



Amazônia em risco: desafios econômicos, ambientais e estratégias para um futuro sustentável

Jeane Aparecida Rombi de Godoy

Pós-Doutorado em Arquitetura e Urbanismo pelo PPGARQ-UNESP, Coordenadora e professora do programa de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo na UNIVAG, Várzea Grande/MT, Brasil.
jeane.rosin@univag.edu.br

Angelo Palmisano

Coordenador adjunto e professora do programa de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo na UNIVAG, Várzea Grande/MT, Brasil.
angelo.palmisano@univag.edu.br

Marcelo Luiz Perini Tarachuk

Mestrando em Arquitetura e Urbanismo UNIVAG / PUC Campinas, Brasil
ecoland@outlook.com

Recebido: 10 de abril de 2024

Aceito: 5 de junho de 2024

Publicado online: 19 de setembro de 2024

Resumo: O objetivo deste texto é analisar os riscos ambientais e sociais que a Amazônia enfrenta, devido à expansão das atividades econômicas e à exploração dos recursos naturais, com foco na necessidade de políticas integradas e ações sustentáveis para preservar o bioma. A Amazônia, considerada o pulmão do mundo, é vital para a regulação climática global e para a biodiversidade. No entanto, enfrenta ameaças severas de desmatamento, mudanças climáticas e pressão econômica. O estudo é justificado pela urgência de se encontrar soluções que equilibrem o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental, evitando que danos irreversíveis ocorram. O trabalho foi conduzido por meio de uma revisão bibliográfica abrangente, análise de dados ambientais e socioeconômicos, e estudos de caso sobre a implementação de políticas públicas na região amazônica. A abordagem interdisciplinar permitiu uma compreensão integrada dos impactos ambientais, sociais e econômicos das atividades humanas na Amazônia. Os resultados indicam que, apesar de avanços em algumas áreas de conservação, a expansão das fronteiras agrícolas e a exploração de recursos naturais continuam a exercer uma pressão significativa sobre os ecossistemas amazônicos. O estudo destaca a importância de políticas públicas mais eficazes e da cooperação internacional para a mitigação dos impactos. O estudo conclui que a preservação da Amazônia requer uma abordagem multifacetada, que inclua políticas de conservação pontual, incentivo a práticas econômicas sustentáveis e maior participação das comunidades locais. Apenas com ações coordenadas será possível garantir a sustentabilidade do bioma e seus serviços ecossistêmicos essenciais para o planeta.

Palavras-chave: Desmatamento. Governança Ambiental. Desenvolvimento Sustentável.

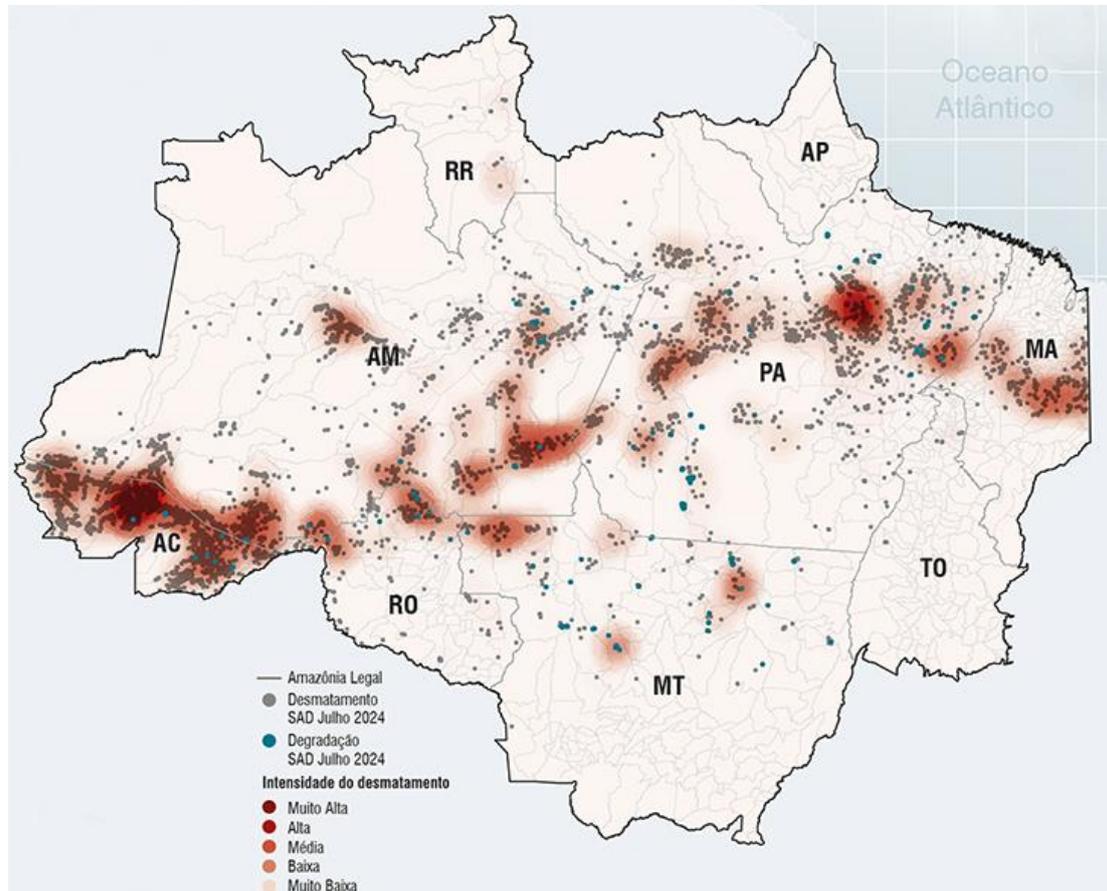
1 INTRODUÇÃO

A Amazônia Legal é uma região de importância global, não apenas por sua vasta biodiversidade, mas por desempenhar um papel importante na regulação do clima mundial. Entretanto, essa região enfrenta desafios significativos, resultantes da complexa interação entre desmatamento, pressões econômicas, mudanças climáticas, e as políticas de governança. O desmatamento, intensificado pela expansão agrícola e infraestrutura, compromete a biodiversidade e intensifica as emissões de gases de efeito estufa, agravando ainda mais as mudanças climáticas. Essa degradação torna os ecossistemas amazônicos mais vulneráveis, exacerbando eventos climáticos extremos, como secas e inundações. A interação entre pressões econômicas e política de governança insuficientes amplia a crise ambiental na região, ameaçando seu futuro sustentável.

