

**VI CONGRESSO INTERNACIONAL DE
DIREITO E INTELIGÊNCIA
ARTIFICIAL (VI CIDIA)**

EMPRESA, TECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE

E55

Empresa, tecnologia e sustentabilidade [Recurso eletrônico on-line] organização VI Congresso Internacional de Direito e Inteligência Artificial (VI CIDIA): Skema Business School – Belo Horizonte;

Coordenadores: Marcia Andrea Bühring, Ana Cláudia Redecker e Maraluce Maria Custódio – Belo Horizonte: Skema Business School, 2025.

Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-5274-358-9

Modo de acesso: www.conpedi.org.br em publicações

Tema: Perspectivas globais para a regulação da inteligência artificial.

1. Responsabilidade social. 2. Tecnologias verdes. 3. Governança corporativa. I. VI Congresso Internacional de Direito e Inteligência Artificial (1:2025 : Belo Horizonte, MG).

CDU: 34

skema
BUSINESS SCHOOL

LAW SCHOOL
FOR BUSINESS

VI CONGRESSO INTERNACIONAL DE DIREITO E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (VI CIDIA)

EMPRESA, TECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE

Apresentação

A SKEMA Business School é uma organização francesa sem fins lucrativos, com presença em sete países diferentes ao redor do mundo (França, EUA, China, Brasil, Emirados Árabes Unidos, África do Sul e Canadá) e detentora de três prestigiadas creditações internacionais (AMBA, EQUIS e AACSB), refletindo seu compromisso com a pesquisa de alta qualidade na economia do conhecimento. A SKEMA reconhece que, em um mundo cada vez mais digital, é essencial adotar uma abordagem transdisciplinar.

Cumprindo esse propósito, o VI Congresso Internacional de Direito e Inteligência Artificial (VI CIDIA), realizado nos dias 18 e 19 de setembro de 2025, em formato híbrido, manteve-se como o principal evento acadêmico sediado no Brasil com o propósito de fomentar ricas discussões sobre as diversas interseções entre o direito e a inteligência artificial. O evento, que teve como tema central a "Regulação da Inteligência Artificial", contou com a presença de renomados especialistas nacionais e internacionais, que abordaram temas de relevância crescente no cenário jurídico contemporâneo.

Profissionais e estudantes dos cursos de Direito, Administração, Economia, Ciência de Dados, Ciência da Computação, entre outros, tiveram a oportunidade de se conectar e compartilhar conhecimentos, promovendo um ambiente de rica troca intelectual. O VI CIDIA contou com a participação de acadêmicos e profissionais provenientes de diversas regiões do Brasil e do exterior. Entre os estados brasileiros representados, estavam: Alagoas (AL), Bahia (BA), Ceará (CE), Goiás (GO), Maranhão (MA), Mato Grosso do Sul (MS), Minas Gerais (MG), Pará (PA), Paraíba (PB), Paraná (PR), Pernambuco (PE), Piauí (PI), Rio de Janeiro

Foram discutidos assuntos variados, desde a própria regulação da inteligência artificial, eixo central do evento, até as novas perspectivas de negócios e inovação, destacando como os algoritmos estão remodelando setores tradicionais e impulsionando a criação de empresas inovadoras. Com uma programação abrangente, o congresso proporcionou um espaço vital para discutir os desafios e oportunidades que emergem com o desenvolvimento algorítmico, reforçando a importância de uma abordagem jurídica e ética robusta nesse contexto em constante evolução.

A programação teve início às 13h, com o check-in dos participantes e o aquecimento do público presente. Às 13h30, a abertura oficial foi conduzida pela Prof.^a Dr.^a Geneviève Poulingue, que, em sua fala de boas-vindas, destacou a relevância do congresso para a agenda global de inovação e o papel da SKEMA Brasil como ponte entre a academia e o setor produtivo.

Em seguida, às 14h, ocorreu um dos momentos mais aguardados: a Keynote Lecture do Prof. Dr. Ryan Calo, renomado especialista internacional em direito e tecnologia e professor da University of Washington. Em uma conferência instigante, o professor explorou os desafios metodológicos da regulação da inteligência artificial, trazendo exemplos de sua atuação junto ao Senado dos Estados Unidos e ao Bundestag alemão.

A palestra foi seguida por uma sessão de comentários e análise crítica conduzida pelo Prof. Dr. José Luiz de Moura Faleiros Júnior, que contextualizou as reflexões de Calo para a realidade brasileira e fomentou o debate com o público. O primeiro dia foi encerrado às 14h50 com as considerações finais, deixando os participantes inspirados para as discussões do dia seguinte.

As atividades do segundo dia tiveram início cedo, com o check-in às 7h30. Às 8h20, a Prof.^a Dr.^a Margherita Pagani abriu a programação matinal com a conferência Unlocking Business

Após um breve e merecido coffee break às 9h40, os participantes retornaram para uma manhã de intensas reflexões. Às 10h30, o pesquisador Prof. Dr. Steve Ataky apresentou a conferência Regulatory Perspectives on AI, compartilhando avanços e desafios no campo da regulação técnica e ética da inteligência artificial a partir de uma perspectiva global.

Encerrando o ciclo de palestras, às 11h10, o Prof. Dr. Filipe Medon trouxe ao público uma análise profunda sobre o cenário brasileiro, com a palestra AI Regulation in Brazil. Sua exposição percorreu desde a criação do Marco Legal da Inteligência Artificial até os desafios atuais para sua implementação, envolvendo aspectos legislativos, econômicos e sociais.

Nas tardes dos dois dias, foram realizados grupos de trabalho que contaram com a apresentação de cerca de 60 trabalhos acadêmicos relacionados à temática do evento. Com isso, o evento foi encerrado, após intensas discussões e troca de ideias que estabeleceram um panorama abrangente das tendências e desafios da inteligência artificial em nível global.

Os GTs tiveram os seguintes eixos de discussão, sob coordenação de renomados especialistas nos respectivos campos de pesquisa:

a) Startups e Empreendedorismo de Base Tecnológica – Coordenado por Allan Fuezi de Moura Barbosa, Laurence Duarte Araújo Pereira, Cildo Giolo Júnior, Maria Cláudia Viana Hissa Dias do Vale Gangana e Yago Oliveira

b) Jurimetria Cibernética Jurídica e Ciência de Dados – Coordenado por Arthur Salles de Paula Moreira, Gabriel Ribeiro de Lima, Isabela Campos Vidigal Martins, João Victor Doreto e Tales Calaza

c) Decisões Automatizadas e Gestão Empresarial / Algoritmos, Modelos de Linguagem e Propriedade Intelectual – Coordenado por Alisson Jose Maia Melo, Guilherme Mucelin e

f) Regulação da Inteligência Artificial – III – Coordenado por Ana Júlia Silva Alves Guimarães, Erick Hitoshi Guimarães Makiya, Jessica Fernandes Rocha, João Alexandre Silva Alves Guimarães e Luiz Felipe Vieira de Siqueira

g) Inteligência Artificial, Mercados Globais e Contratos – Coordenado por Gustavo da Silva Melo, Rodrigo Gugliara e Vitor Ottoboni Pavan

h) Privacidade, Proteção de Dados Pessoais e Negócios Inovadores – I – Coordenado por Dineia Anziliero Dal Pizzol, Evaldo Osorio Hackmann, Gabriel Fraga Hamester, Guilherme Mucelin e Guilherme Spillari Costa

i) Privacidade, Proteção de Dados Pessoais e Negócios Inovadores – II – Coordenado por Alexandre Schmitt da Silva Mello, Lorenzo Antonini Itabaiana, Marcelo Fonseca Santos, Mariana de Moraes Palmeira e Pietra Daneluzzi Quinelato

j) Empresa, Tecnologia e Sustentabilidade – Coordenado por Marcia Andrea Bühring, Ana Cláudia Redecker, Jessica Mello Tahim e Maraluce Maria Custódio.

Cada GT proporcionou um espaço de diálogo e troca de experiências entre pesquisadores e profissionais, contribuindo para o avanço das discussões sobre a aplicação da inteligência artificial no direito e em outros campos relacionados.

