

ISSN 2526-0774

HomaPublica

REVISTA INTERNACIONAL DE
**DERECHOS HUMANOS
Y EMPRESAS** 

Vol. VIII | Nº. 01 | Jan - Jul 2024

Recebido: 01.07.2024 | Aceito: 08.08.2024 | Publicado: 17.09.2024

A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL COMO FERRAMENTA PARA CONTENÇÃO DA CRISE CLIMÁTICA NO BRASIL

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS A TOOL FOR CONTAINING THE CLIMATE CRISIS IN BRAZIL

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO HERRAMIENTA PARA CONTENER LA CRISIS CLIMÁTICA EN BRASIL

Helena Nogueira Predranzini

Unicamp | Limeira, SP, Brasil | ORCID-ID 0009-0005-0680-7491

Isabella Ferraz Nishina

Unicamp | Limeira, SP, Brasil | ORCID-ID 0009-0008-4569-0929

Rafael Costa Freiria

Unicamp | Limeira, SP, Brasil | ORCID-ID 0000-0003-3993-3935

Resumo

Dada a crescente preocupação com a crise climática global e o avanço das tecnologias emergentes, este estudo analisa o potencial do uso da Inteligência artificial (IA) como ferramenta na transição para a economia de baixo carbono. O objetivo do trabalho é identificar as melhores oportunidades e aplicações da IA no contexto ambiental brasileiro, e propor recomendações para a sua implantação. Utilizando metodologia de revisão bibliográfica em bases científicas e relatórios de organizações oficiais, realizou-se um estudo no qual se adotou a premissa de que a estratégia de descarbonização ideal deve priorizar a mitigação em setores poluentes chave. A estratégia de transição para o netzero deve ser personalizada conforme características regionais, e deve respeitar as limitações de recursos. No caso do Brasil, é crucial focar na mitigação das emissões advindas do uso do solo, que representam 75% das emissões do país, bem como promover a transição energética total e a redução do consumo de recursos em todos os meios. Identificou-se como principais tecnologias promissoras: satélites inteligentes para monitoramento da legislação ambiental, softwares para alertas preditivos contra desmatamento e desastres, ferramentas de IA para gestão eficiente de energia e maximização da geração renovável, além de utilização da IA visando a otimização de processos e maior eficiência do uso de recursos. Para maximizar os benefícios dessa inovação é fundamental que se implementem políticas que regulamentem o seu uso, incentivem a tecnologia e capacitem a população para as mudanças no mercado de trabalho. A adoção da IA para fins sustentáveis não deve ser vista como uma medida isolada na contenção das mudanças climáticas, e sim uma ferramenta integrada a mudanças estruturais, como a promoção da economia circular, maior fiscalização ambiental e investimentos na restauração de ecossistemas e conscientização ambiental.

Palavras-chave

Inteligência Artificial. Mudanças Climáticas. Inovação. Netzero no Brasil.

Abstract

Given the growing concern about the global climate crisis and the advancement of emerging technologies, this study analyzes the potential of using artificial intelligence as a tool in the transition to a low-carbon economy. The objective of this work is to identify the best opportunities and applications of AI within the Brazilian environmental context and to propose recommendations for its implementation. Using a bibliographic review methodology based on scientific databases and reports from official organizations, a case study was conducted under the premise that the ideal decarbonization strategy should prioritize mitigation in key polluting sectors. The net-zero transition strategy should be tailored to regional characteristics and respect resource limitations. In the case of Brazil, it is crucial to focus on mitigating emissions from land use, which represent 75% of the country's emissions, as well as promoting total energy transition and reducing resource consumption in all areas. The main promising technologies identified include smart satellites for monitoring environmental legislation, software for predictive alerts against deforestation and disasters, AI tools for efficient energy management and

maximizing renewable generation, as well as using AI to optimize processes and improve resource efficiency. To maximize the benefits of this innovation, it is essential to implement policies that regulate its use, encourage technology, and train the population for changes in the labor market. The adoption of AI for sustainable purposes should not be seen as an isolated measure in tackling climate change but as a tool integrated into structural changes, such as promoting the circular economy, increasing environmental oversight, and investing in ecosystem restoration and environmental awareness.

Keywords

Artificial intelligence. Climate changes. Innovation. Netzero in Brazil.

Resumen

Dada la creciente preocupación por la crisis climática global y el avance de las tecnologías emergentes, este estudio analiza el potencial del uso de la inteligencia artificial como herramienta en la transición hacia una economía de bajo carbono. El objetivo del trabajo es identificar las mejores oportunidades y aplicaciones de la IA dentro del contexto ambiental brasileño y proponer recomendaciones para su implementación. Utilizando una metodología de revisión bibliográfica en bases científicas e informes de organizaciones oficiales, se realizó un estudio de caso en el cual se adoptó la premisa de que la estrategia de descarbonización ideal debe priorizar la mitigación en sectores clave contaminantes. La estrategia de transición hacia el net-zero debe ser personalizada según las características regionales y debe respetar las limitaciones de recursos. En el caso de Brasil, es crucial enfocarse en la mitigación de las emisiones derivadas del uso del suelo, que representan el 75% de las emisiones del país, así como promover la transición energética total y la reducción del consumo de recursos en todos los ámbitos. Se identificaron como principales tecnologías prometedoras: satélites inteligentes para el monitoreo de la legislación ambiental, software para alertas predictivas contra la deforestación y desastres, herramientas de IA para la gestión eficiente de la energía y la maximización de la generación renovable, además de la utilización de la IA para la optimización de procesos y una mayor eficiencia en el uso de recursos. Para maximizar los beneficios de esta innovación es fundamental implementar políticas que regulen su uso, incentiven la tecnología y capaciten a la población para los cambios en el mercado laboral. La adopción de la IA con fines sostenibles no debe verse como una medida aislada en la contención del cambio climático, sino como una herramienta integrada a cambios estructurales, como la promoción de la economía circular, una mayor fiscalización ambiental e inversiones en la restauración de ecosistemas y la concienciación ambiental.

Palabras clave

Inteligencia artificial. Cambios climáticos. Innovación. Netzero en Brasil.

1. INTRODUÇÃO

A crise climática é um dos maiores desafios enfrentados pela humanidade, exigindo soluções inovadoras para sua mitigação. Nesse cenário, a inteligência artificial emerge como uma poderosa aliada, oferecendo ferramentas avançadas para monitorar, prever e remediar mudanças ambientais com precisão sem precedentes. No Brasil, um país de vasta biodiversidade e complexidade geográfica, a adoção da IA pode ser a chave para o bom cumprimento das legislações ambientais, com o potencial de revolucionar as políticas ambientais, o modo de produção e a sustentabilidade da nossa sociedade como um todo.

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar soluções com potencial de auxiliar na transição para a economia de baixo carbono e remediar o aquecimento global. Durante a introdução será contextualizada a crise climática e serão trazidas evidências do potencial da inteligência artificial em colaborar positivamente para o desenvolvimento sustentável. Será dada ênfase especial para a mitigação da crise dentro do contexto brasileiro e os objetivos específicos do estudo são: selecionar alternativas tecnológicas levando em consideração o perfil nacional de emissões, propor recomendações para a implementação de tais alternativas, e explicitar as dificuldades e limitações que o Brasil pode encarar ao adotar a inteligência artificial como ferramenta para atingir a sustentabilidade.

As metodologias adotadas no presente trabalho foram “estudo de caso” e revisão bibliográfica. De acordo com Yin (2015) “o estudo de caso é uma investigação empírica de um

fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real, sendo que os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos”. Os estudos de caso não buscam a generalização de seus resultados, mas sim a compreensão e interpretação mais profunda dos fatos e fenômenos que o pesquisador tem pouco controle.