A Figura 1 apresenta o mapa do desmatamento na Amazônia Legal registrado em julho de 2024, onde ilustra a distribuição geográfica das áreas afetadas pelo desmatamento e pela degradação florestal. As áreas em cinza indicam os locais onde o desmatamento foi detectado, enquanto os pontos em azul marcam as regiões de degradação. A intensidade do desmatamento é representada por diferentes tonalidades de vermelho, variando de "Muito Baixa" a "Muito Alta", com as áreas mais escuras refletindo uma concentração maior de atividades de desmatamento. O mapa revela que os estados do Acre (AC), Rondônia (RO), Pará (PA) e Maranhão (MA) são as regiões mais impactadas, com as áreas mais intensamente desmatadas localizadas ao longo das

fronteiras agrícolas e em zonas de expansão urbana e rural. Esses dados são cruciais para direcionar as políticas de conservação e as ações de fiscalização, focando nas áreas que apresentam maior vulnerabilidade ambiental.

Figura 1 – Mapa do desmatamento na Amazônia Legal em julho de 2024



Fonte: Sistema de Alerta do Desmatamento (SAD) – Imazon, 2024

O desmatamento intensificado pela expansão agrícola e pela construção de infraestrutura, é um dos principais responsáveis pela degradação ambiental na região. Esse processo não apenas compromete a biodiversidade local, mas também contribui para o aumento das emissões de gases de efeito estufa, exacerbando ainda mais as mudanças climáticas. Paralelamente, as mudanças climáticas globais têm acentuado a vulnerabilidade dos ecossistemas amazônicos, com a ocorrência cada vez mais frequente e intensa de eventos climáticos extremos, como secas prolongadas e inundações.

Nesse cenário, o foco central desta pesquisa é entender como as práticas de uso do solo, as políticas públicas e as iniciativas de mitigação afetam a capacidade da Amazônia de manter sua integridade ecológica e contribuir para a estabilidade climática global. Com este propósito, o objetivo principal do estudo é discutir os principais desafios enfrentados pela Amazônia Legal em termos de desmatamento, pressões

econômicas, e mudanças climáticas, a fim de encontrar possíveis respostas que integrem conservação ambiental e desenvolvimento econômico sustentável.

Para desenvolvimento do estudo, a metodologia foi estruturada a partir de uma revisão abrangente da literatura existente, complementada pela análise de dados sobre desmatamento, degradação florestal, avaliação das políticas públicas e iniciativas de mitigação em curso na Amazônia. Os dados foram coletados de fontes secundárias, incluindo relatórios governamentais, artigos científicos, e bases de dados que monitoram as mudanças no uso do solo. A análise dos resultados foi conduzida por meio de uma abordagem qualitativa, com foco em identificar as inter-relações entre os diversos fatores que contribuem para a degradação ambiental e a vulnerabilidade climática da região.

A análise dos resultados revela que, apesar das iniciativas de mitigação e das políticas de conservação implementadas, o desmatamento na Amazônia continua em níveis alarmantes. Este fenômeno não só acelera, as mudanças climáticas, mas também coloca em risco sua sustentabilidade. A análise destaca a identificação das principais falhas nas políticas de governança ambiental e na necessidade urgente de reavaliar as estratégias de desenvolvimento adotadas. Os resultados também indicam que, para assegurar a preservação da Amazônia e a estabilidade climática global, será imprescindível integrar o conhecimento científico, com as práticas tradicionais das comunidades locais, além de fortalecer a cooperação internacional em políticas públicas mais eficazes e sustentáveis.

2 DESAFIOS E PERSPECTIVAS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA

Nas últimas décadas o desenvolvimento sustentável da Amazônia Legal brasileira tem sido um tema central nas discussões sobre conservação ambiental e desenvolvimento econômico. Formalizado pela Comissão Brundtland em 1987, este conceito visa garantir que as necessidades do presente sejam atendidas sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazerem as suas próprias (Brundtland, 1987). Na Amazônia, sua aplicação enfrenta desafios únicos decorrentes da complexa interação entre a biodiversidade, atividades econômicas e populações locais. A região, que abriga cerca de 20% da biodiversidade mundial, desempenha um papel importante na regulação do clima global por meio do sequestro de carbono. No entanto, enfrenta crescentes pressões antrópicas, como o desmatamento e a degradação florestal, que ameaçam sua sustentabilidade (Fearnside, 2008).

O desmatamento na Amazônia, agravado nas décadas de 1970 e 1980 (Mahar, 1979), continua sendo uma das principais causas da degradação ambiental¹ na região. Estudos realizados pelo INPE (2023) indicam que, desde então, mais de 729 mil km² já foram desmatados no bioma Amazônia, em grande parte para a expansão da agricultura e da pecuária (INPE, 2023). Esse processo não apenas reduz a biodiversidade, mas também compromete a capacidade da Amazônia de atuar como um sumidouro de carbono, contribuindo para o aumento das emissões de gases de efeito estufa (Soares-Filho et al., 2010).

Além disso, as mudanças climáticas globais têm exacerbado esses problemas, intensificando eventos extremos, como secas prolongadas e enchentes, que afetam diretamente os ecossistemas amazônicos. Projeções climáticas sugerem que, se o desmatamento persistir, a Amazônia pode atingir um ponto de inflexão, transformando grandes áreas de florestas em savanas, um processo conhecido como "savanização" (Lovejoy e Nobre, 2019). Este cenário trágico comprometeria não apenas a biodiversidade local, mas também a estabilidade climática global, dada a importância da Amazônia na circulação atmosférica e no ciclo hidrológico (Lovejoy e Nobre, 2019).

Frente a este cenário, diversas políticas de conservação e governança ambiental foram implementadas ao longo dos anos para tentar frear o desmatamento e promover o desenvolvimento sustentável na região. Entre as iniciativas mais importantes está a criação de áreas protegidas e Terras Indígenas, que agora cobrem cerca de 43% da Amazônia Legal (Soares-Filho et al., 2010). Essas áreas têm se mostrado eficazes na redução das taxas de desmatamento, especialmente quando combinadas com a fiscalização e a implementação de políticas públicas consistentes (Nepstad et al., 2006).

No entanto, essas medidas enfrentam resistência de interesses econômicos poderosos, que pressionam por mudanças na legislação ambiental, como a flexibilização do Código Florestal/ 2012, aumentando o risco de desmatamento legalizado (Sparovek et al., 2012). Outro aspecto a ser considerado refere-se a governança ambiental, que também enfrenta desafios significativos, como a fragmentação institucional, a falta de coordenação entre níveis de governo e recursos insuficientes para a fiscalização (Bebbington et al., 2018). Além disso, iniciativas promissoras de desenvolvimento sustentável, como o manejo florestal e agroecologia, ainda carecem de apoio para serem amplamente adotadas (Guariguata, 2009).