Um sucesso desse porte não seria possível sem o apoio institucional do Conselho Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Direito - CONPEDI, que desde a primeira edição do evento provê uma parceria sólida e indispensável ao seu sucesso. A colaboração contínua do CONPEDI tem sido fundamental para a organização e realização deste congresso, assegurando a qualidade e a relevância dos debates promovidos.

Reitora – SKEMA Business School - Campus Belo Horizonte

Prof. Ms. Dorival Guimarães Pereira Júnior

Coordenador do Curso de Direito – SKEMA Law School

Prof. Dr. José Luiz de Moura Faleiros Júnior

Coordenador de Pesquisa – SKEMA Law School

A REDUÇÃO DE EMISSÃO DE CO₂ E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: A TECNOLOGIA EM PROL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DOS CRÉDITOS DE CARBONO NA AMAZÔNIA

CO EMISSIONS REDUCTION AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT: TECHNOLOGY FOR ENERGY EFFICIENCY AND CARBON CREDITS IN THE AMAZONIA

Simara Aparecida Ribeiro Januário ¹
Edvania Antunes Da Silva ²

Resumo

A crescente preocupação com as mudanças climáticas e o esgotamento dos recursos naturais tem impulsionado a busca por soluções tecnológicas voltadas à eficiência energética. Nesse contexto, a Amazônia exerce papel estratégico na regulação do clima global por sua capacidade de estocar carbono, sendo considerada um dos maiores sumidouros de CO do planeta. No contexto da crise climática, os mecanismos de mercado como os créditos de carbono despontam como instrumentos fundamentais para incentivar a conservação florestal e a redução das emissões de gases de efeito estufa. Dessa forma, o objetivo desse artigo é analisar como a tecnologia pode ser aplicada à gestão eficiente de recursos naturais e ao monitoramento de emissões, fortalecendo iniciativas de créditos de carbono baseadas na floresta em pé. O problema que essa pesquisa apresenta é compreender se o potencial dos ativos ambientais da Amazônia pode abrir caminhos para o desenvolvimento sustentável da região, alinhando inovação tecnológica, valorização dos serviços ecossistêmicos e justiça climática. O marco teórico são as concepções de Duarte, Tupiassu e Cruz em “O mercado de carbono na política de mitigação das mudanças climáticas” (2020) e metodologia utilizada foi a hipotético-intuitiva a partir da análise documental de textos bibliográficos consultados como fontes secundárias.

Palavras-chave: Amazônia, Créditos de carbono, Redução de co, Eficiência energética, Tecnologia ambiental

scenario, market mechanisms such as carbon credits emerge as fundamental instruments to encourage forest conservation and the reduction of greenhouse gas emissions. Thus, the objective of this article is to analyze how technology can be applied to the efficient management of natural resources and emissions monitoring, strengthening carbon credit initiatives based on standing forests. The core research problem is to understand whether the potential of the Amazon's environmental assets can pave the way for the region's sustainable development by aligning technological innovation, the valorization of ecosystem services, and climate justice. The theoretical framework is based on the concepts presented by Duarte, Tupiassu, and Cruz in "O mercado de carbono na política de mitigação das mudanças climáticas" (2020), and the methodology adopted was hypothetical-intuitive, using documentary analysis of bibliographic texts consulted as secondary sources.

Keywords/Palabras-claves/Mots-clés: Amazonia, Carbon credits, Co reduction, Energy efficiency, Environmental technology

1 INTRODUÇÃO

As transformações climáticas globais constituem um dos principais desafios da contemporaneidade, exigindo respostas urgentes e integradas que articulem mitigação dos impactos ambientais, promoção do desenvolvimento sustentável e justiça social. As emissões de gases de efeito estufa (GEE), em especial o dióxido de carbono (CO₂), vêm se intensificando desde a Revolução Industrial, resultando no agravamento do aquecimento global e na crescente instabilidade climática. Essas emissões são majoritariamente atribuídas à queima de combustíveis fósseis, mudanças no uso da terra e práticas produtivas que desconsideram os limites ecológicos do planeta. Nesse cenário, torna-se imprescindível o desenvolvimento e a adoção de soluções estruturantes, capazes de transformar as bases energéticas, econômicas e ambientais das sociedades modernas.

A Amazônia, reconhecida por sua biodiversidade ímpar e por sua importância na regulação dos ciclos climáticos e hídricos globais também desempenha papel estratégico no enfrentamento das mudanças climáticas. Como maior floresta tropical do mundo, sua vasta capacidade de estocar carbono faz da região um dos principais sumidouros naturais de CO₂ do planeta.

Diante desse contexto, os mecanismos de mercado voltados à mitigação climática, como os créditos de carbono, surgem como instrumentos relevantes para viabilizar a conservação florestal e promover modelos econômicos sustentáveis. A lógica desses mecanismos consiste em atribuir valor monetário à redução ou remoção de emissões, incentivando práticas que mantenham a floresta de pé e recompensando comunidades e projetos que contribuem para o equilíbrio climático.

No entanto, para que esses instrumentos sejam eficazes, é necessário que estejam integrados a estratégias de governança ambiental, políticas públicas robustas e tecnologias capazes de monitorar, medir e certificar as reduções de emissões com precisão e transparência.

Sendo assim, a tecnologia ambiental exerce papel fundamental, tanto no que diz respeito à eficiência energética quanto à rastreabilidade das ações de mitigação. Inovações como sistemas de monitoramento remoto, inteligência artificial, redes descentralizadas de energia limpa e plataformas de certificação digital têm contribuído para ampliar a credibilidade e a efetividade dos projetos de créditos de carbono.

Ademais, a incorporação de soluções tecnológicas deve considerar as especificidades socioterritoriais da Amazônia, valorizando os saberes tradicionais, promovendo a inclusão social e garantindo a justiça climática.

Diante do exposto, o objetivo desse artigo é analisar como a tecnologia pode ser aplicada à gestão eficiente de recursos naturais e ao monitoramento de emissões, fortalecendo iniciativas de créditos de carbono baseadas na floresta de pé. O problema que essa pesquisa apresenta é compreender se o potencial dos ativos ambientais da Amazônia pode abrir caminhos para o desenvolvimento sustentável da região, alinhando inovação tecnológica, valorização dos serviços ecossistêmicos e justiça climática. O marco teórico são as concepções de Duarte, Tupiassu e Cruz em “O mercado de carbono na política de mitigação das mudanças climáticas” (2020) e metodologia utilizada foi a hipotético-intuitiva a partir da análise documental de textos bibliográficos consultados como fontes secundárias.

2 EMISSÕES DE CO₂ E A CRISE CLIMÁTICA

As emissões de gases de efeito estufa (GEE) são as principais causas das mudanças climáticas, dentre os quais se destacam o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e gases fluorados – como os hidrofluorcarbonetos (HFC’s) e perfluorcarbonetos (PFC’s) utilizados na indústria, principalmente na refrigeração, ar condicionado e produção de espumas.

É de conhecimento corrente que o dióxido de carbono (CO₂) é o GEE mais profuso e largamente associado às atividades humanas, especialmente à queima de combustíveis fósseis e ao desmatamento. De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera se mostra como principal responsável pelo aquecimento global.

Nesse contexto, o Brasil figura entre os dez maiores emissores de GEE, com destaque para as emissões provenientes do desmatamento e das queimadas na Amazônia. Assim, a manutenção da floresta de pé, bem como sua preservação, são, portanto, medidas urgentes para frear a emissão de carbono e mitigar os efeitos da mudança climática.

Ao celebrar uma década de existência, o SEEG (Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa) apresentou um balanço das emissões brasileiras de GEE entre 1970 e 2021. O documento revelou que a última década foi marcada por estagnação nas políticas de mitigação climática no Brasil. Em 2021, o país emitiu 2,4 gigatoneladas de CO₂ (GtCO₂e), o que é equivalente um aumento de 12,2% em relação ao ano anterior. Esse crescimento foi o maior desde 2003 e ocorreu em sentido oposto à média global, que apresentou redução de 4,8% no mesmo período. Segundo esse relatório, o desmatamento — especialmente na

Amazônia — foi o principal fator de aumento nas emissões, representando quase metade do total emitido (Observatório do Clima, 2023).