Durante a revisão bibliográfica foram utilizadas bases de dados científicas como Scientific Electronic Library Online (SciELO), Google Acadêmico, Web of Science, entre outros. Visando enriquecer a pesquisa, que tem caráter extremamente contemporâneo, utilizaram-se também fontes não acadêmicas como relatórios e pesquisas documentais de entidades relacionadas às mudanças climáticas, pesquisa e inovação. Foram encontradas informações valiosas em portais de organizações oficiais como a Organização das Nações Unidas (ONU), Painel intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação, Ministério da Gestão e Inovação em Serviços Públicos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Academia Brasileira de Ciência (ABC), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), entre outros.

O fenômeno a ser investigado nos próximos parágrafos é a crise climática, que é considerado por muitos o desafio mais sério do século 21, estando intrinsecamente relacionado às emissões antrópicas de gases do efeito estufa (GEEs). Atualmente, há muitos debates a respeito das consequências da presença de GEEs na atmosfera e do aquecimento global, porém uma evidência que não pode ser ignorada é o aumento da frequência de catástrofes ambientais e eventos meteorológicos extremos. Observa-se cada vez mais comum a ocorrência de ondas de calor com temperaturas letais, secas intensas, incêndios, entre outras catástrofes ambientais.

Segundo relatório realizado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas em 2023 (AR6) cerca de metade da população global vive atualmente em situações de escassez severa de água durante pelo menos um mês por ano (The Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023). Em 2021 a Organização Meteorológica Mundial e o Escritório da ONU (Organização das Nações Unidas) estimaram que entre 1971 e 2019 aproximadamente 45% de todas as mortes foram advindas de desastres naturais (World Meteorological Organization, 2021).

No Brasil, o aumento de registros de ocorrências é igualmente alarmante. Dados analisados pela Confederação Nacional dos Municípios apontam que entre 2016 e 2020, 93% dos municípios brasileiros foram atingidos por algum desastre natural que levou a um estado de emergência. No total, estima-se que 5,8 milhões de brasileiros foram diretamente afetados pelo impacto de chuvas e secas em 2023, incluindo perda de vidas, desalojamentos e perdas econômicas (Confederação Nacional de Municípios, 2023).

Dados como estes são essenciais para a compreensão do quão urgente é a situação enfrentada. Visto a crescente preocupação com o aquecimento global e seus efeitos, os países vêm firmando uma série de acordos para frear a crise climática. A principal resolução destes acordos é impedir o aquecimento de 2° C acima dos níveis pré-industriais. Tal acréscimo de temperatura aumentaria a probabilidade de o planeta atingir pontos de inflexão irreversíveis, como o colapso das camadas de gelo polares, que ocasionam o aumento do nível do mar e por consequência o aumento de desastres relacionados a enchentes, e a morte em massa dos recifes de coral, elemento importantíssimo no balanço de carbono do planeta (Eça et al., 2012).

Em âmbito nacional, os principais marcos para a redução das emissões de gases do efeito estufa foram a criação da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) em 2009, e a adesão brasileira ao Acordo de Paris em 2016. Durante o Acordo de Paris, o Brasil comprometeu-se a reduzir suas emissões em 37% até 2025 e neutralizar 100% de suas emissões até 2050. Essas metas, conhecidas como Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs), foram elaboradas a partir de uma análise detalhada das principais fontes de emissão e levam em consideração a realidade do país e o seu potencial de redução. A NDC brasileira foi estabelecida com base nos três setores responsáveis pelas maiores emissões em 2012: Mudança do Uso da Terra e Florestas; Agropecuária; e Energia (Nunes, 2022).

O objetivo da criação dessas metas é manter as prioridades do governo alinhadas aos compromissos globais de mitigação de mudanças climáticas e promoção do desenvolvimento mais sustentável. As metas brasileiras são desafiadoras, visto que, incluindo emissões totais e advindas do uso do solo, o país se encontra dentre os cinco maiores emissores de CO₂ do mundo (Ritchie et al., 2022). Isto posto, será necessária mobilização nacional e a reforma em diferentes setores para que o Brasil atinja os compromissos assumidos.

Os acordos ambientais internacionais trouxeram uma maior preocupação acerca das emissões de GEEs. Porém, os esforços ainda são insuficientes e estamos longe de restabelecer o equilíbrio atmosférico. É importante ressaltar que a dificuldade em se lidar com as mudanças climáticas é um problema sócio estrutural que afeta países de formas distintas. Nações em desenvolvimento geralmente enfrentam maiores dificuldades na implementação de políticas sustentáveis devido a fatores como a dependência de combustíveis fósseis, falta de acesso a tecnologias limpas, restrições financeiras e a necessidade de equilibrar o desenvolvimento econômico com a sustentabilidade. Para implementar medidas de descarbonização é necessário avaliar não só a disponibilidade de recursos financeiros, mas também a disponibilidade de mão de obra especializada, a aceitação da população e quais são as demais prioridades governamentais neste país.

O ponto de partida ao traçar a estratégia de descarbonização de um país deve ser a compreensão da matriz de emissões e o diagnóstico dos setores mais poluentes do local. Compreender as disparidades setoriais permite identificar ações prioritárias, o que é fundamental para guiar as estratégias individualizadas. As variações por setor são significativas com a maioria das economias com maior dependência de setores intensivos em carbono, como energia e indústria, enquanto outras podem ter uma pegada de carbono mais pronunciada na agricultura e no desmatamento, como é o caso do Brasil.

Outro aspecto decisivo para definir a estratégia com que um país remedia as mudanças climáticas são as tecnologias disponíveis. Na abertura da 76ª Assembleia Geral da ONU, em 2021, o Secretário-Geral da entidade destacou a tecnologia como um dos vetores essenciais de transformação do futuro do planeta pós-Covid-19 e discutiu o papel das tecnologias digitais na contenção do aquecimento global, dando ênfase muito maior ao uso da Inteligência Artificial (Nações Unidas Brasil, 2021).

A IA tem desempenhado um papel transformador na sociedade, influenciando diversos aspectos da vida cotidiana e reconfigurando o futuro de muitas indústrias. De acordo com John

McCarthy (1962), criador do termo inteligência artificial, a IA define-se como “a ciência e engenharia de produzir sistemas, inteligentes”, e é um campo da ciência cujo propósito é estudar, desenvolver e empregar máquinas para realizarem atividades humanas de maneira autônoma.

Pode-se citar o desenvolvimento dessa tecnologia como um dos principais fatores de mudança nas relações de trabalho. De acordo com o relatório “Future of Jobs Report” (World Economic Forum, 2023), a automação e a robótica vão tornar algumas ocupações obsoletas, em contrapartida criarão oportunidades em campos relacionados à tecnologia. No que abrange a parte ética, existem certas dificuldades relacionadas ao uso da tecnologia, tais como a violação de privacidade, vazamento de dados e manipulação de comportamentos. Entretanto, os impactos positivos da utilização dessa tecnologia são surpreendentes e a utilização dessa ferramenta pode ser o caminho mais promissor para conter a crise climática.

O estudo “Sizing the price of IA” (PricewaterhouseCoopers, 2017) encomendado pela Microsoft em 2019 teve como objetivo entender e quantificar o impacto da inteligência artificial na emissão de CO₂ e no PIB global para diferentes setores. Segundo essa pesquisa, o desenvolvimento tecnológico da IA poderá contribuir em mais de US\$15,7 trilhões para a economia global até 2030, um crescimento de cerca de 4,4% se comparado ao número atual. No âmbito ambiental, estima-se que essa tecnologia tem potencial de redução das emissões de gases de efeito estufa em até 4,0%, ou seja, uma quantidade equivalente a 2,4 Gt (bilhões de toneladas) de CO₂, que corresponde às emissões anuais da Austrália, Canadá e Japão juntos. Tal valor inclui reduções nas emissões de GEEs advindas do melhor uso da terra e preservação de florestas, otimização do consumo elétrico, descarbonização do setor de transporte entre outros.

Já o artigo “The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals” mensurou o potencial da tecnologia em facilitar o cumprimento dos objetivos de sustentabilidade estabelecidos pela ONU. De acordo com essa pesquisa, a IA pode atuar como facilitadora em 134 dos objetivos (79% dos ODSs totais). Analisando o grupo de ODS relacionados ao meio ambiente e mudanças climáticas a IA é considerada ainda mais promissora. Identificou-se que a tecnologia pode atuar como facilitadora para o atingimento de 25 dos objetivos ambientais estabelecidos, o que representa 93% das metas relacionadas ao meio ambiente e mudanças climáticas (Vinueza et al., 2020).

