEF, 2025, p. 2, tradução livre do autor), o Brasil pode liderar uma era onde IA resolve desafios climáticos, como modelagem precisa via computação quântica (Schwabe et al., 2025, p. 1, tradução livre do autor). No entanto, riscos de ASI demandam vigilância global, inspirando volumes futuros a debater ética em escalas superinteligentes e governança multilateral. Mais do que isso, precisamos preparar novas gerações para não apenas consumir, mas criar inteligência artificial. A EPT no Brasil, pode ser a base desse processo, desenvolvendo engenheiros de dados, especialistas em aprendizado de máquina e profissionais capazes de conceber IAs próprias, alinhadas às realidades do Sul Global. A EPT articulada com programas como o Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e

Emprego - Pronatec e parcerias com o setor privado, pode capacitar jovens de comunidades marginalizadas, como as periferias urbanas e povos indígenas, a liderarem o desenvolvimento de tecnologias de IA que respeitem suas realidades e saberes.

Conclusão

As implicações éticas da IA no Sul Global destacam riscos como colonialismo digital e perigos de ASI (Kaur, 2025, p. 169, tradução livre do autor; Strelkova & Pasichnyk, 2017, p. 1, tradução livre do autor), mas abrem caminhos para sustentabilidade através de equidade e liderança brasileira (UNDP, 2025, p. 1, tradução livre do autor). Energia atua como catalisador, com investimentos crescentes em renováveis e armazenamento (BloombergNEF, 2025, p. 9, tradução livre do autor) pavimentando uma transição justa. Energia é o catalisador imediato; educação, a semente do futuro.

Este Volume 1 inaugura a reflexão sobre energia e soberania; o Volume 2 aprofundará o papel da educação brasileira, com foco na EPT na capacitação de comunidades locais para co-criarem uma IA ética e decolonizada, promovendo justiça

social e sustentabilidade, e consolidando o Brasil como líder exemplar no Sul Global.

REFERÊNCIAS

ANADOLU AGENCY. China set to surpass 100 GW battery storage in 2025 amid rising demand. Anadolu Agency, [S. l.], 2025. Disponível em: <https://www.aa.com.tr/en/energy/electricity/china-set-to-surpass-100-gw-battery-storage-in-2025-amid-rising-demand/47593>. Acesso em: 28 set. 2025.

BATTESTIN, C.; BONATTI, J.; QUINTO, J. R. A colonização e resistência dos povos originários da América Latina. Revista Fórum Identidades, Itabaiana, v. 30, n. 01, p. 13-27, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufs.br/forumidentidades/article/view/13495>. Acesso em: 25 set. 2025.

BLOOMBERGNEF. Brazil transition factbook 2025. New York: BloombergNEF, 2025. 55 p. Disponível em: <https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/Brazil-Transition-Factbook-2025.pdf>. Acesso em: 28 set. 2025.

BOSTROM, Nick. Ethical issues in advanced artificial intelligence. In: SMIT, I. et al. (ed.). Cognitive, emotive and ethical aspects of decision making in humans and in artificial intelligence. Windsor: International Institute of Advanced Studies in Systems Research and Cybernetics,

2003. v. 2, p. 12-17. Disponível em: <https://nickbostrom.com/ethics/ai>. Acesso em: 19 set. 2025.

BOUNEFFOUF, Djallel; AGGARWAL, Charu C. Survey on Applications of Neurosymbolic Artificial Intelligence. arXiv:2209.12618v1 [cs.AI], 8 set. 2022. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2209.12618v1>. Acesso em: 15 set. 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (EBIA). Brasília: MCTI, 2021. Disponível em: <https://lapin.org.br/wp-content/uploads/2021/04/Estrategia-Brasileira-de-Inteligencia-Artificial.pdf>. Acesso em: 28 set. 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. IA para o bem de todos: proposta de Plano Brasileiro de Inteligência Artificial 2024-2028. Brasília: MCTI, 29 jul. 2024. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/07/plano-brasileiro-de-ia-tera-supercomputador-e-investimento-de-r-23-bilhoes-em-quatro-anos/ia_para_o_bem_de_todos.pdf. Acesso em: 28 set. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2025 (ano base 2024). Brasília, DF: MME; EPE, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/brasil-gera-88-da-sua-energia-eletrica-a-partir-de-fontes-renovaveis>. Acesso em: 13 set. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Relatório Smart Grid: Grupo de Trabalho de Redes Elétricas Inteligentes. Brasília, DF: MME, 2010. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/secretaria-nacional-energia-eletrica/relatorio-smart-grid-1>. Acesso em: 15 set. 2025.