Nesse diapasão, as emissões brasileiras de 2021, conforme apontado pelo SEEG, foram compostas principalmente pelas mudanças no uso da terra e florestas (49%), seguidas pela agropecuária (25%), energia e processos industriais (22%), e resíduos (4%). Quando descontadas as remoções florestais, as emissões líquidas somaram 1,76 GtCO_{2e}, o que representou um aumento de 17,2% em comparação com 2020. Esse salto está diretamente relacionado à intensificação do desmatamento, inclusive em áreas protegidas e territórios indígenas, o que expõe a fragilidade da fiscalização ambiental no país (Observatório do Clima, 2023).

No que concerne aos setores produtivos, o relatório destaca que o setor de energia apresentou aumento de 12,5% em suas emissões, alcançando 435 MtCO_{2e}, impulsionado pela retomada econômica, redução na geração hidrelétrica e menor uso de biocombustíveis. A agropecuária, por sua vez, teve crescimento de 3,8% nas emissões, alcançando o maior nível desde 2004, totalizando 601 MtCO_{2e}. As emissões industriais também cresceram, passando de 155,4 para 169,9 MtCO_{2e}. Apenas o setor de resíduos apresentou pequena retração, de 0,1%, em função do maior aproveitamento energético do metano em aterros sanitários (Observatório do Clima, 2023).

Embora tenha cumprido as metas numéricas estabelecidas na Política Nacional sobre Mudança do Clima, o Brasil falhou em implementar uma transição efetiva rumo a uma economia de baixo carbono. O Observatório do Clima criticou a metodologia oficial de contabilização das emissões líquidas, que considera remoções por áreas protegidas e florestas secundárias, afirmando que tal abordagem mascara a real trajetória das emissões do país.

Segundo o relatório, "a redução líquida, da forma como tem sido calculada pelo governo, oculta a permanência das altas emissões brutas e impede uma ação mais contundente sobre as causas estruturais" (Observatório do Clima, 2023, p. 10). Diante desse cenário, o SEEG concluiu que, sem uma mudança profunda nas políticas públicas ambientais, os danos climáticos tendem a se agravar nos próximos anos.

Com o objetivo de mitigar os efeitos da emissão de CO₂, surgiu o mecanismo de créditos de carbono, que é um sistema que permite que empresas ou até mesmo países possam contrabalançar suas emissões de gases do efeito estufa comprando créditos de carbono, que representam reduções de emissões realizadas por outros (um crédito de carbono equivale a uma tonelada de CO₂ que deixou de ser emitida ou foi removida da atmosfera). Esse será o tema abordado na próxima seção.

3 O MECANISMO DOS CRÉDITOS DE CARBONO

Antes de abordar o mecanismo dos créditos de carbono, se faz necessário destacar a lição de Beatriz Bergamim Duarte, Lise Tupiassu e Simone Nobre, no texto “O mercado de carbono na política de mitigação das mudanças climáticas” (2020), no qual as autoras apresentam uma análise crítica sobre o funcionamento e os desafios do mercado de carbono como instrumento de política ambiental, tanto em escala global quanto no contexto brasileiro.

O artigo enfatiza que a institucionalização do mercado de carbono teve como marco o Protocolo de Kyoto, que estabeleceu metas obrigatórias de redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) para os países desenvolvidos. Assim, como mecanismos de flexibilização dessas metas, foram criados três instrumentos principais (i) a implementação conjunta, (ii) o comércio de emissões e (iii) o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Este último, especialmente relevante para países em desenvolvimento como o Brasil, pois permite a comercialização de créditos de carbono gerados por projetos de redução de emissões.

As autoras destacam que o mercado de carbono funciona com base em uma lógica mista, que combina elementos regulatórios estatais com mecanismos de mercado. Segundo a análise das autoras, o sistema apresenta duas modalidades principais: o mercado regulado, vinculado às obrigações estabelecidas no Protocolo de Kyoto; e o mercado voluntário, onde empresas e governos podem adquirir créditos de forma não obrigatória. Ambos os modelos demandam certificações rigorosas e atendem ao princípio da adicionalidade, isto é, exigem que as reduções de emissões sejam superiores às que ocorreriam na ausência do projeto.

No que concerne ao Brasil, o país ocupa uma posição de destaque no cenário internacional, sendo o terceiro maior em número de projetos de MDL aprovados, atrás apenas da China e da Índia. No entanto, observa-se uma concentração desses projetos no setor energético, enquanto outras áreas, como os créditos de carbono florestais, permanecem subexploradas. Apesar da vasta extensão de áreas florestais, especialmente na Amazônia, há desafios operacionais e legais que dificultam a implementação de projetos nessa categoria, como a exigência de reflorestamento em áreas desmatadas há muito tempo e a dificuldade de transação desses créditos nos mercados internacionais.

Outrossim, a supracitada pesquisa chama atenção para a necessidade de considerar os aspectos sociais e culturais envolvidos nas iniciativas de redução de emissões, sobretudo no que tange à participação das comunidades tradicionais. Essas populações, por meio de seus modos de vida sustentáveis, já contribuem naturalmente para a conservação ambiental. Nesse sentido, as autoras defendem a adaptação dos instrumentos econômicos às realidades locais,

de forma a garantir a efetiva inclusão dessas comunidades nos processos decisórios e na distribuição dos benefícios.

Destarte, as pesquisadoras afirmam que “a lógica do mercado de carbono não deve estar restrita à mercantilização da natureza, mas sim aos arranjos sociais construídos, interagindo com as realidades culturais das comunidades tradicionais” (Duarte; Tupiassu; Nobre, 2020, p. 104).

Por fim, as autoras concluem que, embora o Protocolo de Kyoto tenha sido um marco importante na introdução dos instrumentos econômicos no direito ambiental internacional, seus efeitos foram limitados, o Acordo de Paris representa um novo ciclo, com a incorporação de metas mais flexíveis e adaptadas à realidade de cada país. No entanto, o sucesso das políticas de mitigação dependerá da articulação entre o Estado, o setor privado e as comunidades locais, por meio de investimentos, incentivos e valorização dos serviços ambientais, em especial nos biomas estratégicos como a Amazônia.

Diante do exposto, a Resolução nº 1 da Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima (MCTIC), de 11 de setembro de 2003, reeditou no Brasil o que o Protocolo de Quioto definiu como princípios do MDL. Essa resolução também conceituou a RCE igual a uma tonelada métrica equivalente de dióxido de carbono (tCO₂e). Assim, há no mercado nacional brasileiro muitos incentivos para projetos na seara do MDL, uma vez que o modelo reduz a emissão de GEE e também gera certificados (RCE) que podem ser comercializados no mercado de carbono, gerando retorno financeiro em função direta à redução dos gases de efeito estufa.

Sendo assim, é essa comercialização de certificados (RCE), utilizada como tática de mitigação em consonância com o disposto no Protocolo Quioto, o que se constituiu o chamado mercado de carbono que possui duas vertentes: o mercado regulado – moldado no Acordo de Paris (2015) e com metas de emissão máximas estabelecidas pelos países; e o mercado voluntário de emissão – no qual empresas e/ou pessoas físicas buscam voluntariamente a redução da emissão de GEE.

Destarte, o mercado de carbono emerge em um contexto de mudanças climáticas no qual externalidades negativas e falhas de mercado foram suscitadas por ações humanas que afetaram diretamente o meio ambiente, tornando necessários mecanismos que internalizem essas externalidades. Assim, o Brasil oficializou os seus compromissos de redução de GEE ao promulgar em 29 de dezembro de 2009 a Lei nº 12.197 conhecida como Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC).

Diante dessas premissas, o grande foco, no Brasil, para a implantação desse mecanismo de créditos de carbono é Amazônia. Reconhecida internacionalmente, a floresta apresenta a principal reserva de biodiversidade do mundo e, em território brasileiro, ocupa os estados do Amazonas, Acre, Amapá, Rondônia, Roraima, além do oeste do Maranhão, norte do Mato Grosso e do Tocantins.