Dadas as evidências do potencial da IA para mitigação da crise climática e a gravidade da situação atual, faz-se urgente a regulamentação e o incentivo do uso dessa tecnologia. Durante a etapa de discussão, analisou-se o potencial da inteligência artificial para o cumprimento das NDCs dentro do cenário brasileiro, e discutiu-se exemplos de aplicação dessa tecnologia para os principais setores poluentes. Além disso, foi proposto algumas recomendações para a escolha e implementação da tecnologia em âmbito público, privado e organizacional.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 EMISSÕES NO BRASIL

Para entender o potencial da inteligência artificial no apoio da redução de emissões no Brasil, primeiramente deve-se compreender o perfil de emissões brasileiras e identificar as

melhores oportunidades de redução. O Brasil é um país marcado pelas queimadas e pelo uso pouco sustentável do solo, e ao mesmo tempo que possui uma disponibilidade privilegiada de recursos energéticos renováveis. Portanto, ao traçar um plano de redução de emissões para o país, é crucial levar em consideração essas particularidades.

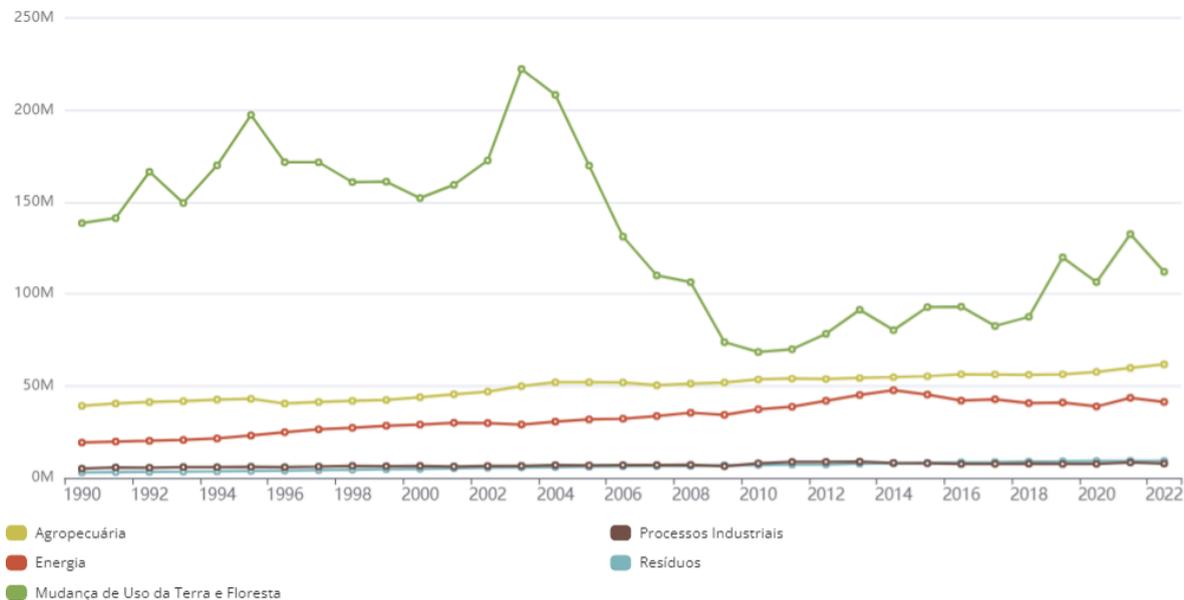


Figura 1. Emissões Totais, Divididas por Setores, no Brasil, Entre 1990 e 2022 (unidade de medida: 10* MtCO₂e). (Fonte: SEEG, 2022).

O gráfico acima, elaborado pelo projeto do Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases do Efeito Estufa, demonstra que as “Mudanças de uso da terra e floresta” e a “Agropecuária” são os setores responsáveis por levar o Brasil a estar entre os cinco maiores poluidores do mundo (SEEG, 2022). Segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), entre os anos de 2007 e 2016, a conversão de vegetação nativa para terras voltadas para agricultura no Brasil foi responsável por 41% das emissões líquidas de CO₂ do país. Em contraposição, a média global de emissões advindas do setor da agricultura, floresta e outros usos da terra é de 23% das emissões antrópicas. Ao comparar esses números percebe-se que as emissões relacionadas ao uso do solo no Brasil já ultrapassaram níveis alarmantes e devem ser endereçadas com urgência (Vital, 2018).

As queimadas atualmente representam a maior parte das emissões brasileiras, de acordo com a diretora de Ciência do IPAM e coordenadora do MapBiomassFogo, os incêndios amazônicos equivalem a cerca de 77% das emissões brasileiras por uso da terra (Garrido, 2022). Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2021), entre 2010 e 2018, a Amazônia brasileira produziu em média 870 milhões de toneladas de CO₂ por ano, equivalente às emissões anuais do Canadá. Esses dados reforçam que medidas visando preservar as florestas, evitar queimadas e monitorar o uso da terra devem ser prioridade ao planejar a transição para uma economia de baixo carbono no Brasil.

Na sequência, o terceiro setor mais poluente do país é o setor energético. Entretanto, quando comparado com os demais países, esse setor é considerado pouco poluente. O Brasil é considerado referência na geração de energia renovável, com 80% da sua matriz elétrica advinda de fontes pouco poluentes, algo positivo quando comparado com a média mundial de 15%. Por outro lado, os recursos hídricos, solares e eólicos ainda são considerados subutilizados e ainda existem muitas oportunidades de melhorias até que o país atinja a transição energética total (Ministério de Minas e Energia, 2023).

Mesmo que o Brasil reduza sua dependência de fontes de energia poluentes, ainda se faz necessário diminuir o consumo de energia no geral. De acordo com o Balanço Energético Nacional, em 2019, o total de emissões antrópicas associadas à matriz energética brasileira aumentou 0,8% em relação ao ano anterior, atingindo 419,9 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO₂eq) (Nunes, 2022). Para atingir a economia de baixo carbono, o país precisará passar por mudanças econômicas e culturais, que incluem a adoção de padrões de produção mais eficientes, substituição de combustíveis e adoção de conceitos de economia circular que minimizem o desperdício de recursos.

Segundo o relatório “Muito além de carbono neutro: a capacidade do Brasil de descarbonizar o mundo”, o Brasil tem potencial para ser o primeiro país a zerar as emissões líquidas até 2050 (Ferreira et al., 2023). Isso será possível se o país conseguir eliminar a poluição proveniente do uso do solo, o que reduziria suas emissões em 75%, e se adotar uma matriz energética 100% renovável, substituindo os combustíveis fósseis no setor de transportes, o que reduziria mais 25% das emissões. Além disso, o Brasil tem a capacidade de se tornar um dos principais capturadores de carbono do mundo, graças à extensão da floresta amazônica, à predominância de vegetação com alta taxa fotossintética e a grande variedade de espécies de algas, entre outros fatores naturais (Vital, 2018).

A baixa complexidade da redução de emissões no Brasil em comparação com outros países, aliada à sua alta capacidade de absorção de CO₂, posiciona o país como um ator chave na contenção das mudanças climáticas. Para que o Brasil alcance essa meta, é imprescindível priorizar os objetivos estabelecidos no Acordo de Paris. Nesse cenário, a inteligência artificial emerge como uma ferramenta crucial para monitorar e gerenciar esses esforços, garantindo que o Brasil não apenas reduza suas emissões, mas também se torne um líder global em descarbonização.