BRICS. Rio de Janeiro Declaration: Strengthening Global South Cooperation for a More Inclusive and Sustainable Governance. Rio de Janeiro: BRICS, 2025. Disponível em: http://www.brics.utoronto.ca/docs/250706-BRICS_Leaders_Declaration_EN.pdf. Acesso em: 21 set. 2025.

CGEE – CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. The Brazilian Landscape of Science, Technology, and Innovation in Artificial Intelligence. Brasília: CGEE, 2025. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2025/03/Estudo-The-Brazilian-Landscape-of-Science-Technology-and-Innovation-in-Artificial-Intelligence-1.pdf>. Acesso em: 21 set. 2025.

DECOLONIZAI. AI Decolonial Manifesto. 2023. Disponível em: <https://manifesto.ai/>. Acesso em: 17 set. 2025.

DECOLONIZAI. Manifesto da IA Decolonial . 2023. Disponível em: <https://decolonizai.com/manifesto-da-ia-decolonial/>. Acesso em: 17 set. 2025.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Planejamento estratégico 2025-2029. Rio de Janeiro: EPE, 2025. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/Documents/Planejamento%20Estrat%C3%A9gico%202025-2029.pdf>. Acesso em: 05 set. 2025.

ENERGY TRANSITIONS COMMISSION. Global trade in the energy transition: principles for clean energy supply chains & carbon pricing. [S.l.]: ETC, 2025. Disponível em: https://www.energy-transitions.org/wp-content/uploads/2025/06/Global-trade-in-the-energy-transition_vf.pdf. Acesso em: 18 set. 2025.

ESS NEWS. How Brazil's first capacity reserve auction of 2025 could impact battery demand. ESS News, [S. l.], 15 jan. 2025. Disponível em: <https://www.ess-news.com/2025/01/15/how-brazils-first-capacity-reserve-auction-of-2025-could-impact-battery-demand/>. Acesso em: 28 set. 2025.

FERNANDES, F.; WERNER, C. Toward a Brazilian Research Agenda in Quantum Software Engineering: A Systematic Mapping Study. *arXiv:2506.11013v2 [cs.SE]*, p. 1-16, 1 jul. 2025. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/2506.11013>. Acesso em: 05 set. 2025.

FLÖTHER, F. F.; MIKOLON, J.; LONGOBARDI, M. Accelerating the drive towards energy-efficient generative AI with quantum computing algorithms. *arXiv preprint*, *arXiv:2508.20720v1 [quant-ph]*, 28 ago. 2025. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2508.20720>. Acesso em: 20 set. 2025.

GOZALO-BRIZUELA, Roberto; GARRIDO-MERCHÁN, Eduardo C. A Survey of Generative AI Applications. *Journal of Computer Science*, v. 20, n. 8, p. 801–818, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3844/jcssp.2024.801.818>. Acesso em: 15 set. 2025.

GUTIERRES, A. Discurso no Evento Especial de Alto Nível sobre Ação Climática. Nova York: Organização das Nações Unidas, 24 set. 2025. Disponível em: <https://www.un.org/sg/en/content/sg/statement/2025-09-24/secretary-generals-remarks-the-opening-of-the-high-level-special-event-climate-action-delivered>. Acesso em: 25 set. 2025.

IBM DATA AND AI TEAM. Entendendo os diferentes tipos de inteligência artificial. IBM Think, 12 out. 2023. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/artificial-intelligence-types>. Acesso em: 15 set. 2025.

IEA Energy and AI: World Energy Outlook Special Report. International Energy Agency, 2025. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai>. Acesso em 12 set. 2025

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Energy and AI: World Energy Outlook Special Report. 2025. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai>. Acesso em: 20 set. 2025.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Global Energy Review 2025. Paris: IEA, 2025. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025>. Acesso em: 13 set. 2025.