A despeito da grandiosidade da Amazônia e de sua importância, nas últimas três décadas, tem-se testemunhado uma aceleração no processo de desmatamento e ocupação de seu território, que atualmente abrange cerca de 14% de sua área total. E esse processo de desmatamento está diretamente relacionado ao aumento das taxas de emissão de dióxido de carbono (CO₂).

O uso de tecnologias no processo de eficiência energética, bem como iniciativas exitosas nas questões energéticas e de créditos de carbono no território amazônico são os assuntos abordados na sequência dessa pesquisa.

4 TECNOLOGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA AMAZÔNIA

A Amazônia abriga uma imensa variedade de recursos naturais estratégicos, cuja complexidade ecológica e diversidade sociocultural dificultam sua valoração integral. Apesar da existência de dispositivos legais voltados à sua proteção, a região continua sendo alvo de práticas predatórias de exploração que ameaçam sua sustentabilidade. Essas ações comprometem não apenas a biodiversidade e os ecossistemas, mas também os modos de vida tradicionais que dependem diretamente da floresta. Conforme Acselrad (2020), tais práticas refletem dinâmicas estruturais de injustiça ambiental, que atingem de forma desproporcional populações historicamente vulnerabilizadas, ampliando desigualdades sociais e territoriais.

Essa realidade se agrava diante das crescentes pressões socioambientais que se manifestam na interseção entre degradação ambiental, pobreza estrutural e desequilíbrio climático. O avanço contínuo do desmatamento afeta os fluxos hídricos, a fertilidade do solo e a estabilidade climática, tanto em escala regional quanto global. Abramovay (2020) destaca que a perda de habitats naturais e a redução acelerada da biodiversidade evidenciam a necessidade urgente de políticas públicas integradas. A valorização dos serviços ecossistêmicos, associada ao fortalecimento de modelos de desenvolvimento sustentável, emerge como estratégia fundamental para a proteção da floresta e a promoção da justiça social.

A intensificação das queimadas e incêndios florestais amplia ainda mais os impactos ambientais, liberando grandes volumes de carbono na atmosfera e acelerando o aquecimento global (Oliveira, 2017). Além dos danos ecológicos, esses eventos acentuam os conflitos socioambientais e territoriais, sobretudo nas áreas indígenas e de comunidades tradicionais. Como aponta Lima (2020), a fragilidade das políticas de regularização fundiária, combinada à pressão de empreendimentos ilegais, intensifica disputas por território e agrava a vulnerabilidade das populações locais, comprometendo não apenas a integridade ambiental, mas também a diversidade cultural da região.

As mudanças climáticas, nesse contexto, representam um fator multiplicador de vulnerabilidades, tornando a Amazônia cada vez mais suscetível a eventos extremos, como secas prolongadas, inundações e elevação das temperaturas médias. Segundo Nobre (2014), tais impactos afetam os ciclos hidrológicos, ameaçam a segurança alimentar e impõem riscos à resiliência ecológica da floresta. Diante desse quadro, a adoção de medidas de adaptação e mitigação torna-se indispensável. Essas estratégias devem integrar ciência, inovação tecnológica e participação social, a fim de garantir a sustentabilidade ambiental e a proteção das populações amazônicas frente às novas ameaças climáticas.

Nesse sentido, a incorporação de tecnologias sustentáveis orientadas à gestão eficiente dos recursos naturais e ao monitoramento das emissões de carbono é fundamental. Conforme destacam Moutinho *et al.* (2021), a conservação da floresta em pé, aliada a instrumentos como os créditos de carbono, pode estruturar modelos econômicos compatíveis com a realidade amazônica. A inovação tecnológica, quando articulada à valorização dos serviços ecossistêmicos, promove eficiência energética, inclusão social e justiça climática. Assim, conectar desenvolvimento sustentável, equidade socioambiental e inovação representa um caminho viável para a construção de uma Amazônia mais justa e resiliente.

A inovação constitui um vetor central na transformação das estruturas econômicas e sociais, sendo reconhecida como propulsora do desenvolvimento sustentável em contextos contemporâneos. Conforme a teoria da destruição criadora formulada por Schumpeter (1982), os processos inovadores provocam rupturas nos paradigmas vigentes, desestabilizando sistemas tradicionais e promovendo a emergência de novas estruturas mais eficientes e adaptáveis. Essa dinâmica impulsiona ciclos econômicos ascendentes, nos quais empreendedores desempenham papel estratégico ao introduzir soluções tecnológicas e organizacionais com alto potencial de impacto e renovação estrutural.

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2009) destaca que as inovações orientadas por recursos biológicos e ecossistêmicos são

fundamentais para promover o desenvolvimento sustentável, sobretudo em regiões como a Amazônia. A utilização responsável desses ativos naturais pode gerar soluções tecnológicas que conciliam conservação da biodiversidade e crescimento econômico. Nesse sentido, a inovação adquire caráter estratégico ao integrar eficiência produtiva, preservação ambiental e justiça intergeracional, contribuindo para o enfrentamento dos desafios climáticos globais.

A convergência entre inovação tecnológica e transformação social é estratégica para enfrentar desafios como desigualdade, exclusão e degradação ambiental. De acordo com a OCDE (2023), a inovação deve ser guiada por uma abordagem sistêmica que integre dimensões sociais, culturais e políticas, além dos aspectos técnicos. Essa perspectiva amplia o potencial de soluções sustentáveis e fortalece a justiça distributiva e o bem-estar coletivo, pilares de um desenvolvimento mais inclusivo e resiliente.

4.1 Casos de sucesso e iniciativas inovadoras

As experiências de sucesso e boas práticas na região amazônica, conforme evidenciado por Souza, Silva e Carvalho (2010), reforçam a importância da colaboração entre comunidades locais, instituições públicas, setor privado e sociedade civil para viabilizar o desenvolvimento sustentável. Tais iniciativas demonstram que a integração de saberes tradicionais e científicos, aliada a ações coordenadas, pode promover inovação, conservação ambiental e justiça social. Ao articular diferentes atores e conhecimentos, essas práticas geram impactos positivos em sustentabilidade, inclusão e fortalecimento da governança socioambiental na Amazônia.

O fortalecimento de organizações híbridas, como parques tecnológicos, incubadoras e centros de inovação, tem se mostrado uma estratégia eficaz para impulsionar a pesquisa aplicada e a interação entre academia e setor produtivo. Projetos voltados à bioeconomia e à valorização da biodiversidade demonstram como a colaboração pode gerar benefícios econômicos e ambientais. Conforme Mazzucato (2024), iniciativas de conservação e restauração ambiental desenvolvidas em parceria contribuem para a recuperação de ecossistemas e o avanço da sustentabilidade na região amazônica.

A capacitação profissional voltada à sustentabilidade e à inovação é fundamental para fortalecer o capital humano e impulsionar empregos verdes na Amazônia. De acordo com Watanabe et al. (2021), a formação técnica alinhada à bioeconomia contribui para o desenvolvimento socioeconômico e para a redução das desigualdades regionais. A articulação entre universidades, setor produtivo e governos é essencial para enfrentar os desafios socioambientais e promover uma bioeconomia resiliente, inclusiva e sustentável.

No Brasil, os discursos sobre a pauta climática no setor de energia estão fortemente vinculados a dimensões ambientais, políticas, econômicas, tecnológicas e sociais, refletindo a complexidade da transição para uma matriz energética de baixo carbono. Essa agenda, conforme destacam SEEG (2025), EPE (2018; 2024) e Envol Energy Consulting, é transversal e estratégica, exigindo abordagens integradas que conciliem sustentabilidade ambiental, justiça social e segurança no suprimento energético. A descarbonização, nesse contexto, demanda articulação intersetorial e inovação para enfrentar os desafios estruturais da transição energética no país.

Apesar de a participação percentual das emissões na Amazônia parecer pouco expressiva em termos absolutos, há um imperativo moral cada vez mais evidente no enfrentamento da crise climática. A região abriga pessoas em condições socioeconômicas distintas, muitas das quais ainda enfrentam sérias limitações no acesso à eletricidade (SEEG, 2025; EPE, 2018; 2024). Esse cenário revela a urgência de políticas públicas que promovam inclusão energética, equidade social e soluções tecnológicas sustentáveis, conciliando justiça climática com o direito ao desenvolvimento regional.