2.2 IA PARA O USO SUSTENTÁVEL DO SOLO E FORTALECIMENTO DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

A principal resolução das metas climáticas brasileiras acordadas em 2016 foi reduzir as emissões provenientes do uso do solo, com um enfoque especial na erradicação do desmatamento ilegal e das queimadas. Dentre os compromissos firmados destacam-se: o fortalecimento do cumprimento do Código Florestal em âmbito federal, estadual e municipal, o fortalecimento de políticas com vistas a alcançar o desmatamento ilegal zero na Amazônia até 2030, a restauração de 12 milhões de hectares de florestas até 2030 e a ampliação de sistemas de manejo sustentável de florestas nativas.

As queimadas e o desmatamento em sua maioria são atividades ilegais, portanto, a maior parte das emissões brasileiras são oriundas da não conformidade com a lei, em especial do Código

Florestal (Vital, 2018). O país enfrenta dificuldades em assegurar o cumprimento da legislação ambiental devido a uma combinação de falta de recursos para a fiscalização eficiente e conflitos de interesse. Esses aspectos, somados a dimensão continental do país e a diversidade de ecossistemas, tornam a fiscalização ambiental um grande desafio logístico. Frente a essas dificuldades, o uso da IA emerge como uma grande oportunidade para a otimização do monitoramento de regiões propensas a atividades ilegais (Borges et al., 2011).

Graças à possibilidade de analisar múltiplos bancos de dados interconectados, essa tecnologia é capaz de interpretar um grande volume de imagens em curto espaço de tempo, permitindo o monitoramento de imagens de satélites e sensores terrestres ou marítimos em larga escala. Tal ferramenta viabiliza a fiscalização em tempo real de áreas continentais, como a floresta amazônica e até mesmo os oceanos, que são pouco viáveis de fiscalizar utilizando apenas mão de obra humana.

Os softwares baseados em inteligência artificial podem ser programados para oferecer alertas preditivos a fim de combater o desmatamento ilegal, incêndios e outros desastres ambientais. Essa funcionalidade se mostra muito eficiente para evitar tendências de desertificação e deflorestamento, sendo uma ferramenta importante para o planejamento público (Vinueza et al., 2020). Pesquisas realizadas pela PWC apontam que, até 2030, a aplicação dessas ferramentas no planejamento do uso da terra e na remediação de desastres ambientais pode resultar em uma redução de mais de 160 milhões de toneladas de CO₂, permitindo um aumento na produção de alimentos e contribuindo para a proteção dos recursos naturais (PricewaterhouseCoopers, 2017).

De acordo com o mesmo relatório, a aplicação da inteligência artificial para apoiar a aplicação de leis pode salvar até 32 milhões de hectares de floresta até 2030, resultando em uma redução de 29 bilhões de toneladas de CO₂, além de proporcionar diversos benefícios ambientais indiretos, como a preservação da biodiversidade e dos recursos hídricos (PricewaterhouseCoopers, 2017). No contexto brasileiro a IA pode ser utilizada, por exemplo, para a implantação efetiva do Código Florestal tendo os CARs estaduais como base, e contribuindo para a fiscalização da legislação e preservação.

Este mecanismo está sendo aplicado no estado do Paraná, por meio do “Módulo de Análise Dinamizada do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (Sicar)” e se provou eficiente ao reduzir significativamente o desmatamento no estado. Tal ferramenta foi desenvolvida pelo Sistema Florestal Brasileiro (SFB) e utiliza IA para agilizar a emissão dos cadastros rurais e inspecionar os imóveis.

Os dados do cadastro são usados em parceria com as imagens de satélite coletadas pelo MapBiomass, e vinculada ao Observatório do Clima para monitorar as ocorrências de desmatamento ou outras atividades ilegais. Caso o sistema detecte alguma alteração na área da vegetação, o algoritmo da rede emite um alerta que depois é avaliado e confrontado com as informações indicadas no CAR. De acordo com o MapBiomass, o apoio dessa tecnologia contribuiu para que o Paraná reduzisse o desmatamento em 42% entre 2021 e 2022 (Agência Estadual de Notícias, 2023).

Outro exemplo da aplicação da IA para remediação de desmatamento no Brasil é a ferramenta PrevisIA. Tal software foi desenvolvido pela Imazon, a Microsoft e o Fundo Vale e tem como objetivo identificar áreas sob risco de desmatamento na Amazônia. A ferramenta é capaz de analisar uma série de variáveis, como topografia, mapas de calor, cobertura do solo, e estradas legais e ilegais a fim de indicar áreas mais vulneráveis. Além da elaboração de mapa de risco, a plataforma indica a área total e o número de municípios, unidades de conservação e terras indígenas sob ameaça de desmatamento na Amazônia. Como ilustrado na Figura 2, a PrevisIA possibilita a análise por estado e fornece rankings de municípios com maior probabilidade de terem áreas de floresta destruídas, auxiliando o governo na tomada de ações protetivas (Ministério Público do Estado do Pará, 2023)



Figura 2. Infográfico: Áreas sob Risco de Desmatamento PrevisIA. (Fonte: PrevisIA, 2020).

Além de representar uma oportunidade para a redução do desmatamento e queimadas, a IA pode ser implementada para tornar o setor agropecuário brasileiro mais sustentável. A agropecuária é o maior setor produtivo brasileiro, responsável por 21% de todas as riquezas produzidas, além disso, o território hoje ocupado por plantações de soja é superior à área da Itália (Embrapa, 2021). Se pastagens degradadas são fontes de emissão de carbono, pastagens bem manejadas podem colaborar para absorção de carbono da atmosfera, e a magnitude da ocupação territorial das plantações demonstra a importância da adoção de técnicas de manejo sustentáveis.

Já existem iniciativas estruturadas para tornar o setor agropecuário mais sustentável, como o Plano de Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC), lançado em 2010 pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que visa adotar tecnologias que otimizam o uso de recursos naturais e aumentam a resiliência dos sistemas. Esse plano fomenta, por exemplo, a integração lavoura-pecuária-floresta e o aumento de áreas preservadas visando minimizar emissões de carbono do setor. Entre 2010 e 2020, esse plano atingiu 54,03 milhões de hectares de CO₂eq.

Dados como esses demonstram um comprometimento crescente em tornar a agropecuária sustentável. Nesse contexto, a IA pode se tornar uma aliada ao projeto Agricultura de Baixo Carbono, tornando-se uma ferramenta norteadora para um setor mais preciso e inovado. A interpretação massiva de imagens de satélite também pode ser usada para identificar oportunidades de tornar a produção mais rentável, e permitir uma gestão mais eficiente dos recursos agrícolas. A IA utilizada no setor agropecuário tende a otimizar a alocação de terras e evita a expansão agrícola, podendo ser adotada para realizar o monitoramento da safra com alta exatidão. Sistemas que integram insights desenvolvidos por IA ao método lavoura-pecuária podem ser incorporados em conjunto a sistemas de combate a incêndio e desmatamento, de forma a garantir uma produção eficiente e sustentável (Embrapa, 2021).

A aplicação da inteligência artificial para apoiar o cumprimento das NDCs brasileiras revela-se uma estratégia promissora quando direcionada para a redução de emissões advindas do uso da terra. A adoção dessas tecnologias pode revolucionar os métodos atuais de fiscalização ambiental e o combate à crimes ambientais, e já se provou eficiente em projetos brasileiros. Exemplos práticos como os sistemas implementados no Paraná e na Amazônia, demonstram a eficácia da IA na redução do desmatamento e na identificação de áreas sob risco. Além disso, a integração da IA no setor agropecuário por meio de incentivos como o Plano ABC tem potencial de promover práticas mais sustentáveis e eficientes. Portanto, o uso da inteligência artificial não só deve fortalecer o cumprimento das leis ambientais, como também impulsiona o Brasil rumo a um desenvolvimento mais sustentável e alinhado com seus compromissos climáticos internacionais.