KAUR, A. A comprehensive analysis of types of artificial intelligence: classification, applications, and future directions. International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, v. 14, n. 2, p. 167-172, fev. 2025. DOI: 10.17148/IJARCCE.2025.14221. Disponível em: <https://ijarcce.com/wp-content/uploads/2025/03/IJARCCE.2025.14221.pdf>. Acesso em: 28 set. 2025.

LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G. Deep learning. *Nature*, v. 521, n. 7553, p. 436–444, 2015. DOI: 10.1038/nature14539. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277411157_Deep_Learning. Acesso em: 05 set. 2025.

LOWES, S.; MONTERO, E. Blood rubber: the effects of labor coercion on institutions and culture in the DRC. New Haven: Yale University, Department of Economics, 2017. 50 p. Disponível em: https://economics.yale.edu/sites/default/files/lowes_montero_rubber2_jmp.pdf. Acesso em: 28 set. 2025.

MANDAL, Ashis Kumar et al. Quantum software engineering and potential of quantum computing in software engineering research: a review. *arXiv:2502.08925v1 [cs.SE]*, 2025. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/388963439_Quantum_Software_Engineering_and_Potential_of_Quantum_Computing_in_Software_Engineering_Research_A_Review. Acesso em: 17 set. 2025.

MICHALOPOULOS, Stelios; PAPAIOANNOU, Elias (eds.). The long economic and political shadow of history: volume 2. Africa and Asia. London: CEPR Press, 2017. 142 p. ISBN 978-0-9954701-6-3. Disponível em: https://scholar.harvard.edu/files/nunn/files/long_shadow_vol2_feb17.pdf. Acesso em: 28 set. 2025.

MOTA, F. B. D. S.; FERREIRA, K. R.; ESCADA, M. I. S. Evaluating forest disturbance detection methods based on satellite image time series for Amazon deforestation alerts. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, v. XLVIII-3-2024, p. 357-364, 2024. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLVIII-3-2024-357-2024. Disponível em: <https://data.inpe.br/bdc/avaliacao-de-metodos-de-deteccao-de-disturbios-florestais-com-base-em-series-temporais-de-imagens-de-satelite-para-alertas-de-desmatamento-na-amazonia/>. Acesso em: 13 set. 2025.

NIARA. Tipos de inteligência artificial: memória limitada e aplicações no Brasil. São Paulo: Niara AI, 2025. Disponível em: <https://niara.ai/blog/tipos-de-inteligencia-artificial/>. Acesso em: 19 set. 2025.

NIU, Haibin. BRICS in a changing world: from adaptation, mitigation to shaping?. Cebri-revista, Rio de Janeiro, v. 4, n. 13, p. 102-113, jan./mar. 2025. DOI: 10.54827/issn27647897.cebri2025.13.02.07.102-113.en. Disponível em: <https://cebri.org/revista/en/artigo/208/brics-in-a-changing-world>. Acesso em: 18 set. 2025.

NOVO BANCO DE DESENVOLVIMENTO (NDB). Relatório Anual 2025: Projetos Aprovados no Brasil. Xangai: NDB, 2025. Disponível em: <https://www.ndb.int/news/>. Acesso em: 23 set. 2025.

ONU. Observações do Secretário-Geral na abertura do Evento Especial de Alto Nível sobre Ação Climática [conforme proferido]. Nova Iorque, 24 set. 2025. Disponível em: https://www.un.org/sg/en/content/sg/statement/2025-09-24/secretary-generals-remarks-the-opening-of-the-high-level-special-event-climate-action-delivered?utm_source. Acesso em: 25 set. 2025.

PONTI, M. A.; COSTA, G. B. P. Como funciona o Deep Learning. In: Tópicos em Gerenciamento de Dados e Informações. 1. ed. Porto Alegre: SBC, 2017. p. 63-93. ISBN 978-85-7669-400-7. Disponível em: https://sites.icmc.usp.br/moacir/papers/Ponti_Costa_Como-funciona-o-Deep-Learning_2017.pdf. Acesso em: 03 set. 2025

PRESKILL, John. Quantum computing in the NISQ era and beyond. *Quantum*, v. 2, p. 79, 2018. DOI: 10.22331/q-2018-08-06-79. Disponível em: <https://quantum-journal.org/papers/q-2018-08-06-79/>. Acesso em: 23 set. 2025.