Uma parcela significativa da população amazônica é atendida por redes de distribuição desconectadas do Sistema Interligado Nacional (SIN), operando nos Sistemas Isolados (SISOL), cujos elevados custos são socializados entre todos os consumidores do país por meio da Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) (EPE, 2024; SEEG, 2025). Em muitas dessas localidades, a geração de energia ainda depende do uso de diesel, o que agrava os impactos ambientais e sociais. Nesse cenário, a descarbonização da matriz energética não se limita a um compromisso climático, mas configura uma estratégia de responsabilidade ambiental, inclusão social e eficiência econômica.

A transição energética na Amazônia configura-se como uma oportunidade estratégica para conciliar o desenvolvimento regional com os compromissos internacionais de mitigação das mudanças climáticas. A descarbonização dos Sistemas Isolados, conforme apontado por EPE (2024) e SEEG (2025), é uma tarefa urgente e desafiadora, que exige abordagens integradas nas dimensões energética, ambiental e social. Embora a substituição do diesel por fontes renováveis seja essencial para reduzir as emissões, a realidade amazônica impõe obstáculos logísticos e estruturais que demandam planejamento de longo prazo, investimentos públicos e privados, além de inovação tecnológica compatível com a diversidade territorial da região.

A transição energética na Amazônia representa uma oportunidade concreta de alinhar o desenvolvimento regional aos compromissos globais de mitigação das mudanças climáticas.

Estudos recentes indicam que, apesar dos avanços, ainda há fragilidades quanto à perenidade das ações implementadas nos Sistemas Isolados (SISOL) e nas áreas remotas da Amazônia Legal. Conforme levantamento da EPE (2024), especialistas que atuam na região identificaram e classificaram diversas iniciativas, destacando uma concentração significativa de esforços voltados à expansão de fontes renováveis com predominância da energia solar fotovoltaica e à construção de marcos regulatórios específicos, essenciais para garantir a continuidade e a efetividade das políticas energéticas sustentáveis.

A descarbonização do setor energético na Amazônia Legal representa um desafio estratégico para o Brasil, que vai além da adoção de tecnologias limpas, exigindo uma governança articulada e multissetorial. Segundo a EPE (2024), esse processo requer a coordenação eficiente de programas já existentes, bem como o alinhamento entre União, estados, academia, setor privado e sociedade civil. Enquanto o governo federal estrutura programas como o “Mais Luz para a Amazônia”, governos estaduais desenvolvem planos locais, e instituições acadêmicas e organizações não governamentais contribuem com soluções inovadoras para comunidades remotas.

Além disso, o Congresso Nacional analisa diversos projetos de lei que buscam instituir marcos legais favoráveis à descarbonização do setor energético, especialmente na Amazônia Legal. Conforme destaca a EPE (2024), além de uma governança sólida, são apontadas como soluções viáveis a formação de Parcerias Público-Privadas (PPP's), a elaboração de planos energéticos em nível municipal e o acesso a fontes de financiamento nacionais e internacionais. Tais estratégias podem viabilizar projetos estruturantes, ampliar o alcance das ações de descarbonização e promover resultados concretos, como a universalização do acesso à energia, a redução de emissões e o desenvolvimento socioeconômico regional.

A descarbonização dos sistemas isolados da Amazônia Legal requer uma governança robusta e multiescalar, que seja capaz de articular diferentes esferas de poder, alinhar políticas públicas e coordenar as diversas iniciativas já existentes. Essa governança precisa ser legitimada socialmente, tecnicamente qualificada e profundamente conectada às realidades locais, considerando a diversidade sociocultural da região. Conforme estudos da EPE (2024), a transição energética só será efetiva se envolver o uso estratégico dos recursos disponíveis, a valorização dos saberes tradicionais e comunitários, e o firme compromisso com a justiça social e climática. Nesse cenário, a transformação da matriz energética amazônica pode consolidar-se como modelo de desenvolvimento sustentável, com inclusão e equidade.

Iniciativas recentes têm buscado transformar a matriz energética da Amazônia Legal com foco na ampliação do acesso à eletricidade e na inserção de fontes renováveis nos Sistemas Isolados, promovendo o desenvolvimento regional com menor dependência de combustíveis fósseis. Conforme apontado por análises da Envol Energy Consulting (2025), apesar da sinergia existente entre programas federais, há incertezas quanto à sua continuidade em cenários de instabilidade política. Nesse contexto, torna-se essencial garantir marcos regulatórios estáveis e estratégias integradas que priorizem fontes sustentáveis e assegurem justiça energética.

Observa-se que, a depender da orientação política do Governo Federal, há variações significativas no ritmo e na priorização das políticas voltadas à descarbonização e à universalização do acesso à energia. Diante disso, especialistas defendem que tais programas sejam institucionalizados como políticas de Estado, garantindo continuidade, estabilidade regulatória e efetividade no longo prazo, independentemente de mudanças governamentais (Envol Energy Consulting, 2025).

Diante da preocupação de especialistas atuantes na Amazônia Legal quanto à continuidade dos programas voltados aos Sistemas Isolados (SISOL), foi desenvolvida uma metodologia de análise para classificar as iniciativas existentes em macrotemas, considerando seus objetivos e conteúdo. Essa abordagem metodológica foi estruturada em quatro etapas sequenciais, visando uma sistematização eficaz das ações em curso na região (Envol Energy Consulting, 2025).

Nesse contexto, frente às preocupações com a perenidade dos programas de descarbonização nos Sistemas Isolados (SISOL) da Amazônia Legal, especialistas propuseram uma metodologia para avaliar e classificar as iniciativas existentes. A proposta organiza tais ações em macrotemas, conforme seus objetivos e conteúdo, permitindo uma análise mais precisa e integrada. A metodologia foi estruturada em quatro etapas, contemplando desde o levantamento e análise documental até a sistematização dos dados e categorização temática das propostas (Envol Energy Consulting, 2025).

Em 2020, foram identificadas 21 propostas legislativas no Congresso Nacional, três leis estaduais e sete projetos independentes vinculados a universidades e ONGs voltados à descarbonização na Amazônia Legal. A análise qualitativa dessas iniciativas foi conduzida com base em três macrotemas centrais: economia verde, governança e capacitação. As ações foram, então, organizadas em 12 subcategorias, permitindo uma leitura abrangente das estratégias adotadas. A construção de uma matriz de resultados permitiu visualizar a

incidência de cada categoria e subsidiar o direcionamento das políticas públicas (Envol Energy Consulting, 2025).

No mesmo sentido, também foram identificadas três legislações estaduais voltadas aos Sistemas Isolados (SISOL), sendo a Lei nº 6.837/2024 do Estado do Amazonas um dos principais marcos. Essa norma institui a Política de Governo Digital, promovendo a transformação digital da administração pública por meio da criação do Comitê de Governança e Transformação Digital. Seu foco está na ampliação da eficiência dos serviços, na transparência das ações governamentais e na participação cidadã, constituindo instrumento estratégico para fortalecer políticas públicas de energia e sustentabilidade na região amazônica (Amazonas, 2024).

Embora existam 21 Projetos de Lei em tramitação no Congresso Nacional que tratem de temas ligados à descarbonização, à redução de custos energéticos e à inclusão digital, poucos endereçam de forma específica os desafios enfrentados pelos Sistemas Isolados na Amazônia Legal. A maior parte das propostas concentra-se em agendas mais amplas, carecendo de foco direcionado à realidade energética amazônica, que exige soluções customizadas e integradas com a pauta climática e de justiça social (Brasil, 2025).

No Congresso Nacional, a construção da agenda de descarbonização da Amazônia avança de forma ampla, incorporando diferentes dimensões do desenvolvimento sustentável. Iniciativas voltadas às energias renováveis, ao aprimoramento do marco regulatório e à promoção da bioeconomia sinalizam um esforço para consolidar uma matriz de baixo carbono. Além disso, o foco em aspectos sociais, como geração de emprego, renda e educação, evidencia o compromisso com uma transição energética justa e inclusiva (Envol Energy Consulting, 2025).