2.3 IA VISANDO A SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA

A sustentabilidade energética envolve a capacidade de satisfazer as necessidades energéticas atuais sem comprometer as gerações futuras, utilizando tanto fontes renováveis quanto práticas eficientes. Embora o Brasil seja considerado um país com uma matriz elétrica relativamente limpa, ainda existem muitas oportunidades de melhoria, algumas delas formalizadas no Acordo de Paris. A NDC brasileira estabelece diretrizes importantes para o setor energético até 2030, incluindo: expandir o uso de fontes renováveis (para além da energia hídrica) com uma participação de 20% a 33% na matriz total de energia; alcançar 10% de ganhos de eficiência no setor elétrico e aumentar a parcela de energias renováveis no fornecimento de energia elétrica para pelo menos 23%. Além disso, no setor industrial, a NDC prevê novos padrões de tecnologias limpas e amplia medidas de eficiência energética (Nunes, 2022). Dados esses compromissos, a IA emerge como ferramenta capaz de acelerar a transição energética e apoiar medidas que trazem eficiência energética para processos no setor industrial, empresarial a até doméstico. No que diz respeito a geração de energia renovável, o desenvolvimento da IA tende a contribuir para redes de distribuição mais eficientes e usinas geradoras de energia mais produtivas.

Essa otimização ocorre em várias etapas do processo de geração de energia, desde a previsão da geração até o gerenciamento em tempo real de usinas elétricas. A IA pode ser adotada, por exemplo, para otimizar a análise de dados meteorológicos e de históricos de geração

e o controle de condições operacionais de usinas em tempo real, podendo criar modelos inteligentes e dinâmicos que ajudam a gerar e distribuir energia de forma eficiente. Um exemplo de ferramenta emergente é o Grid Analytics da GE Digital, esse software se baseia em inteligência artificial e aprendizado de máquina e foi projetado para analisar o impacto de eventos climáticos na geração de energia renovável, podendo ser usado para prever oscilações na produção de energia e variações nas tarifas.

Com relação à otimização da operação de usinas de energia, pode-se citar algoritmos de IA que ajustam automaticamente a orientação de pás eólicas ou a angulação de placas de energia solar, visando aumentar a conversão de energia renovável. Um exemplo de empresa que investe nesse nicho é a Vestas, uma das maiores fabricantes de turbinas eólicas do mundo e que implementa sistemas de monitoramento baseados em IA para coletar e analisar dados sobre o desempenho das turbinas e identificar oportunidades de maximização da produção de energia (ABEEólica, 2020).

Mesmo que se atinja a transição energética total, ainda será necessário reduzir o consumo de energia para atingir a economia de baixo carbono, e para isso, a nossa economia e cultura deverá passar por uma série de transformações que visem a otimização do uso dos recursos naturais. Segundo o relatório “Net Zero até 2050: Um Roteiro para o Setor Global de Energia” a demanda global de energia em 2050 será cerca de 8% menor do que hoje, mas atenderá uma economia global duas vezes maior e uma população com 2 bilhões de pessoas a mais. Dito isso, é evidente a necessidade de adaptar a forma que produzimos visando o menor consumo de energia e demais recursos naturais (Microsoft, 2022).

Um exemplo do uso da IA para a otimização de processos são os softwares programados para reduzir o consumo de energia em edifícios, fábricas e infraestruturas públicas. Algoritmos avançados podem ser usados para controlar sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado de maneira eficiente, reduzindo o desperdício de energia e de emissões. Em âmbito nacional, podemos citar a empresa Vale, que utiliza IA em suas plantas de processamento para controlar automaticamente equipamentos, como britadores e peneiras. Com base em dados em tempo real sobre as condições operacionais os algoritmos ajustam as condições e reduzem o desperdício de recursos e, conseqüentemente, as emissões associadas à produção (Vale, 2020).

Outro exemplo de projeto brasileiro que visa, por meio da IA, diminuir a utilização de recursos energéticos são os semáforos inteligentes, já implementados no Rio de Janeiro. Essa tecnologia foi desenvolvida pela Google em parceria com a Companhia de Engenharia e Tráfego (CET) com o objetivo de reduzir a queima de combustíveis fósseis. Tal iniciativa se mostrou eficiente ao reduzir o tempo que os veículos ficam parados nos semáforos em até 20%, ocasionando uma redução de uso de recursos e no tempo de espera dos passageiros (Nittrans, 2016).

Os exemplos apresentados ilustram como a análise sistemática de processos pode aumentar a eficiência energética e minimizar o desperdício de recursos. Esse princípio pode ser aplicado em atividades rotineiras de diferentes setores, visando identificar a maneira mais eficiente de desempenhar funções. Operar de modo eficiente, além de trazer benefícios ambientais, também oferece vantagens financeiras ao reduzir gastos no uso de recurso.

A redução de emissões provenientes do consumo de energia é um desafio complexo que vai além da transição energética. A substituição da matriz energética e a redução do consumo energético devem ser abordadas de forma integrada, e a IA pode desempenhar um papel crucial no processo de adaptação à essas mudanças. Em resumo, a utilização da IA para a redução de emissões advindas do setor energético tem o potencial de colaborar para o cumprimento das metas climáticas estabelecidas e pode ser um diferencial essencial para alcançar a sustentabilidade energética no Brasil.

2.4 RECOMENDAÇÕES PARA INCLUSÃO DE SOLUÇÕES COM BASE EM IA NO BRASIL

Foram propostas soluções baseadas em Inteligência Artificial que podem auxiliar o Brasil a atingir a economia carbono neutro. Para implementar tais medidas recomenda-se principalmente a difusão da IA no Brasil e conscientização dos seus benefícios, quando utilizada de maneira ética. Para que isso ocorra é essencial que o país adapte a legislação vigente e desenvolva políticas que incentivem e regulamentem o uso responsável da inteligência artificial. Além disso, é crucial criar programas de capacitação em tecnologias emergentes, dado que o Brasil carece de mão de obra especializada em IA.

O Brasil não está estagnado quando se trata de regulamentação da IA, entretanto, muitos avanços ainda precisam ser atingidos. Em 2021 foi concretizada a Frente Parlamentar Mista da Inteligência Artificial no Brasil e está em processo o Projeto de Lei 759/23 que delibera ao Poder Executivo a definição de uma Política Nacional de Inteligência Artificial. A proposta tem como objetivo colocar a tecnologia dentro dos princípios de transparência, segurança, confiabilidade, proteção da privacidade dos dados pessoais e do direito autoral. O país também avançou ao optar por entrar para a Parceria Global em Inteligência Artificial (GPAI), grupo no qual diversas partes interessadas de todo o mundo visam entender, regulamentar e apoiar pesquisas em IA (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2023).

No entanto, é importante ressaltar que ainda há muito a ser feito e que os desafios de implementação da IA no Brasil vão além dos aspectos regulatórios. Uma análise realizada pela Academia Brasileira de Ciências (ABC) em 2023 destaca a dependência do país de soluções de IA desenvolvidas no exterior devido à falta de domínio amplo dos Modelos de Linguagem de Grande Escala, que são essenciais para a análise de resultados e suas implicações. Portanto, é imprescindível que o país desenvolva capacidades internas para dominar e aplicar de maneira eficaz essa tecnologia.

Hoje, o Brasil está posicionado em 35º no ranking global de desenvolvimento de IA, de acordo com o The Global AI Index de 2023, e enfrenta desafios significativos para expandir o uso dessa tecnologia. Um dos principais problemas é a escassez de profissionais qualificados, decorrente da falta de acesso à educação especializada e da valorização insuficiente desse setor. Sem investimentos adequados em educação, pesquisa, desenvolvimento e melhores condições de trabalho, o Brasil corre o risco de ficar para trás em um cenário cada vez mais dominado pela IA (Academia Brasileira de Ciências, 2023).