Portanto, o histórico de desenvolvimento sustentável na Amazônia revela um cenário de avanços importantes, mas insuficientes frente às crescentes ameaças ambientais. É necessário fortalecer e expandir as políticas de conservação e governança

¹ Degradação florestal - Refere-se ao comprometimento da integridade das florestas remanescentes, que, perdem sua funcionalidade ecológica devido à extração seletiva de madeira, incêndios e outros distúrbios (Asner et al., 2005).

ambiental para garantir que a Amazônia continue a fornecer os serviços ecossistêmicos essenciais de que o mundo depende, enquanto promove o desenvolvimento econômico das populações locais de forma sustentável.

3 O IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA AMAZÔNIA E INICIATIVAS DE MITIGAÇÃO

Nos últimos anos, as mudanças climáticas intensificaram os impactos sobre os ecossistemas amazônicos, suscitando preocupações consideráveis. Estudos apontam que a floresta amazônica – vital para a regulação do clima global, está se tornando cada vez mais vulnerável a eventos climáticos extremos, como secas prolongadas e inundações, cuja frequência e intensidade têm aumentado devido ao aquecimento global (Lovejoy e Nobre, 2019).

Estudos recentes, como o de Lovejoy e Nobre (2019), apontam que a Amazônia está se aproximando de um ponto crítico climático, onde grande parte da floresta pode se transformar em savanas. Esse fenômeno, conhecido como "savanização", é impulsionado por uma combinação de desmatamento contínuo e mudanças nas condições climáticas, como a redução das chuvas e o aumento das temperaturas. Essa transição teria consequências catastróficas, afetando não apenas a biodiversidade regional, mas também o equilíbrio climático global, uma vez que a Amazônia atua como um dos maiores sumidouros de carbono do planeta.

Paralelamente, iniciativas para mitigar esses impactos têm sido desenvolvidas em diferentes escalas, desde políticas públicas até práticas de manejo sustentável. Uma das principais estratégias discutidas na literatura REDD+ (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation), que fornece incentivos econômicos para a preservação da floresta e contribui para a mitigação das mudanças climáticas globais (Lapola, 2013).

Bebington et al. (2018) destacam que as comunidades amazônicas estão implementando uma série de práticas adaptativas, como o manejo de sistemas agroflorestais e a proteção de recursos hídricos, para aumentar sua resiliência frente às alterações climáticas. Essas práticas não apenas ajudam a manter a subsistência das populações locais, mas também contribuem para a manutenção dos serviços ecossistêmicos que são essenciais para a estabilidade climática.

No âmbito governamental, o Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia (PPCDAm) implementado em 2004, têm desempenhado um papel fundamental na redução das taxas de desmatamento. Estudos como o de Soares-Filho et al. (2010), mostram que as áreas protegidas criadas sob este plano têm sido eficazes em conter a expansão agrícola e a degradação florestal, contribuindo assim para a

mitigação dos impactos climáticos. Além das abordagens baseadas em políticas, a adaptação ao clima emergiu como uma prioridade na pesquisa científica.

Contudo, os desafios permanecem significativos, com a pressão por expansão agrícola e mineração, além das políticas recentes que enfraqueceram a fiscalização ambiental, ameaçando os avanços nas últimas duas décadas. Nepstad et al. (2014) enfatizam a importância de fortalecer as instituições e garantir o financiamento adequado para políticas de mitigação, assegurando o papel importante da Amazônia no controle das mudanças climáticas.

A pesquisa recente destaca tanto as ameaças crescentes das mudanças climáticas, quanto as inúmeras iniciativas para mitigá-las. A combinação de esforços internacionais, políticas públicas nacionais e práticas locais oferece um caminho promissor, embora complexo, para a conservação da Amazônia e a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Amazônia Legal brasileira enfrenta uma série de desafios complexos que ameaçam sua integridade ecológica e a sustentabilidade das comunidades locais. O desmatamento e a degradação florestal impulsionados por pressões econômicas e expansão da infraestrutura, aceleram a perda de cobertura florestal, afetando a biodiversidade, o ciclo de carbono e serviços ecossistêmicos. Esse cenário exige não apenas a implementação de políticas públicas eficazes e uma governança ambiental, mas também uma abordagem inovadora que integre ciência e tecnologia para promover práticas de uso sustentável dos recursos naturais.

A resiliência dos ecossistemas amazônicos e das populações locais às mudanças climáticas torna-se uma prioridade urgente. Estratégias de adaptação, como a restauração ecológica, o manejo sustentável e a valorização do conhecimento tradicional são fundamentais para enfrentar os impactos climáticos crescentes. A pesquisa científica e a inovação tecnológica são ferramentas indispensáveis para desenvolver soluções que equilibrem conservação e desenvolvimento econômico, garantindo que a Amazônia continue desempenhando seu papel no equilíbrio climático global. Assim, é importante identificar caminhos que conciliem a preservação ambiental com as necessidades de desenvolvimento da região, promovendo um futuro sustentável para a Amazônia e para as futuras gerações.

4.1 Desmatamento e degradação florestal

O desmatamento na Amazônia, continua sendo a maior ameaça à biodiversidade e à sustentabilidade ambiental, impulsionado principalmente pela

conversão de florestas em áreas agrícolas e pastagens. Este processo tem implicações graves para o ciclo do carbono, conservação da biodiversidade e para o equilíbrio climático global (Fearnside, 2005).

Estudos recentes indicam que o desmatamento na Amazônia continua em níveis alarmantes, com um aumento significativo desde 2019 devido à flexibilização das políticas ambientais e a expansão de atividades agropecuárias (INPE, 2023).

O impacto direto dessas atividades sobre as mudanças climáticas é substancial. A floresta, que desempenha um papel importante no ciclo global do carbono, corre o risco de se tornar uma fonte líquida de emissões de carbono, liberando mais carbono do que absorve devido à degradação contínuas (Gatti et al., 2021). Essa mudança exacerba o aquecimento global e altera o ciclo hidrológico regional, resultando em mudanças nos padrões de precipitação, aumentando a frequência de secas, o que ameaça tanto a biodiversidade quanto as populações humanas que dependem dos recursos naturais da Amazônia (Lovejoy e Nobre 2019).