Desse diapasão, os Projetos de Lei apresentados em 2024 pelo Deputado Amom Mandel (Cidadania/AM) voltam-se à promoção da inclusão digital na Amazônia Legal, com potencial impacto indireto na descarbonização dos Sistemas Isolados. Propostas como o PL 4.902/2024, que institui o Programa de Subsídio Digital para Famílias de Baixa Renda, e o PL 4.894/2024, que estabelece a Política Nacional de Inclusão Digital para Comunidades Tradicionais, visam ampliar o acesso à internet e às tecnologias da informação. Embora não tratem diretamente da matriz energética, esses projetos podem viabilizar maior integração regional e fortalecimento de capacidades locais para a adoção de tecnologias de baixo carbono.

Adicionalmente, propostas como o PL 4.900/2024 e o PL 4.897/2024, ao criarem marcos regulatórios para redes comunitárias e infraestrutura de telecomunicações na

Amazônia, contribuem para o desenvolvimento de soluções sustentáveis. A conectividade pode fomentar a educação ambiental, a gestão inteligente da energia e o monitoramento das emissões, promovendo justiça climática e eficiência energética. Dessa forma, a digitalização da Amazônia, conforme proposto nos referidos projetos, reforça a necessidade de políticas públicas integradas que articulem inclusão social, inovação tecnológica e transição energética sustentável.

O Instituto Internacional Arayara, organização da sociedade civil sem fins lucrativos, há três décadas atua na promoção de transformações sociais por meio da educação ambiental, do ativismo político e da defesa de matrizes energéticas limpas e eficientes. Composto por cientistas, engenheiros e ambientalistas, o Instituto atua no Brasil e em outros países, como Canadá e Japão, com foco na justiça socioambiental. Defende que o acesso à energia elétrica deve ser considerado um direito fundamental, especialmente em regiões como a Amazônia Legal, onde comunidades ainda enfrentam a precariedade energética. Para a entidade, é urgente que políticas públicas priorizem a oferta de energia limpa e contínua, em substituição à manutenção de subsídios a combustíveis fósseis.

Nesse contexto, o Instituto Arayara alerta que a transição energética na Amazônia deve ser guiada por critérios de justiça social e respeito aos modos de vida tradicionais, com participação efetiva das comunidades locais nos processos decisórios. Ressalta que o uso contínuo de geradores a diesel não apenas compromete a saúde ambiental, como também a qualidade de vida da população. Além disso, a organização atua juridicamente contra projetos de fraturamento hidráulico (*fracking*) e exploração de petróleo, por meio de ações civis públicas e estratégias de litigância climática, visando a proteção de defensores socioambientais e dos territórios ameaçados. A expansão do acesso à energia, segundo a entidade, deve estar aliada a soluções sustentáveis, culturalmente adequadas e promotoras da equidade territorial.

O WWF (World Wide Fund for Nature) é reconhecido internacionalmente por sua atuação na defesa da biodiversidade e na mitigação das mudanças climáticas desde 1961. Conforme aponta o relatório da organização, sua atuação no Brasil concentra-se na preservação de biomas estratégicos como a Amazônia, Cerrado, Pantanal e Mata Atlântica, com iniciativas que aliam conservação ambiental à promoção do uso sustentável dos recursos naturais. A estratégia do WWF envolve cooperação com governos, empresas e comunidades locais, visando à implementação de políticas públicas e práticas sustentáveis adaptadas ao contexto regional (WWF-Brasil, 2024).

No caso específico da Amazônia Legal, o WWF destaca que, embora as tecnologias de energia renovável, especialmente a solar, estejam em expansão, sua implantação nos municípios de pequeno porte ainda é marcada por morosidade. A organização estima que mais de um milhão de pessoas ainda vivem sem acesso formal à eletricidade e muitas estão fora dos registros oficiais, dificultando o direcionamento de políticas públicas eficazes. Nessas localidades, o fornecimento de energia se dá por meio de geradores a diesel ou gasolina, com custos elevados para famílias em situação de vulnerabilidade além dos impactos ambientais e sociais associados a esse modelo (WWF-Brasil, 2024).

Além do desafio de acesso, o WWF também aponta falhas persistentes nos serviços já disponibilizados, como a negligência das distribuidoras frente a falhas nas redes, ausência de respaldo regulatório para sistemas solares comunitários e resistência à ampliação de carga em estruturas como SIGFI e MIGDI, mesmo quando o direito é assegurado por programas federais. A organização denuncia ainda a baixa eficiência dos equipamentos utilizados, a carência de suporte técnico e a necessidade de deslocamento até centros urbanos para obtenção de sinal de internet. Para o WWF, garantir o acesso à energia não basta: é imprescindível assegurar soluções sustentáveis, comunicacionais e educacionais compatíveis com a realidade das comunidades locais (WWF-Brasil, 2024).

É importante destacar que o Programa Mais Luz para a Amazônia (MLA), instituído pelo Governo Federal, busca garantir o acesso à energia elétrica em áreas remotas da Amazônia Legal, com foco em comunidades ribeirinhas, indígenas e tradicionais. Segundo o Ministério de Minas e Energia (MME, 2023), o programa adota sistemas solares fotovoltaicos off-grid como alternativa sustentável à geração a diesel, promovendo não apenas a inclusão energética, mas também o respeito ao meio ambiente. A proposta visa fomentar o desenvolvimento local por meio de soluções limpas, contínuas e adaptadas às realidades socioculturais da região.

Destarte, os fundos regionais vinculados à Eletrobrás, conforme estabelecido pela Lei nº 14.182/2021, constituem mecanismos estratégicos para fomentar investimentos e impulsionar o desenvolvimento sustentável na Amazônia Legal. Esses recursos são direcionados à redução de custos com geração de energia, revitalização de bacias hidrográficas e melhoria da navegabilidade dos rios Madeira e Tocantins. O Programa Pró-Amazônia Legal, regulamentado pelo Decreto nº 11.059/2022, operacionaliza tais ações por meio da Conta de Desenvolvimento da Amazônia Legal (CDAL) e da Conta de Navegabilidade (CDN), promovendo soluções energéticas integradas à proteção ambiental e à infraestrutura fluvial.

Assim, descarbonizar o setor energético na Amazônia Legal constitui um desafio estratégico que requer não apenas soluções tecnológicas e fontes renováveis, mas, sobretudo, uma governança articulada, capaz de coordenar iniciativas, integrar múltiplos atores e otimizar o uso de recursos disponíveis. Segundo análise da Envol Energy Consulting (2025), o avanço da transição energética na região depende da sinergia entre programas federais, políticas estaduais, projetos acadêmicos, iniciativas privadas e propostas legislativas em tramitação no Congresso Nacional. A combinação entre governança eficaz, parcerias público-privadas e acesso a financiamentos nacionais e internacionais pode viabilizar a universalização do acesso à energia, reduzir custos e emissões, e promover o desenvolvimento socioambiental inclusivo.

Diante do exposto, o Projeto "Luz para uma Vida Melhor", implementado pelo Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas e da Auto Sustentabilidade (IDEAAS), representa uma iniciativa relevante para enfrentar a exclusão elétrica na Amazônia, especialmente em áreas remotas do Arquipélago do Marajó (PA) e Tefé (AM). A proposta consiste na substituição de fontes fósseis por sistemas de energia solar fotovoltaica, integrando capacitação comunitária, geração de renda e criação de arranjos produtivos locais. Segundo dados do IDEAAS e da Envol Energy Consulting (2016; 2025), o modelo autônomo adotado fortalece a sustentabilidade socioeconômica das comunidades envolvidas, promovendo avanços significativos na saúde, educação e qualidade de vida dos beneficiários.

4.2 Desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável

A descarbonização dos Sistemas Isolados da Amazônia Legal demanda uma governança eficaz e multissetorial, capaz de articular diferentes esferas de poder público, setor privado, academia e sociedade civil, promovendo sinergia entre estratégias e ações já existentes. Essa coordenação é essencial para garantir o uso racional dos recursos e a efetividade das políticas de transição energética. Conforme destaca a Envol Energy Consulting (2025), tal governança deve ser técnica, legítima e sensível às especificidades territoriais e culturais da região.