Atualmente, nações tecnologicamente avançadas, como os Estados Unidos, China e alguns países europeus, concentram a maior parte dos pesquisadores e recursos dedicados à IA. O

Estados Unidos lidera o ranking, com cerca de 60% dos principais pesquisadores de IA, seguido pela China, com 11%. Em outras palavras, apenas 2 países concentram mais de 70% dos recursos globais dedicados ao desenvolvimento da IA. Essa disparidade ressalta a importância da cooperação internacional, de forma que os países desenvolvidos desempenhem um papel ativo no apoio e capacitação das nações em desenvolvimento como o Brasil (Academia Brasileira de Ciências, 2023)

Uma pesquisa do Fórum Econômico Mundial aponta que cerca de 42% dos empregos no mundo exigirão requalificação nos próximos anos devido à automação e à introdução de novas tecnologias, incluindo a IA. Aproximadamente 54% dos trabalhadores precisarão desenvolver novas habilidades, com diferentes níveis de treinamento necessários. As competências relacionadas à IA estão entre as que mais crescem, como evidenciado pelo aumento de 190% no registro de competências relacionadas a tecnologia no LinkedIn entre 2015 e 2017 (World Economic Forum, 2023). Será observada uma grande mudança na forma de trabalho e nas profissões existentes durante as próximas décadas. Dito isso, é fundamental que governos, instituições educativas e empregadores desenvolvam programas de treinamento eficazes para preparar a força de trabalho para o futuro.

Existem algumas iniciativas de inclusão digital na educação no Brasil, mas ainda há muitas oportunidades para fortalecer essas estratégias. Em 2021, o país assinou um acordo com o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) para receber um investimento de US\$2 bilhões em inclusão digital. Entre os programas brasileiros que se destacam na inclusão digital e capacitação tecnológica está o Programa Nacional de Tecnologia Educacional (Proinfo), que promove o uso da tecnologia como ferramenta pedagógica no ensino público. Pode-se citar também o Programa Cidades Digitais, que visa modernizar a gestão, ampliar o acesso aos serviços públicos e promover o desenvolvimento dos municípios por meio da tecnologia (Ministério das Comunicações, 2020). Apesar dessas iniciativas, o Brasil ainda enfrenta disparidades regionais significativas. Assim, recomenda-se que o governo desempenhe um papel mais ativo na formulação de políticas públicas, desenvolvimento de infraestrutura tecnológica e oferta de cursos para especialização de forma acessível e igualitária.

A implementação de medidas eficazes para a descarbonização no Brasil também depende da escolha adequada das tecnologias empregadas. Tecnologias bem escolhidas podem otimizar recursos, aumentar a eficiência e maximizar a redução de emissões. Prioritariamente, recomenda-se a expansão da adoção de soluções já testadas no país, como os alertas preditivos contra incêndio e desmatamento, faróis inteligentes e monitoramento de Cadastro Ambiental Rural por meio de IA. Tais medidas se mostraram eficientes em âmbito regional e poderiam ser replicadas em escala nacional. Além disso, sugere-se a escolha de tecnologias já testadas e comprovadas eficientes em países com perfis semelhantes ao do Brasil, essas poderiam ser adaptadas às condições locais, garantindo maior assertividade e previsibilidade na escolha.

A seleção da tecnologia de descarbonização deve ser adequada ao contexto em que será aplicada, pautando-se em critérios claros, objetivos e mensuráveis. Isso significa considerar as particularidades do setor ou região onde a tecnologia será implementada, levando em consideração custo-benefício, disponibilidade de infraestrutura e a realidade local.

O projeto “Avaliação das Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil”, desenvolvido pelo Ministério da Ciência, usa uma metodologia sistemática que pode ser replicada em diferentes contextos, incluindo empresas, municípios, instituições e eco bairros (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2021). Este método é dividido em três etapas principais:

- i) Pré-seleção das tecnologias;
- ii) Análise multicritério;
- iii) Priorização de tecnologias.

Uma visão ampla do procedimento metodológico é apresentada na figura abaixo:

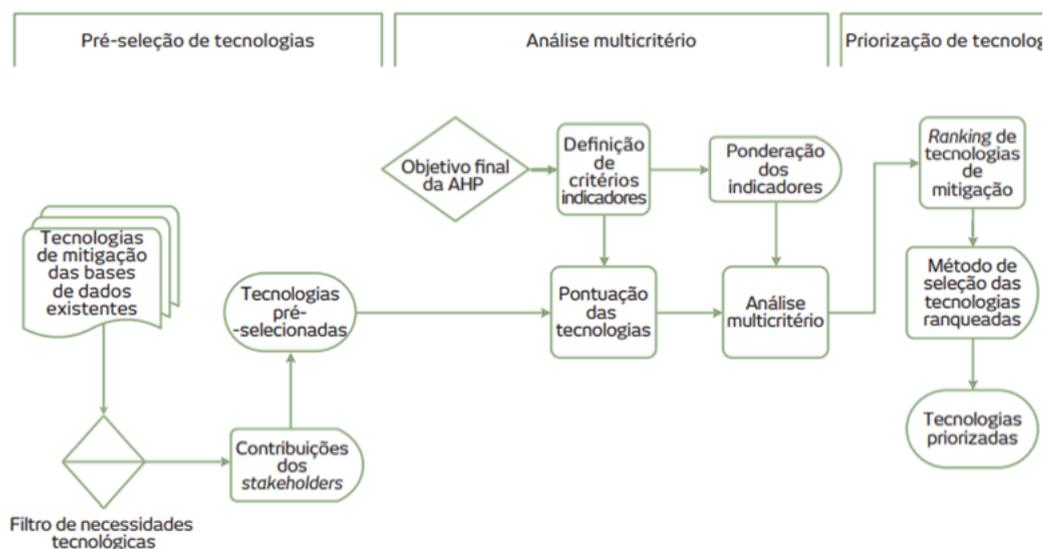


Figura 33. Fluxograma de Procedimento Metodológico para Seleção de Tecnologia de Mitigação Ideal. (Fonte: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2021).

Na primeira etapa dessa metodologia realiza-se a pré-seleção das tecnologias disponíveis, definindo o escopo da análise e identificando as opções mais promissoras. Isso envolve uma avaliação das características técnicas e viabilidade de implementação de cada alternativa, considerando as necessidades específicas de cada cenário. A partir dessa seleção inicial, é possível direcionar os esforços para analisar as tecnologias mais adequadas.

Na segunda etapa avalia-se detalhadamente as alternativas pré-selecionadas, considerando diferentes critérios e prioridades. A utilização de uma estrutura hierárquica facilita a organização e o entendimento das relações entre os critérios em avaliação, permitindo aos responsáveis uma visão clara das interações e concessões envolvidas ao tomar decisões estratégicas. Assim, é possível atribuir notas e pesos diferentes aos critérios de forma sistemática e objetiva, chegando a uma decisão que melhor atenda aos objetivos estabelecidos.

Na última etapa são priorizadas as tecnologias com base nos resultados da análise anterior. Essa etapa garante que as tecnologias mais eficazes e viáveis sejam implementadas prioritariamente, de acordo com os recursos e as necessidades locais (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2021).