A sustentabilidade regional também é profundamente afetada por essas práticas destrutivas, na medida que contribui para a perda de serviços ecossistêmicos essenciais, como a regulação do clima, a purificação da água e a manutenção da fertilidade do solo (Foley et al., 2007). A redução da biodiversidade, diminui a capacidade da Amazônia de se adaptar às novas condições climáticas, comprometendo a estabilidade dos sistemas ecológicos e as oportunidades de desenvolvimento sustentável na região (Laurance et al., 2012).

Frente a este quadro, a complexidade dos desafios enfrentados pela Amazônia exige respostas integradas que abordem as raízes dos problemas. A implementação de políticas de conservação mais rigorosas, juntamente com o fortalecimento da governança ambiental, é essencial para reduzir o ritmo do desmatamento e mitigar os efeitos da degradação florestal (Nepstad et al., 2014). Iniciativas como a restauração de áreas degradadas e a promoção de práticas agroflorestais sustentáveis são promissoras para reconciliar a conservação ambiental com o desenvolvimento econômico na região (Guariguata, 2009). No entanto, para que essas iniciativas sejam eficazes, é necessário um compromisso contínuo com a proteção da floresta e de estratégias de desenvolvimento que priorizem a sustentabilidade a longo prazo.

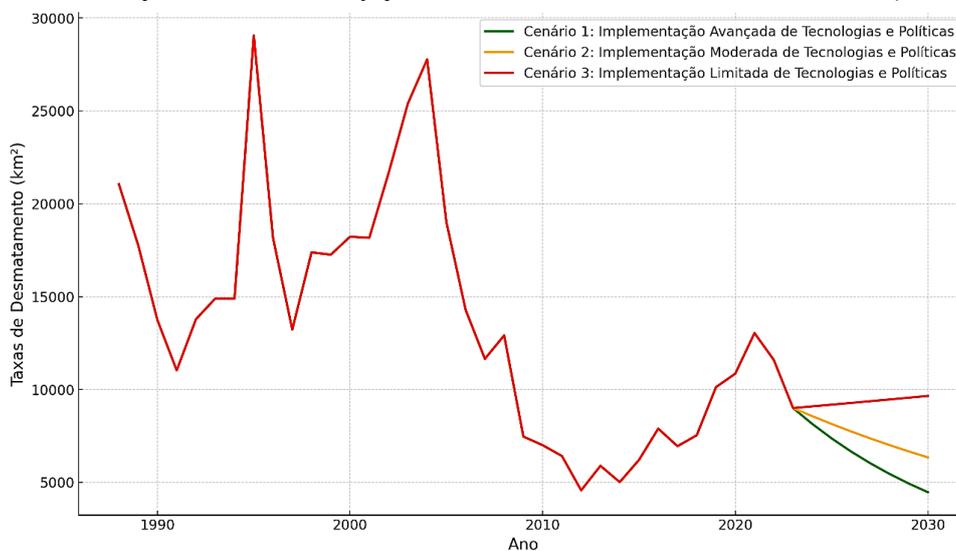
Para ilustrar a questão, a Figura 2 apresenta uma simulação de cenários projetando as taxas de desmatamento na Amazônia de 2024 a 2030, com base em diferentes níveis de implementação de tecnologias de monitoramento por satélite e políticas públicas de conservação. A simulação considera três cenários distintos:

- **Cenário 1: Implementação Avançada (Linha Verde)** - Neste cenário, a aplicação eficaz de tecnologias avançadas de sensoriamento remoto, e políticas rigorosas de controle do desmatamento, resulta em uma redução significativa e contínua nas taxas de desmatamento. Trata-se de um cenário otimista onde a integração

de tecnologia e políticas públicas consegue mitigar fortemente a perda de cobertura florestal.

- **Cenário 2: Implementação Moderada** (Linha Laranja) –Aqui a aplicação de tecnologias e políticas é moderada, resultando em uma redução mais lenta nas taxas de desmatamento. Embora haja progresso, ele é insuficiente para atingir uma redução drástica, refletindo o impacto limitado devido à implementação parcial.
- **Cenário 3: Implementação Limitada** (Linha Vermelha) – Este cenário assume uma aplicação limitada das tecnologias de monitoramento e das políticas de conservação, devido a restrições como falta de recursos ou de apoio político. As taxas de desmatamento podem permanecer elevadas ou aumentar refletindo um cenário pessimista onde as medidas adotadas são insuficientes para conter o desmatamento de forma eficaz.

Figura 2 – Simulação de Cenários: Projeção das Taxas de Desmatamento na Amazônia (2024-2030)



Fonte: Figura elaborada pelos autores, a partir da base de dados históricos do PRODES (INPE, 2023).

O gráfico (Figura 2), destaca a relação direta entre o grau de implementação de políticas ambientais e tecnológicas e as taxas de desmatamento projetadas. Ele serve como uma ferramenta analítica para demonstrar a importância de uma abordagem pontual e integrada na preservação da Amazônia, enfatizando que a eficácia das intervenções depende significativamente do comprometimento da implementação de tecnologias e políticas de conservação.

Diante desse cenário, é evidente que o desmatamento e a degradação florestal na Amazônia são questões de relevância global, com implicações diretas para o futuro do clima e da biodiversidade no planeta. A mitigação desses impactos requer ações coordenadas em diversos níveis, desde políticas públicas nacionais até a cooperação

internacional, assegurando que a Amazônia continue a desempenhar sua função vital na regulação climática e na sustentação da vida na Terra.

4.2 Pressões econômicas e infraestrutura

A busca pela implantação e expansão rede de infraestrutura e de áreas agrícolas pela forma que tem sido realizada na Amazônia ao longo dos anos, constitui um dos principais motores de degradação ambiental, impulsionando o desmatamento e alterando a paisagem natural. Desde a década de 1970, grandes projetos de desenvolvimento, como a construção da rodovia Transamazônica e a criação de áreas de colonização agrícola tem promovido uma transformação acelerada na região. (Fearnside, 2005). Esses projetos, incentivados por políticas governamentais que tinham por fim integrar a Amazônia ao restante do Brasil, provocou à conversão massiva de florestas em áreas agrícolas e pastoris, resultando em perdas significativas de biodiversidade e elevadas emissões de gases de efeito estufa (Foley et al., 2007).

A expansão da agricultura, especialmente da soja e da pecuária tem um impacto alarmante na Amazônia. A demanda crescente por terras agrícolas resulta na conversão direta de florestas em áreas cultiváveis, e incentiva a grilagem, que agrava ainda mais o desmatamento (Nepstad et al., 2014). A pecuária é a principal causa do desmatamento na Amazônia, responsável por cerca de 80% das áreas desmatadas (INPE, 2023). Esta expansão destrói a cobertura florestal, compromete os serviços ecossistêmicos como a regulação do ciclo hidrológico e a manutenção da qualidade do solo (Barona et al., 2010).