A Amazônia Legal, apesar de sua função essencial como sumidouro de carbono, enfrenta entraves significativos à descarbonização energética, especialmente nos Sistemas Isolados (SISOL), onde a eletrificação é dificultada por fatores logísticos, socioeconômicos e ambientais. Mesmo com acesso formal à rede, muitas famílias não conseguem custear a energia, comprometendo o direito à eletricidade e a qualidade de vida. Como aponta a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2024), o predomínio de fontes fósseis e os altos custos

operacionais desses sistemas reforçam a necessidade de uma governança conectada à realidade local, com justiça climática e uso estratégico de recursos.

No âmbito do Acordo de Paris, o Brasil assumiu o compromisso de reduzir significativamente suas emissões de gases de efeito estufa, o que exige transformações profundas na matriz energética nacional. A Amazônia Legal, embora responda por apenas 3,8% das emissões regionais no setor energético, mantém dependência de combustíveis fósseis nos Sistemas Isolados, o que contradiz os objetivos de descarbonização. Segundo o SEEG (2025), essa contradição compromete a coerência das metas climáticas brasileiras e evidencia a urgência de soluções sustentáveis para a região.

Como signatário da Agenda 2030, o Brasil comprometeu-se a garantir energia limpa, acessível e segura para todos, conforme o ODS 7. No entanto, os Sistemas Isolados da Amazônia Legal permanecem como um dos principais obstáculos à universalização do acesso energético. O Relatório Nacional Voluntário (2021) reconhece avanços nas áreas urbanas, mas aponta desafios persistentes nas regiões remotas. O Plano Plurianual 2024–2027 e os Planos Decenais de Expansão de Energia reforçam esse compromisso, orientando ações estratégicas para superar tais lacunas.

A descarbonização dos Sistemas Isolados da Amazônia Legal demanda mais que soluções técnicas, exigindo uma abordagem sensível às particularidades institucionais, econômicas e sociais da região. Conforme análise de Schutze, Bines e Assunção (2022), a articulação entre marcos regulatórios e políticas públicas é essencial para assegurar acesso equitativo à energia. A falta de coordenação entre os entes federativos e a ausência de vontade política comprometem a efetividade das ações. Ademais, o modelo de mercado livre, ainda que eficiente no SIN, mostra-se insuficiente para atender às vulnerabilidades estruturais dos SISOL (Envol Energy Consulting, 2025).

A agenda de descarbonização no Congresso Nacional avança com foco em energias renováveis, regulação e justiça social, mas carece de atenção específica aos Sistemas Isolados da Amazônia Legal. Apesar de atenderem milhões de pessoas e representarem fonte relevante de emissões fósseis, poucos projetos de lei enfrentam diretamente seus desafios operacionais e financeiros. Essa lacuna compromete políticas eficazes para a universalização da energia limpa em áreas remotas, onde os custos são elevados e a dependência de combustíveis fósseis persiste (EPE, 2024; ANEEL, 2025; Envol Energy Consulting, 2025).

Além da carência de propostas legislativas específicas para os Sistemas Isolados, permanecem entraves relevantes na governança estadual e na conectividade digital. Ainda que existam comitês técnicos e instrumentos federais voltados à descarbonização da Amazônia, a

ausência de coordenação central nos estados compromete a implementação articulada das políticas (EPE, 2024; Envol Energy Consulting, 2025). Simultaneamente, a precariedade da conectividade nas comunidades amazônicas limita o acesso a serviços públicos e tecnologias sustentáveis, dificultando a inclusão social e energética.

A adoção de sistemas fotovoltaicos off-grid na Amazônia enfrenta desafios estruturais que comprometem sua implementação sustentável. A baixa densidade populacional, a precariedade da infraestrutura de transporte e a vastidão territorial dificultam a instalação, o fornecimento de equipamentos e a manutenção técnica contínua. Tais barreiras logísticas impactam diretamente a eficiência e a viabilidade econômica dos projetos de energia solar, especialmente em comunidades remotas e dispersas. Além disso, a ausência de infraestrutura adequada dificulta a logística reversa de resíduos, como baterias e painéis, agravando os riscos ambientais associados (BNDES, 2025; Envol Energy Consulting, 2025).

Do ponto de vista socioeconômico e regulatório, a efetivação dos projetos exige o engajamento das comunidades locais, com foco em inclusão, justiça energética e educação ambiental. A sustentabilidade desses sistemas depende não apenas da geração de energia limpa, mas também da criação de marcos regulatórios claros, capazes de estimular investimentos, garantir segurança jurídica e fomentar políticas de reciclagem e inovação tecnológica. Para tanto, torna-se essencial estabelecer diretrizes para a fiscalização, o monitoramento e a adequação socioambiental dos programas, a fim de assegurar sua efetividade e durabilidade (BNDES, 2025; Envol Energy Consulting, 2025).

5 CONCLUSÃO

A transição energética nos Sistemas Isolados da Amazônia Legal configura-se como uma medida estratégica frente à persistente dependência de combustíveis fósseis e aos impactos socioambientais associados ao atual modelo. A substituição do diesel por fontes renováveis representa apenas uma dimensão do desafio, que exige investimentos contínuos em infraestrutura, governança multinível articulada e mobilização coordenada de instrumentos financeiros públicos e privados.

Nesse contexto, a utilização combinada de recursos como fundos climáticos, parcerias público-privadas e créditos de carbono pode viabilizar economicamente soluções limpas em regiões remotas, promovendo inclusão energética e desenvolvimento territorial. O Mercado de Carbono, ao permitir a monetização da redução de emissões, surge como vetor

relevante para estimular a geração distribuída, fortalecer minirredes comunitárias e valorizar os ativos ambientais locais, ampliando os benefícios sociais e econômicos da transição.

Para que essas iniciativas se consolidem de forma perene e eficaz, é essencial que a governança energética seja transparente, técnica e conectada às especificidades da Amazônia Legal. Somente por meio da integração entre políticas públicas, inovação tecnológica, marcos regulatórios adequados e participação social será possível garantir a universalização do acesso à energia limpa e impulsionar um modelo de desenvolvimento sustentável verdadeiramente inclusivo.

A combinação entre conservação ambiental, uso de tecnologias limpas e instrumentos de mercado como os créditos de carbono constitui um caminho viável para a redução das emissões de CO₂ e o avanço do desenvolvimento sustentável na Amazônia. Para tanto, é necessário fortalecer a governança ambiental, promover a participação das comunidades locais e ampliar o investimento em inovação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMOVAY, Ricardo. **Amazônia: por uma economia do conhecimento da natureza**. São Paulo: Elefante, 2020.

ACSELRAD, Henri. **Justiça ambiental: construção e crítica de um conceito**. 3. ed. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2020.

AMAZONAS. **Lei nº 6.837**, de 20 de março de 2024. Institui a Política de Governo Digital do Estado do Amazonas, cria o Comitê de Governança e Transformação Digital, e dá outras providências. Disponível em: <https://doe.am.gov.br>. Acesso em: 28 jul. 2025.

ANEEL. **Painel de Informações Técnicas da Transmissão**. Agência Nacional de Energia Elétrica, 2025.

BARLOW, J. *et al.* The future of hyperdiverse tropical ecosystems. **Nature**, v. 559, n. 7715, p. 517-526, 2018.

BNDES. **Energia solar na Amazônia: desafios para a implementação sustentável**. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2025.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei nº 4.879 a 4.902**, de 2024. Dispõem sobre inclusão digital, conectividade e infraestrutura tecnológica na Amazônia Legal. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2024. Disponível em: <https://www.camara.leg.br>. Acesso em: 28 jul. 2025.

BRASIL. Congresso Nacional. Levantamento de Projetos de Lei em tramitação sobre descarbonização e inclusão digital. **Pesquisa exhaustiva em bases legislativas federais**. Brasília: Congresso Nacional, 2025. Disponível em: <https://www.camara.leg.br>. Acesso em: 28 jul. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 11.059**, de 3 de maio de 2022. Regulamenta dispositivos da Lei nº 14.182/2021, para instituir os Programas Pró-Amazônia Legal e Pró-Navegação. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D11059.htm. Acesso em: 28 jul. 2025.

BRASIL. **Lei nº 12.197**, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm. Acesso em: 26 jul. 2025.