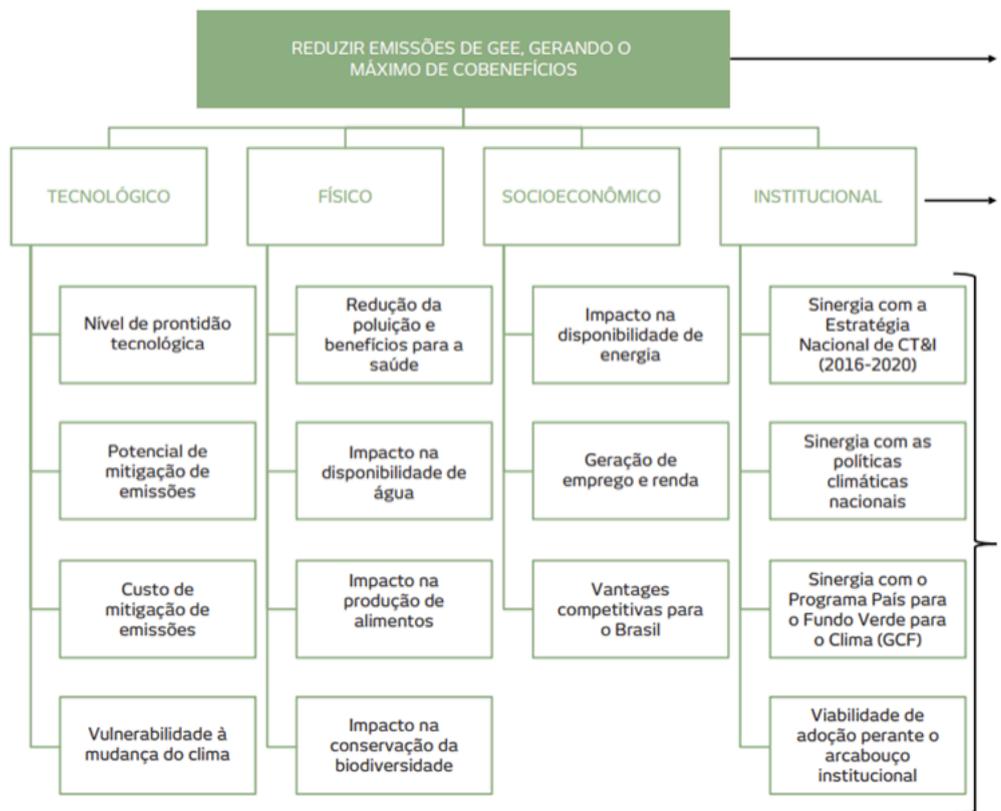


Figura 44. Fluxograma de Critérios. (Fonte: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2021).

É importante ressaltar que por mais que o governo seja o responsável pela implementação de políticas públicas, também é fundamental que empresas e indústrias se adaptem para apoiar os compromissos firmados na Conferência de Paris. O aquecimento global é um desafio extremamente complexo e é necessário o esforço e colaboração de todos os atores sociais. A metodologia apresentada foi desenvolvida pelo governo brasileiro, mas pode ser aplicada por qualquer ente que deseje adotar uma solução sustentável. Em conclusão, ter uma metodologia clara para a escolha de tecnologias de descarbonização é a chave para uma medida bem implementada. Além disso, a colaboração e a troca de experiências entre os países de diferentes níveis de desenvolvimento enriquecem os esforços de descarbonização global, permitindo a aprendizagem mútua, o compartilhamento de boas práticas e a construção de parcerias estratégicas para enfrentar desafios comuns.

3. CONCLUSÃO

Ao compreender o potencial da inteligência artificial como ferramenta para a mitigação das mudanças climáticas conclui-se que a adoção dessa tecnologia pode representar um grande diferencial para países comprometidos com a remediação da crise. Os exemplos mencionados mostram que a IA pode atuar como facilitadora nas principais metas climáticas acordadas, como o fortalecimento de políticas públicas e medidas visando alcançar até 2030: o desmatamento ilegal zero na Amazônia, a restauração de 12 milhões de hectares de florestas, 10% de ganhos de eficiência no setor elétrico, além de aumentar em 23% a parcela de energias renováveis no

fornecimento de energia elétrica. Neste contexto, vê-se necessário estimular e regularizar a utilização da IA, para que os benefícios sejam maximizados e os riscos minimizados.

Ao reconhecer essa oportunidade, recomenda-se a adoção de soluções que priorizem a redução de emissões em setores críticos e enfrentem os desafios ambientais chave do país. No contexto brasileiro, a inteligência artificial deve ser vista como uma oportunidade de redução de emissões nos setores mais poluentes, como o setor do uso do solo, agropecuário e o energético. Destaca-se como prioridade máxima a prevenção de queimadas, que e do desmatamento ilegal, situações em que a IA pode ser implementada para monitorar áreas vulneráveis por meio de imagens de satélite e sistemas de vigilância inteligentes, permitindo uma resposta rápida para conter atividades clandestinas ou acidentes. Dessa forma, áreas com dimensões continentais como a floresta amazônica, cuja fiscalização por métodos tradicionais é pouco factível, poderão ser vistoriadas de forma massiva e inteligente. Além disso, recomenda-se a incorporação da IA na agricultura de precisão, visando otimizar o uso do solo, reduzir a necessidade de expansão agrícola em áreas de floresta e tornar a produção mais sustentável.

No setor energético, a IA poderá desempenhar um papel crucial na maximização da geração de energia renovável, e pode ser considerada uma aceleradora para a transição energética total. Recomenda-se a utilização dessa tecnologia durante o planejamento urbano e destaca-se sua relevância para a otimização do sistema de distribuição de energia. Outro destaque importante é a grande capacidade de análise de dados da IA que viabiliza a otimização dos processos industriais e empresariais. A análise sistemática da cadeia produtiva de diferentes setores traz como resultado maior eficiência energética e minimização de desperdícios de recursos.

As soluções apresentadas nesse estudo são reais, plausíveis e já foram implementadas no Brasil ou em outros países. Apesar da aplicabilidade das soluções, também deve-se assumir as limitações da metodologia de Yin. A IA é um tema extremamente contemporâneo, e no mundo da inovação qualquer descoberta pode mudar completamente a direção dos avanços tecnológicos. A natureza dinâmica e incerta dos temas abordados pode fazer com que as informações analisadas rapidamente se tornem obsoletas, restringindo a aplicabilidade dos resultados a longo prazo. A profundidade do estudo também pode representar uma limitação, pois embora forneça insights detalhados sobre o contexto brasileiro, não é capaz de capturar todas as variáveis sociais econômicas e políticas que influenciam o tema.

Para que tais inovações sejam implementadas é necessária uma priorização geral da agenda nacional, o que requer ações coordenadas e colaborativas entre o Brasil e demais países focados na contenção da crise climática. Um dos principais desafios será a necessidade de adaptar a legislação e capacitar a população para as novas demandas do mercado de trabalho. Internamente, será necessário priorizar políticas e investimentos para alinhar a agenda nacional com os objetivos de redução de emissões e sustentabilidade globais. Também será fundamental promover uma maior união de esforços entre os estados brasileiros, já que o país possui uma diversidade socioeconômica significativa, o que requer abordagens adaptadas às realidades locais.

A curto prazo é fundamental que o governo promova programas de capacitação em tecnologia que sejam eficientes e acessíveis, possibilitando que os trabalhadores brasileiros

estejam preparados para os empregos do futuro. A médio prazo pode-se citar a necessidade de concessão de incentivos fiscais e orientação para empresas e organizações que querem adotar tecnologias IA para fins sustentáveis. Já a longo prazo espera-se que a IA esteja difundida na estratégia sustentável do país, auxiliando na resolução de problemas ambientais no setor público e privado. É muito importante que a população e o governo tenham uma mentalidade de adaptação constante às mudanças, e aproveitem ao máximo as oportunidades tecnológicas que surgirão nas próximas décadas.

De maneira geral, é fundamental compreender que a adoção da Inteligência Artificial não deve ser vista como uma solução isolada. Além das tecnologias emergentes, é necessário adotar medidas estruturais que abordem os desafios sistêmicos subjacentes. Isso inclui uma reestruturação profunda do modelo econômico, com foco no melhor aproveitamento de recursos e na promoção dos conceitos de economia circular. É igualmente importante a proteção e restauração de ecossistemas responsáveis por absorver carbono e retomar o equilíbrio atmosférico. Além disso, é imprescindível que haja investimentos em educação ambiental, visando conscientizar a população sobre a urgência da situação e garantir o apoio das medidas adotadas.