A expansão da infraestrutura, como estradas, ferrovias e hidrelétricas, intensifica as pressões sobre o meio ambiente amazônico. Novas estradas, facilitam o acesso a áreas remotas, acelerando o desmatamento e fragmentando habitats, o que ameaça inúmeras espécies de flora e fauna (Laurance et al., 2012). As hidrelétricas, por sua vez, embora promovam a geração de energia renovável, causam grandes impactos ambientais e sociais, incluindo a inundação de vastas áreas de floresta, a alteração dos regimes hidrológicos e a deslocação de comunidades indígenas e ribeirinhas (Fearnside, 2016).

As pressões econômicas e de infraestrutura na Amazonia são frequentemente justificadas pelo desenvolvimento econômico e da necessidade de crescimento do PIB nacional. No entanto, essas atividades beneficiam sobretudo os grandes produtores e as corporações multinacionais, enquanto as populações locais enfrentam as consequências do desmatamento e da degradação ambiental (Moutinho et al., 2016). O modelo de desenvolvimento na Amazônia tem sido amplamente criticado por ser insustentável a longo prazo, na medida em que compromete os recursos naturais e a base ecológica da região, essenciais para a sobrevivência das futuras gerações (Bebbington et al., 2018).

Embora as pressões econômicas e a expansão da infraestrutura continuem a impulsionar o crescimento econômico no curto prazo, os custos ambientais e sociais são imensos, colocando em risco a própria sustentabilidade da Amazônia. Para mitigar esses impactos, é essencial repensar as estratégias de desenvolvimento, incorporando princípios de sustentabilidade que conciliem o crescimento econômico com a conservação ambiental e o bem-estar das populações locais.

4.3 Resiliência e adaptação às mudanças climáticas

A crescente vulnerabilidade da Amazônia às mudanças climáticas exige o desenvolvimento urgente de estratégias que aumentem a resiliência² dos ecossistemas e das populações locais. Na Amazônia, essa capacidade está sendo severamente testada, com eventos climáticos extremos, como secas prolongadas e inundações, (Lovejoy e Nobre, 2019). A restauração florestal é uma das estratégias mais eficazes para fortalecer a resiliência dos ecossistemas amazônicos, na medida em que recupera áreas degradadas e reestabelece a conectividade entre fragmentos florestais, melhorando a estabilidade e a capacidade dos ecossistemas resistirem a distúrbios. (Brançalion et al., 2019). É importante lembrar que florestas restauradas atuam como sumidouros de carbono, ajudando a mitigar as emissões de gases de efeito estufa e a reduzir o impacto das mudanças climáticas (Strassburg et al., 2020).

Além da restauração, o manejo sustentável dos recursos naturais é essencial para fortalecer a resiliência na Amazônia. Práticas como a agrofloresta, têm se mostrado eficazes em aumentar a produtividade enquanto preservam a biodiversidade e serviços ecossistêmicos, além de promover a segurança alimentar, ainda facilita a adaptação às mudanças climáticas, na medida em que diversifica as fontes de renda e reduz a dependência de monoculturas vulneráveis.

No contexto das populações locais, especialmente comunidades indígenas e ribeirinhas, a adaptação às mudanças climáticas requer uma abordagem integrada que leve em consideração os conhecimentos tradicionais e as práticas culturais. Essas comunidades possuem um profundo conhecimento dos ecossistemas amazônicos e têm desenvolvido, ao longo de gerações, estratégias de manejo que promovem a resiliência e a adaptação aos desafios ambientais (Lovejoy e Nobre, 2019). Incorporar esse conhecimento em políticas públicas e programas de adaptação é fundamental para garantir que as soluções sejam culturalmente apropriadas e eficazes na promoção da resiliência comunitária (Davidson-Hunt & Berkes, 2001).

² A resiliência ecológica - Refere-se à capacidade dos ecossistemas de absorver distúrbios e reorganizar-se enquanto sofrem mudanças, mantendo essencialmente as mesmas funções e estruturas (Holling, 1973).

Adicionalmente, a criação e a gestão eficaz de áreas protegidas desempenham um papel importante na adaptação às mudanças climáticas na Amazônia, sobretudo por servirem como refúgios para a biodiversidade e ajudarem a manter os processos ecológicos que são essenciais para a resiliência dos ecossistemas (Heller & Zavaleta, 2009).

Finalmente, a resiliência às mudanças climáticas nesta região também depende da capacidade das instituições governamentais e das comunidades locais de implementar políticas e práticas de adaptação. Isso inclui fortalecer a governança ambiental, melhorar a capacidade de monitoramento e resposta a eventos extremos, promoção da educação e conscientização sobre os riscos climáticos (IPCC, 2014). A cooperação internacional também é fundamental, parcerias entre governos, ONGs e comunidades locais são necessárias para desenvolver e implementar estratégias eficazes de adaptação que possam garantir a sustentabilidade da Amazônia a longo prazo.

4.4 Governança e políticas públicas

A governança ambiental³ eficaz é um dos pilares fundamentais para garantir a sustentabilidade da Amazônia, especialmente diante das pressões econômicas e dos impactos das mudanças climáticas que ameaçam sua integridade ecológica. Historicamente, a região tem sido alvo de políticas que priorizam a exploração dos recursos naturais como forma de impulsionar o crescimento econômico, (Fearnside, 2005). Esse modelo de desenvolvimento tem se mostrado insustentável a longo prazo, resultando em elevados índices de desmatamento, degradação florestal e perda de biodiversidade (Soares-Filho et al., 2010). Para reverter esse quadro, é necessário implementar políticas públicas que promovam o uso sustentável dos recursos naturais, incentivem práticas econômicas de baixo impacto ambiental e fortaleçam as áreas protegidas e os direitos das populações tradicionais.

Um exemplo bem-sucedido de governança ambiental na Amazônia é o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm)⁴, implementado pelo governo brasileiro em 2004, elaborado para reduzir as taxas de desmatamento na Amazônia durante a primeira década de sua implementação (Nepstad et al., 2014). No entanto, a recente flexibilização de algumas dessas políticas e

³ A governança ambiental - Refere-se à estrutura de envolve regras, práticas e instituições que orientam direcionam a gestão dos recursos naturais e determinam como as decisões sobre o meio ambiente são tomadas e implementadas (Lemos & Agrawal, 2006).