BRASIL. **Lei nº 14.182**, de 12 de julho de 2021. Dispõe sobre a desestatização da Eletrobrás. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14182.htm. Acesso em: 28 jul. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Programa Mais Luz para a Amazônia: energia limpa e renovável para comunidades remotas**. Brasília: MME, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme>. Acesso em: 28 jul. 2025.

BRASIL. **Plano Plurianual 2024–2027**. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, 2023.

BRASIL. **Relatório Nacional Voluntário sobre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS**. Brasília: IPEA, 2021. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/publicacao/relatorio-nacional-voluntario-2021>. Acesso em: 28 jul. 2025.

CÂMARA DOS DEPUTADOS (Brasil). **Proposições do Deputado Amom Mandel Lins Filho (Cidadania/AM)**. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2025. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/deputados/204442/proposicoes>. Acesso em: 28 jul. 2025.

COMISSÃO INTERMINISTERIAL DE MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA. (2003). **Resolução nº 1**, de 11 de setembro de 2003. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/legislacao_cimgc/Resolucao-n-1-de-11-de-setembro-de-2003.pdf. Acesso em: 26 jul. 2025.

DUARTE, Beatriz Bergamim; TUPIASSU, Lise; CRUZ, Simone Nobre. O MERCADO DE CARBONO NA POLÍTICA DE MITIGAÇÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Revista de Direito Ambiental e Socioambientalismo**, Florianópolis, Brasil, v. 6, n. 2, p. 93–108, 2020. DOI: 10.26668/IndexLawJournals/2525-9628/2020.v6i2.7203. Disponível em: <https://www.indexlaw.org/index.php/Socioambientalismo/article/view/7203>. Acesso em: 20 jul. 2025.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Plano de Transição Energética Justa na Amazônia Legal**. Brasília: EPE, 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br>. Acesso em: 28 jul. 2025.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2024: região Norte e desafios da Amazônia Legal**. Brasília: EPE, 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br>. Acesso em: 28 jul. 2025.

ENVOL ENERGY CONSULTING. **Análises e Comentários sobre a Transição Energética na Amazônia**. São Paulo, 2025.

ENVOL ENERGY CONSULTING. **Comentários e análises sobre a descarbonização dos Sistemas Isolados na Amazônia Legal**. 2025. Disponível em: <https://envolenergy.com.br>. Acesso em: 28 jul. 2025.

ENVOL ENERGY CONSULTING. **Comentários e análises sobre a transição energética no Brasil**. 2025. Disponível em: <https://envolenergy.com.br>. Acesso em: 28 jul. 2025.

ENVOL ENERGY CONSULTING. **Comentários e análises sobre transição energética na Amazônia Legal**. São Paulo, 2025.

ENVOL ENERGY CONSULTING. **Comentários e análises sobre transição energética na Amazônia Legal**. São Paulo, 2025.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2018**. Rio de Janeiro: EPE, 2018.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Estudo sobre energias renováveis em sistemas isolados da Amazônia Legal**. Brasília, 2016.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano de Transição Energética Justa na Amazônia Legal**. Brasília: EPE, 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br>. Acesso em: 28 jul. 2025.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2032**. Brasília: MME/EPE, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br>. Acesso em: 28 jul. 2025.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2034**. Brasília: EPE, 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br>. Acesso em: 28 jul. 2025.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Sistemas Isolados: levantamento de programas e iniciativas na Amazônia Legal**. Brasília: EPE, 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br>. Acesso em: 28 jul. 2025.

GESEL – Grupo de Estudos do Setor Elétrico. **Sistemas híbridos e renováveis para sistemas isolados**. UFRJ, 2021.

ICRC – International Carbon Reduction and Offset Alliance. **Carbon credits and decentralized energy access**. Londres, 2023. Disponível em: <https://icrcoffset.org/>. Acesso em 28 jul. 2025.

IDEAAS – Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas e da Auto Sustentabilidade. **Projeto Luz para uma Vida Melhor**. 2016. Disponível em:

<https://www.ideaas.org.br>. Acesso em: 28 jul. 2025.

IDESAM – Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável da Amazônia. **Mercado de carbono como instrumento para a conservação e inclusão socioeconômica na Amazônia**. Manaus, 2022. Disponível em: <https://idesam.org.br/>. Acesso em: 28 jul. 2025.

INSTITUTO CLIMA E SOCIEDADE (iCS). Descarbonização dos sistemas isolados na Amazônia Legal: desafios e oportunidades. Rio de Janeiro: iCS, 2023. Disponível em: <https://www.climaesociedade.org>. Acesso em: 28 jul. 2025. EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2034 – PDE 2034**. Brasília: Empresa de Pesquisa Energética, 2024.

INSTITUTO INTERNACIONAL ARAYARA. **Sobre nós**. 2024. Disponível em: <https://arayara.org>. Acesso em: 28 jul. 2025.

IPCC, 2023: **Mudança do Clima 2023**: Relatório de Síntese. Contribuição dos Grupos de Trabalho I, II e III para o Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. H. Lee e J. Romero (eds.). IPCC, Genebra, Suíça.

IRENA. **Renewable Power Generation Costs in 2023**. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2023.

LIMA, Deborah Danowski. Conflitos socioambientais na Amazônia e justiça climática. **Revista Brasileira de Estudos Ambientais**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 114–127, 2020. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rebea/article/view/73529>. Acesso em: 28 jul. 2025.

MAZZUCATO, Mariana. In: **LATIN AMERICAN JOURNAL OF BUSINESS MANAGEMENT**, Taubaté, v. 15, n. 2, p. 102–110, jul./dez. 2024. ISSN 2178-4833.

MOUTINHO, Paulo et al. **Amazônia em chamas: desmatamento e fogo em tempos de pandemia**. Brasília: IPAM Amazônia, 2021. Disponível em: <https://ipam.org.br/publicacoes/amazonia-em-chamas-6-desmatamento-e-fogo-em-tempos-de-pandemia/>. Acesso em: 28 jul. 2025.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. SEEG 10 anos: uma análise das emissões de gases de efeito estufa no Brasil (1970–2021). São Paulo: **SEEG – Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa**, 2023. Disponível em: <https://energiaeambiente.org.br/wp-content/uploads/2023/04/SEEG-10-anos-v5.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2025.

OLIVEIRA, João Paulo Capobianco. Desmatamento na Amazônia: causas, impactos e alternativas. In: MOUTINHO, Paulo; SCHWARTZMAN, Stephan (org.). **Amazônia em debate: desenvolvimento, governança e sustentabilidade**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2017. p. 85–103.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO – OCDE. **The bioeconomy to 2030: designing a policy agenda**. Paris: OECD Publishing, 2009. Disponível em: <https://www.oecd.org/futures/long-termtechnologicalsocietalchallenges/thebioeconomyto2030.htm>. Acesso em: 28 jul. 2025.

SCHUMPETER, Joseph A. **Capitalismo, socialismo e democracia**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1982.

SEEG – SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA. **Emissões de GEE no Brasil – Análise Setorial: Energia**. Observatório do Clima, 2025. Disponível em: <https://seeg.eco.br>. Acesso em: 28 jul. 2025.

SEEG – Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa. **Análise das emissões na Amazônia Legal: tendências e desafios da transição energética**. 2025. Disponível em: <https://seeg.eco>. Acesso em: 28 jul. 2025.

WATANABE, Clarissa G.; LOCATELLI, Bruno T.; PEREIRA, Renata M. Bioeconomia, sustentabilidade e formação profissional na Amazônia: desafios e oportunidades. **Revista Desenvolvimento em Questão**, Ijuí, v. 19, n. 55, p. 275–297, 2021. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/11757>. Acesso em: 28 jul. 2025.

WWF. **Políticas Energéticas Nacionais**: caminhos para uma matriz limpa e inclusiva na Amazônia. São Paulo: WWF-Brasil, 2021.

WWF-BRASIL. **Relatório de Conjuntura Energética da Amazônia Legal: desafios e oportunidades para a descarbonização dos Sistemas Isolados**. Brasília: WWF-Brasil, 2024. Disponível em: <https://www.wwf.org.br>. Acesso em: 28 jul. 2025.