PROCON-AM. Procon-AM alerta consumidores sobre os perigos do greenwashing. Manaus: Instituto de Proteção e Defesa do Consumidor do Amazonas, 2025. Disponível em: <https://www.procon.am.gov.br/procon-am-alerta-consumidores-sobre-os-perigos-do-greenwashing/#:~:text=O%20Greenwashing%20consiste%20em%20uma,n%C3%A3o%20passam%20de%20propagandas%20enganosas>. Acesso em: 26 set. 2025.

PUCRS ONLINE. Inteligência Artificial: o que é e como funciona. Disponível em: <https://online.pucrs.br/blog/inteligencia-artificial>. Acesso em: 15 set. 2025.

RUSSELL, Stuart J.; NORVIG, Peter. Artificial intelligence: a modern approach. 2. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2003. Disponível em: http://repo.darmajaya.ac.id/4836/1/Stuart%20Russell%2C%20Peter%20Norvig-Artificial%20Intelligence_%20A%20Modern%20Approach-Prentice%20Hall%20%28%20PDFDrive%20%29.pdf. Acesso em: 28 set. 2025.

SÁNCHEZ CONTRERAS, J.; MATARÁN RUIZ, A.; CAMPOS-CELADOR, A.; FJELLHEIM, E. M. Energy colonialism: a category to analyse the corporate energy transition in the Global South and North. *Land Basel*, v. 12, n. 6, p. 1241, jun. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/land12061241>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-445X/12/6/1241>. Acesso em: 28 set. 2025.

SANTOS, Boaventura de Sousa; MENESES, Maria Paula (orgs.). *Epistemologias do Sul*. Coimbra: Edições Almedina, 2009. Disponível em: <https://www.icict.fiocruz.br/sites/www.icict.fiocruz.br/files/Epistemologias%20do%20Sul.pdf>. Acesso em: 25 set. 2025.

SCHWABE, M.; PASTORI, L.; DE VEGA, I.; GENTINE, P.; IAPICHINO, L.; LAHTINEN, V.; LEIB, M.; LORENZ, J. M.; EYRING, V. Opportunities and challenges of quantum computing for climate modeling. *Environmental Data Science*, v. 4, e35, p. 1–20, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1017/eds.2025.10010>. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2502.10488>. Acesso em: 12 set 2025

SMITH, G.; BATEMAN, M.; GILLET, R.; THANISCH, E. A pegada de carbono de grandes modelos de linguagem. Cutter Consortium, Boston, 15 nov. 2023. Disponível em: <https://www.cutter.com/article/large-language-models-whats-environmental-impact>. Acesso em: 28 set. 2025.

STATE DEPARTMENT. Trechos do pronunciamento do presidente Donald Trump na Assembleia Geral da ONU. Tradução em português. 23 set. 2025. Disponível em: https://www.un.org/sg/en/content/sg/statement/2025-09-24/secretary-generals-remarks-the-opening-of-the-high-level-special-event-climate-action-delivered?utm_source. Acesso em: 25 set. 2025.

STRELKOVA, O.; PASICHNYK, O. Three types of artificial intelligence. Khmelnytsky National University Proceedings, p. 1–3, 2017. Disponível em: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/05/142.pdf>. Acesso em: 05 set. 2025.

THE QUANTUM INSIDER. Quarterly report Q2 2025. [S.l.]: The Quantum Insider, 2025. Disponível em: <https://thequantuminsider.com/wp-content/uploads/2025/07/TQI-2025-Q2-vUpdatedFinance-USE.pdf>. Acesso em: 14 out. 2025.

TOTVS. Inteligência artificial: como funciona e novidades em 2025. São Paulo: Totvs, 2025. Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/inovacoes/o-que-e-inteligencia-artificial/>. Acesso em: 19 set. 2025.

TURING, A. M. Computing machinery and intelligence. Mind, Oxford, v. 49, p. 433-460, 1950. Disponível em: <https://courses.cs.umbc.edu/471/papers/turing.pdf>. Acesso em: 28 set. 2025.