⁴ O PPCDAm é um modelo de política pública que busca equilibrar a conservação ambiental com o desenvolvimento econômico, ao promover o manejo sustentável dos recursos naturais e incentivar a recuperação de áreas degradadas. Esse plano, que combina ações de monitoramento por satélite, criação de áreas protegidas e reforço da fiscalização ambiental.

a redução do orçamento para fiscalização ambiental ameaçam reverter os ganhos obtidos, destacando a necessidade de uma governança mais consistente (INPE, 2023).

Tais aspectos, evidenciam o quanto a governança ambiental na Amazônia depende de uma coordenação eficaz entre os níveis de governo—federal, estadual e municipal, além da participação ativa das comunidades locais e da sociedade civil. A descentralização da gestão ambiental, quando acompanhada de capacitação e recursos adequados, pode melhorar a eficácia das políticas públicas, adaptando-as às realidades locais e garantindo maior legitimidade e aceitação pelas populações afetadas (Agrawal & Ribot, 1999). Contudo, a falta de coordenação e de clareza nas responsabilidades entre os diferentes níveis de governo pode levar à sobreposição de esforços, ineficiências e, em última análise, à degradação ambiental (Lemos & Agrawal, 2006).

A participação das populações indígenas e ribeirinhas, é importante para o sucesso das políticas de conservação na Amazônia. Essas comunidades possuem conhecimentos tradicionais sobre a gestão dos recursos naturais, que podem complementar as abordagens científicas e tecnológicas modernas. Políticas públicas que incentivam a cogestão de áreas protegidas, como as Reservas Extrativistas, têm mostrado que é possível integrar a conservação ambiental com o desenvolvimento econômico local, proporcionando meios de subsistência sustentáveis para as populações locais enquanto protegem a floresta (Lovejoy e Nobre, 2019).

Iniciativas internacionais, como o Fundo Amazônia, têm fornecido recursos importantes para projetos de conservação e desenvolvimento sustentável na região (Moutinho et al., 2016). No entanto, a continuidade e a eficácia dessas iniciativas dependem de compromissos duradouros tanto por parte dos países doadores quanto do governo brasileiro, que precisa garantir que os recursos sejam utilizados de forma transparente e eficaz.

Portanto, para enfrentar os desafios emergentes, a governança ambiental e as políticas públicas na Amazônia devem ser fortalecidas, equilibrando a conservação da floresta com as necessidades de desenvolvimento econômico da região. Apenas com uma governança eficaz, que promova a participação inclusiva, a transparência e a cooperação, será possível garantir a sustentabilidade da Amazônia e, com ela, a estabilidade climática global.

4.5 Pesquisa científica e inovação

A Amazônia, essencial para a biodiversidade e para a regulação climática global, requer uma abordagem científica e tecnológica que considere sua complexidade ecológica e social. A continuidade da pesquisa científica é essencial para desenvolver soluções inovadoras que conciliem a conservação com o desenvolvimento sustentável (Laurance et al., 2012). Essa abordagem pela ciência deve ser interdisciplinar

e participativa, integrando escalas de análise, do molecular ao ecossistêmico, e incorporando tanto o saber científico quanto o conhecimento tradicional das populações indígenas e ribeirinhas (Davidson-Hunt & Berkes, 2003).

Nesse sentido, a inovação tecnológica é importante para o monitoramento e a gestão sustentável dos recursos naturais. Tecnologias como o sensoriamento remoto, drones e inteligência artificial têm revolucionado a capacidade de monitorar grandes áreas da floresta, permitindo a detecção rápida e precisa de mudanças no uso do solo, desmatamento e degradação florestal (Souza et al., 2020). O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), líder global nesse campo, utiliza programas como o PRODES, para monitorar o desmatamento na Amazônia desde 1988, fornecendo dados essenciais para políticas públicas e fiscalização (INPE, 2023). Integradas a sistemas de alerta precoce, essas tecnologias potencializam as estratégias de conservação e de combate às atividades ilegais, como a exploração madeireira e a mineração.

A inovação tecnológica pode aprimorar práticas de manejo, como a restauração ecológica, que recupera áreas degradadas, restabelece a conectividade ecológica e aumenta a capacidade de sequestro de carbono da floresta (Strassburg et al., 2020), além de promover a conservação da biodiversidade e o desenvolvimento de uma bioeconomia sustentável na região.

A bioeconomia representa uma fronteira promissora para a inovação na Amazônia, ao valorizar produtos florestais não madeireiros e ao explorar o potencial biotecnológico da biodiversidade amazônica (Lovejoy e Nobre, 2019). Para sua concretização, é necessário investir em pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico, garantindo a exploração sustentável de novos produtos e processos, com benefícios equitativos para as comunidades locais (Moutinho et al., 2016).

Finalmente, a pesquisa científica na Amazônia deve ser conduzida em um espírito de colaboração interdisciplinar e internacional, dada sua importância global para a regulação do clima e a conservação da biodiversidade. É essencial que cientistas de diversas disciplinas e países trabalhem juntos para enfrentar os desafios complexos da região. Iniciativas como o Programa de Pesquisa em Mudanças Climáticas Globais (PPMCG) do Brasil demonstram a importância de integrar diferentes áreas do conhecimento, para desenvolver soluções inovadoras que sejam eficazes, equitativas, garantindo o desenvolvimento da Amazonia e o bem-estar de suas populações (Gibbs et al., 2015).

Para uma melhor compreensão das questões abordadas por este estudo, foi elaborada uma matriz de análise, com uma visão integrada dos principais desafios enfrentados pela Amazônia Legal, abordando desmatamento e degradação florestal, pressões econômicas e infraestrutura, resiliência e adaptação às mudanças climáticas, governança e políticas públicas, e pesquisa científica e inovação. Cada um desses

elementos está interligado, afetando o desenvolvimento regional de forma complexa e multifacetada.