Em conclusão, o Brasil possui um papel fundamental na transição global para uma economia de baixo carbono, e a IA deve ser vista como uma ferramenta catalisadora durante esse processo. Essa transição requer uma abordagem que combina o uso de tecnologias emergentes com medidas estruturais e tende a esbarrar em fortes desafios sociais. Entretanto, por meio da priorização de uma abordagem inovadora e integrada, o Brasil tem a possibilidade de enfrentar a crise climática de forma eficaz e de tornar-se um dos países símbolo durante a transição para a economia de baixo carbono.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | REFERENCES | REFERENCIAS

- ABEEólica. (2020, 6 de agosto). Vestas é a primeira fabricante a alcançar 100 GW de turbinas eólicas em operação e manutenção. ABEEólica. Acesso em 24 de abril de 2024: <https://abeeolica.org.br/vestas-e-a-primeira-fabricante-a-alcancar-100-gw-deturbinas-eolicas-em-operacao-e-manutencao/>.
- Academia Brasileira de Ciências. (2023). Recomendações para o avanço da inteligência artificial no Brasil: GT-IA da Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências.
- Embrapa. (2021, 28 de setembro). Monitoramento remoto irá mapear a intensificação sustentável da agricultura brasileira. Embrapa. Acesso em 24 de abril de 2024: <https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/busca-de-25-noticias/-/noticia/65083648/monitoramento-remoto-ira-mapear-a-intensificacaosustentavel-da-agricultura-brasileira>.
- Eça, G. F., Mendonça Filho, C. V. S., Hatje, V., & Santos, W. P. C. (2012). Corais como organismos biomonitoradores: aplicação, pré-tratamento e determinação de elementos majoritários e minoritários. *Química Nova*, 35(3), p. 581–592. <https://doi.org/10.1590/s0100-40422012000300026>
- Ferreira, N., Fiorini, R., Fantoni, R., Gurlit, W., Fava, F., Guillaumon, J., et al. (2023, 15 de setembro). Muito além do carbono neutro: a grande oportunidade do Brasil para descarbonizar o mundo. McKinsey & Company. Acesso em 24 de abril de 2024:

https://beyondnetzero.mckinsey.com/?utm_medium=DSMN8&%3Butm_source=LinkedIn&%3Butm_user=14419233733425220.

Garrido, BA. (2022, 14 de novembro). Brasil pode ser primeiro a zerar emissões líquidas, afirmam pesquisadores. IPAM. Acesso em 24 de abril de 2024: <https://ipam.org.br/brasil-pode-ser-primeiro-a-zerar-emissoes-liquidas-afirmampesquisadores/>.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2021, 14 de julho). Estudo liderado por pesquisadora do INPE/MCTI mostra que a Amazônia passou a ser fonte de carbono devido às queimadas, ao desmatamento e as mudanças climáticas. INPE. Acesso em 24 de abril de 2024: [http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5876#:~:text=O%20balan%C3%A7o%20de%20carbono%20\(saldo,de%200%2C87%20bilh%C3%B5es%20de](http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5876#:~:text=O%20balan%C3%A7o%20de%20carbono%20(saldo,de%200%2C87%20bilh%C3%B5es%20de).

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. (2021, 10 de agosto). Avaliação das Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Acesso em 24 de abril de 2024: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/cgcl/paginas/avaliacao-dasnecessidades-tecnologicas-para-implementacao-de-planos-de-acao-climatica-nobrasil>.

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. (2023, 31 de janeiro). Cooperação Internacional em Inteligência Artificial. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Acesso em 24 de abril de 2024: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-omcti/transformacaodigital/cooperacao_internacional_inteligencia_artificial. Ministério das Comunicações. (2020, 23 de novembro). Cidades Digitais.

Ministério das Comunicações. Acesso em 24 de abril de 2024: <https://www.gov.br/mcom/ptbr/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/programas-projetos-acoes-obras-eatividades/cidades-digitais>.

Ministério Público do Estado do Pará. (2023, 6 de junho). MPPA e Imazon apresentam ferramenta que utiliza inteligência artificial para identificar áreas sob risco de desmatamento. Ministério Público do Estado do Pará. Acesso em 24 de abril de 2024: <https://www2.mppa.mp.br/noticias/mppa-e-imazon-apresentam-ferramenta-que-utiliza-inteligencia-artificial-para-identificar-areas-sob-risco-de-desmatamento.htm>. Microsoft. (2022, 30 de março). Como uma das maiores empresas eólicas do mundo está usando a IA para capturar mais energia.

Microsoft. Acesso em 24 de abril de 2024: <https://news.microsoft.com/pt-br/como-uma-das-maiores-empresas-eolicas-domundo-esta-usando-a-ia-para-capturar-mais-energia/>.

Nações Unidas Brasil. (2021, 21 de setembro). Discurso do Secretário-Geral da ONU à Assembleia Geral. Nações Unidas Brasil. Acesso em 24 de abril de 2024: <https://brasil.un.org/pt-br/145385-discurso-do-secret%C3%A1rio-geral-da-onu-%C3%A0-assembleia-geral-%E2%80%93-21-de-setembro-de-2021>.

Nittrans. (2016, 28 de setembro). Sinais inteligentes já em funcionamento em Niterói: Equipamentos estão instalados no Centro e no Largo da Batalha. Nittrans. Acesso em 24 de abril de 2024: <https://nittrans.niteroi.rj.gov.br/sinais-inteligentes-j-emfuncionamento>.

Nunes, M. S. (2022). O Brasil no Acordo de Paris sobre Mudanças Climáticas um estudo sobre o cumprimento das metas de redução de emissões no setor de energia. In Nunes, M. S. (Org.), Estudos em direito ambiental: Desenvolvimento, desastres e regulação (p. 1-46). Campina Grande: Editora Licuri. <https://doi.org/10.58203/Licuri.8384>

PricewaterhouseCoopers. (2017). Sizing the prize: What's the real value of AI for your business and how can you capitalize? London: PwC. Acesso em 24 de abril de 2024: <https://www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis-sizingthe-prize-report.pdf>.

- Projeto de Lei nº 759, de 2023. (2023, 1 de março). Regulamenta os sistemas de Inteligência Artificial, e dá outras providências. Câmara dos Deputados. Acesso em 24 de abril de 2024: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=2262557.
- Resolução Normativa nº 375, de 28 agosto de 2009. (2009, 28 de agosto). Regulamenta a utilização das instalações de distribuição de energia elétrica, como meio de transporte, para a comunicação digital ou analógica de sinais. Agência Nacional de Energia Elétrica. Acesso em 24 de abril de 2024: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2009375.pdf>.
- Ritchie, H., Rosado, P. & Roser, M. (2023, 26 de setembro). Per capita, national, historical: how do countries compare on CO2 metrics? There are many ways to measure countries' contributions to climate change. What do they tell us? Our World In Data. Acesso em 11 de dezembro de 2023: <https://ourworldindata.org/co2-emissions-metrics>.
- The Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023. IPCC. Acesso em 18 de outubro de 2023: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>.
- Vale. (2020, 7 de janeiro). Inteligência artificial auxilia nas metas de sustentabilidade até segurança. Vale. Acesso em 24 de abril: <https://vale.com/pt/w/artificialintelligence-assists-in-sustainability-goals-up-to-safety>.
- Vinuesa, R., Azizpour, H., Leite, I., Balaam, M., Dignum, V., Domisch, S., et al. (2020). The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. *Nature Communications*, 11 (233), p. 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14108-y>
- Vital, M. H. F. (2018). Aquecimento global: Acordos internacionais, emissões de CO2 e o surgimento dos mercados de carbono no mundo. *BNDES Setorial*, 24(48), p. 167- 244.
- World Economic Forum. (2023). Future of Jobs Report 2023: Insight Report May 2023. Geneva: World Economic Forum. Acesso em 24 de abril de 2024: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2023.pdf.
- World Meteorological Organization. (2021). WMO Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes (1970–2019). Geneva: WMO. Acesso em 20 de maio de 2024: <https://library.wmo.int/records/item/57564-wmo-atlas-ofmortality-and-economic-losses-from-weather-climate-and-water-extremes-1970-2019>.
- Yin, RK. (2015). Estudo de caso: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman.

Helena Nogueira Predranzini

Graduanda em Engenharia Ambiental da FT/Unicamp

<http://lattes.cnpq.br/3867776179433045>

E-mail hpdranzini@gmail.com

Isabella Ferraz Nishina

Graduanda em Engenharia Ambiental da FT/Unicamp

<http://lattes.cnpq.br/4184631246351008>

E-mail ferraznishina@gmail.com,

Rafael Costa Freiria

Professor Doutor da FT/Unicamp

<http://lattes.cnpq.br/9073019243607999>

E-mail rafaelcf@unicamp.br

Instagram & Twitter | @HomaPublicaDHE
periodicos.ufjf.br/index.php/homa/