UNESCO (2025). Ética da Inteligência Artificial (IA) no Brasil. (Páginas usadas: 1 para princípios éticos e Recomendação de 2021), 2025. Available at: <https://www.unesco.org/pt/fieldoffice/brasil/expertise/artificial-intelligence-brazil>

UNITED NATIONS (UN). Net Zero Coalition. [S.l.]: United Nations, 2025. Disponível em: <https://www.un.org/en/climatechange/net-zero-coalition>. Acesso em: 21 set. 2025.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. Charged for change: The case for renewable energy in climate action. New York: UNDP, 2025. 117 p. Disponível em: <https://www.undp.org/publications/charged-change-case-renewable-energy-climate-action>. Acesso em: 14 out. 2025.

WEF – WORLD ECONOMIC FORUM. Fostering Effective Energy Transition 2025. Genebra: WEF, 2025. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/fostering-effective-energy-transition-2025>. Acesso em: 21 set. 2025.

WOLFFENBÜTTEL, Andréa. O que é? – Índice de Gini. Revista Desafios / IPEA, 2004. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&id=2048:catid=28. Acesso em: 26 set. 2025.

WOOD MACKENZIE; AMERICAN CLEAN POWER ASSOCIATION. Energy storage market continues strong growth in Q1 2025. [S.l.]: Wood Mackenzie, 25 jun. 2025. Disponível em: <https://www.woodmac.com/press-releases/energy-storage-market-continues-strong-growth-in-q1-2025/>. Acesso em: 28 set. 2025.

WÜBBEKE, J.; MEISSNER, M.; ZENGLEIN, M. J.; IVES, J.; CONRAD, B. Made in China 2025: the making of a high-tech superpower and consequences for industrial countries. Berlin: MERICS, dez. 2016. (MERICS Papers on China, n. 2). Disponível em: <https://merics.org/sites/default/files/2020-04/Made%20in%20China%202025.pdf>. Acesso em: 21 set. 2025.

ZOHURI, B. Artificial Super Intelligence (ASI): The Evolution of AI Beyond Human Capacity. *Current Trends in Engineering Science*, v. 3, n. 6, p. 1-5, 2023. DOI: 10.54026/CTES/1049. Disponível em: <https://www.mendeley.com/catalogue/536d8623-1dfa-3bdb-81b3-79ab8918aabf/>. Acesso em: 13 set. 2025.

SOBRE O AUTOR



Wêller Santos Goncalves

Graduado em História pela Universidade de Uberaba (2017), especialista em Ensino Religioso pela mesma instituição (2019) e licenciado em Pedagogia pela Universidade Única de Ipatinga (2023). Atualmente, cursa o Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica (ProfEPT) em Uberaba, Minas Gerais, e atua como professor de Ciências Humanas na Prefeitura Municipal de Uberlândia. Possui mais de 10 anos de experiência profissional como Analista no Network Operations Center (NOC) e Service Desk da Algar Tech (2007-2017), tendo desempenhado atividades de monitoramento de redes, suporte técnico e resolução de incidentes em sistemas de tecnologia da informação.

Na era da inteligência artificial, o avanço é exponencial – mas para quem? Data centers consomem energia de nações inteiras, enquanto países do Sul Global fornecem recursos vitais sem colher os frutos. Decolonizando a Inteligência Artificial: Volume 1 – Energia e Soberania no Sul Global revela esse paradoxo: a IA não é mero código, mas ferramenta para soberania tecnológica, onde legados coloniais cedem espaço a inovações locais.

De Coatlicue, mãe da América Latina, a Zumbi e Dandara, símbolos de resistência, o livro reconecta a IA a saberes ancestrais e ciclos ecológicos. Dos fundamentos energéticos intensos (Capítulo 1) ao extrativismo colonial (Capítulo 2), baterias para fluxo contínuo inspiradas na China (Capítulo 3), computação quântica como fronteira brasileira (Capítulo 4) e governança Sul-Sul (Capítulo 5), culmina em implicações éticas (Capítulo 6). Caminhos concretos para IA que restitui florestas, empodera indígenas e quilombolas, e constrói soberania nacional no Sul Global.

O autor convida: e se os países do Sul liderassem a IA, transformando energia em poder coletivo? Este volume explora o desafio energético que as IAs trouxeram e oferece ferramentas para isso. O Volume 2, sobre educação e co-criação, aprofunda – comece aqui, onde soberania ganha forma.