Quadro 1 - Matriz de análise dos desafios

Tópico	Descrição	Impactos Negativos	Soluções Propostas	Referências
Desmatamento e Degradação Florestal	A conversão de florestas em áreas agrícolas e pastoris é um dos principais motores da destruição florestal, agravado pela degradação seletiva, incêndios e outras práticas que comprometem a integridade dos ecossistemas.	<ul style="list-style-type: none"> - Perda de biodiversidade - Alterações no ciclo do carbono, aumentando emissões de CO2 e CH4 - Alterações no ciclo hidrológico, levando a secas e mudanças nos padrões de precipitação 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementação de políticas de conservação mais rigorosas - Restauração de áreas degradadas - Promoção de práticas agroflorestais sustentáveis 	Fearnside (2005); Asner et al. (2005); INPE (2023); Gatti et al. (2021)
Pressões Econômicas e Infraestrutura	Expansão agrícola, especialmente soja e pecuária, e infraestrutura como estradas e hidrelétricas são motores chave de desmatamento e degradação na Amazônia.	<ul style="list-style-type: none"> - Destruição de cobertura florestal - Fragmentação de habitats - Emissão de gases de efeito estufa - Impactos negativos em comunidades locais 	<ul style="list-style-type: none"> - Reavaliação das estratégias de desenvolvimento - Implementação de políticas que conciliem crescimento econômico com conservação ambiental - Responsabilidade corporativa e conscientização global 	Fearnside (2005); Soares-Filho et al. (2010); Laurance et al. (2012); Nepstad et al. (2014)
Resiliência e Adaptação às Mudanças Climáticas	A resiliência ecológica da Amazônia está sendo testada devido às mudanças climáticas, exigindo a adoção de práticas que protejam e fortaleçam os serviços ecossistêmicos.	<ul style="list-style-type: none"> - Vulnerabilidade crescente a eventos climáticos extremos (secas, inundações) - Redução da capacidade adaptativa da Amazônia 	<ul style="list-style-type: none"> - Restauração florestal - Manejo sustentável dos recursos naturais - Integração de conhecimento tradicional em políticas públicas - Criação e gestão eficaz de áreas protegidas 	Holling (1973); Brancalion et al. (2019); Lovejoy e Nobre (2019)
Governança e Políticas Públicas	Governança ambiental e políticas públicas são essenciais para equilibrar conservação e desenvolvimento	<ul style="list-style-type: none"> - Fragmentação institucional - Corrupção e insuficiência de recursos - Falta de 	<ul style="list-style-type: none"> - Fortalecimento das instituições ambientais - Descentralização da gestão ambiental com capacitação adequada 	Lemos & Agrawal (2006); Bebbington et al. (2018); Nepstad et al. (2014)

	econômico na Amazônia.	coordenação entre níveis de governo	- Inclusão de comunidades locais na tomada de decisões - Cooperação internacional para financiamento de projetos de conservação	
Pesquisa Científica e Inovação	A pesquisa contínua e a inovação tecnológica são fundamentais para entender e mitigar os desafios enfrentados pela Amazônia, promovendo o desenvolvimento sustentável.	- Potencial subexplorado da bioeconomia - Desafios na integração de conhecimento científico e tradicional	- Uso de tecnologias como sensoriamento remoto e IA para monitoramento - Desenvolvimento de bioeconomia sustentável - Colaboração interdisciplinar e internacional na pesquisa	Laurance et al. (2012); Davidson-Hunt & Berkes (2003); Souza et al. (2020); Moutinho et al. (2016)

A matriz de análise apresentada destaca convergências e conflitos ao abordar as questões ambientais e socioeconômicas da Amazônia, com ênfase na sustentabilidade e conservação ambiental. Ela enfatiza a necessidade de estratégias sustentáveis, como práticas agroflorestais, restauração de áreas degradadas e manejo sustentável dos recursos naturais, alinhadas à necessidade global de conservar a Amazônia e enfrentar as mudanças climáticas.

A matriz ressalta importância da integração de conhecimentos e o fortalecimento institucional, combinando saberes científicos e tradicionais para enfrentar os desafios complexos da região. Ela destaca a importância da colaboração de múltiplos agentes e a combinação de diferentes formas de conhecimento, assegurando uma abordagem mais holística e inclusiva. Também ressalta a responsabilidade social e a conscientização global, ressaltando que a solução dos problemas na Amazônia exige cooperação internacional, com implicações para todo o planeta.

Entretanto, a matriz reafirma os conflitos identificados anteriormente, entre as pressões econômicas, a expansão, de infraestrutura, e os esforços de conservação ambiental. Equilibrar crescimento econômico e preservação ambiental representa um desafio considerável, especialmente diante de interesses econômicos poderosos. Além disso, a tensão entre práticas adaptativas e eventos climáticos extremos destaca a complexidade de implementar sustentabilidade em meio à crescente vulnerabilidade da Amazonia às mudanças ambientais.

Por fim, a matriz ressalta desafios tecnológicos e de conhecimento, especialmente na integração do conhecimento científico com o tradicional e à subexploração da bioeconomia. A tensão entre o potencial das inovações tecnológicas e científicas e as dificuldades práticas de aplicá-las é evidente. A complexidade cultural

e a diversidade biológica da Amazônia tornam a implementação dessas soluções ainda mais desafiadora. Assim, as soluções exigem equilíbrio, para não comprometer a conservação e desenvolvimento sustentável na região.

5 CONCLUSÃO

A Amazônia enfrenta desafios ambientais e socioeconômicos interligados, como o desmatamento, pressões econômicas, mudanças climáticas, governança e inovação científica. A expansão agrícola e a construção de infraestrutura, intensificam o desmatamento e a degradação florestal, transformando a Amazônia, de um sumidouro de carbono em uma fonte significativa de emissões de gases de efeito estufa.

Embora justificadas pelo crescimento, as pressões econômicas seguem um caminho insustentável ambiental e socialmente. A expansão agrícola, e a infraestrutura aceleram a degradação ambiental, comprometendo ecossistemas locais e a estabilidade climática global, além de esgotar os recursos naturais e ameaçar o bem-estar das populações locais e a resiliência ecológica da Amazônia.

Frente a esses desafios, torna-se imperativo priorizar a resiliência dos ecossistemas amazônicos e das populações dependentes, por meio de práticas de restauração florestal, manejo sustentável e integração de conhecimentos tradicionais. Isso exige uma governança ambiental aprimorada, capaz de equilibrar conservação ambiental e desenvolvimento econômico, fortalecendo instituições, descentralizando a gestão e envolvendo as comunidades locais.

Além disso, a pesquisa científica e a inovação tecnológica são essenciais para enfrentar os desafios da Amazônia. Investimentos contínuos em pesquisa e desenvolvimento são necessários para explorar a bioeconomia e promover o uso sustentável dos recursos naturais. A colaboração interdisciplinar e internacional pode desenvolver soluções inovadoras que integrem conservação ambiental e desenvolvimento econômico, garantindo que a Amazônia continue a desempenhar um papel central na regulação climática global.

Para finalizar, recomenda-se fortalecer as instituições de governança ambiental na Amazônia, promovendo a restauração de áreas degradadas, o manejo sustentável dos recursos naturais e a incorporação do conhecimento tradicional. Revisar estratégias de desenvolvimento com foco na sustentabilidade e incentivar pesquisa científica e a inovação tecnológica, são essenciais para garantir um futuro sustentável para a Amazônia.

5 REFERENCIAL

AGRAWAL, A.; RIBOT, J. Accountability in Decentralization: A Framework with South Asian and West African Cases. **Journal of Developing Areas**, v. 33, n. 4, p. 473-502, 1999.



- ARAGÃO, L. E. O. C. et al. 21st Century Drought-Related Fires Counteract the Decline of Amazon Deforestation Carbon Emissions. **Nature Communications**, v. 9, n. 1, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02771-y>
- ASNER, G. P. et al. Selective logging in the Brazilian Amazon. **Science**. 2005 Oct 21;310(5747):480-2. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1118051>
- BARONA, E. et al. The Role of Pasture and Soybean in Deforestation of the Brazilian Amazon. **Environmental Research Letters**, v. 5, n. 2, 2010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/5/2/024002>
- BEBBINGTON, A. et al. Resource extraction and infrastructure threaten forest cover and community rights. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 115(52), 13164-13173, 2018. <https://doi.org/10.1073/pnas.1812505115>
- BRANCALION, P. H. S. et al. Global Restoration Opportunities in Tropical Rainforest Landscapes. **Science Advances**, v. 5, n. 7, 2019. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aav3223>
- BRUNDTLAND, G. H. **Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development**. United Nations, 1987. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2024.
- DAVIDSON-HUNT, I. J. AND BERKES, F. (2001). Nature and society through the lens of resilience: toward a human-in-ecosystem perspective. **Navigating Social-Ecological Systems**, 53-82, 2001. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511541957.006>
- FEARNSIDE, P.M. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, rates and consequences. **Conservation Biology** 19(3): 680-688, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00697.x>
- FEARNSIDE, P. M. Environmental and Social Impacts of Hydroelectric Dams in Brazilian Amazonia: Implications for the Aluminum Industry. **World Development**, v. 77, p. 48-65, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.08.015>
- FEARNSIDE, P. M. The Roles and Movements of Actors in the Deforestation of Brazilian Amazonia. **Ecology and Society**, vol. 13, no. 1, 2008. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/26267941>. Acesso em: 20 ago. 2024.
- FOLEY, J. A. et al. Amazonia Revealed: Forest Degradation and Loss of Ecosystem Goods and Services in the Amazon Basin. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 5, n. 1, p. 25-32, 2007. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[25:ARFDAL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[25:ARFDAL]2.0.CO;2)
- GATTI, L. V. et al. Amazonia as a Carbon Source Linked to Deforestation and Climate Change. **Nature**, v. 595, p. 388-393, 2021. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41586-021-03629-6>. Acesso em: 20 ago. 2024.
- GIBBS, H. K. et al. Brazil's soy moratorium. **Science**, 347(6220), 377-378, 2015. <https://doi.org/10.1126/science.aaa0181>
- GUARIGUATA, M. R. Tropical forest management and climate change Adaptation. **rev.estud.soc.** [online], n.32, pp.98-112, 2009. ISSN 0123-885X. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0123-885X2009000100008. Acesso em: 20 ago. 2024.



GUARIGUATA, Manuel R. Tropical Forest Management and Climate Change Adaptation. *rev.estud.soc.* [online]. 2009, n.32, pp.98-112. ISSN 0123-885X.

HELLER, N. E.; ZAVALETA, E. S. Biodiversity Management in the Face of Climate Change: A Review of 22 Years of Recommendations. **Biological Conservation**, v. 142, n. 1, p. 14-32, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.10.006>

HOLLING, C. S. Resilience and Stability of Ecological Systems. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 4, p. 1-23, 1973. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>

IMAZON - Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. **Sistema de Alerte do Desmatamento (SAD)**, 2024. Disponível em: <https://imazongeo.org.br/#/> . Acesso 24 ago 2024.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite**. Brasília: INPE, 2023. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes> . Acesso em: 20 ago. 2024.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. <https://doi.org/10.1017/cbo9781107415379>.

LAPOLA, D. M. et al Pervasive transition of the Brazilian land-use system. **Nature Climate Change**, v. 4, n. 1, p. 27-35, 20 dez. 2013.

LAURANCE, W. F. et al. Averting Biodiversity Collapse in Tropical Forest Protected Areas. **Nature**, v. 489, p. 290-294, 2012. <https://doi.org/10.1038/nature11318>

LEMOS, M. C.; AGRAWAL, A. Environmental Governance. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 31, n. 1, p. 297-325, 2006. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.31.042605.135621>

LOVEJOY, T. E.; NOBRE, C. Amazon tipping point: Last chance for action. **Science Advances**, v. 5, n. 12, p. eaba2949, 2019. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aba2949>

MAHAR, D.J. **Frontier Development Policy in Brazil: A Study of Amazonia**. Praeger, Nova York, E.U.A., 1979.

MOUTINHO, P.; et al. Achieving Zero Deforestation in the Brazilian Amazon: What is Missing? **Elementa: Science of the Anthropocene**, v. 4, n. 000125, 2016. <https://doi.org/10.12952/journal.elementa.000125>

NEPSTAD, D. et al. Inhibition of Amazon deforestation and fire by parks and indigenous lands. **Conservation Biology**, v. 20, n. 1, p. 65–73, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00351.x>

NEPSTAD, D. et al. Slowing Amazon Deforestation Through Public Policy and Interventions in Beef and Soy Supply Chains. **Science**, v. 344, n. 6188, p. 1118-1123, 2014. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1248525>

LOVEJOY, T. E.; NOBRE, C. A. . Amazon tipping point: last chance for action. **Science Advances**, 5(12), 2019. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aba2949>

SOARES-FILHO, B. et al. Role of brazilian amazon protected areas in climate change mitigation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 107(24), 10821-10826, 2010. <https://doi.org/10.1073/pnas.0913048107>



SOTERRONI, A. C. et al. Expanding the soy moratorium to brazil's cerrado. **Science Advances**, 5(7), 2019.
<https://doi.org/10.1126/sciadv.aav7336>

SOUZA, C. M. et al. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine. **Remote Sensing**, 12(17), 2735, 20220.
<https://doi.org/10.3390/rs12172735>

SPAROVEK, G. et al. Brazilian agriculture and environmental legislation: status and future challenges. **Environmental Science & Technology**, 44(16), 6046-6053, 2010.
<https://doi.org/10.1021/es1007824>

STRASSBURG, B. B. N. et al. Global Priority Areas for Ecosystem Restoration. **Nature**, v. 586, p. 724-729, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2784-9>