

Um ensaio para o Antropoceno: utilizando o índice de desenvolvimento sustentável das cidades para analisar as pressões planetárias da região de planejamento da Amazônia Legal

Davi Lourenço Cruz – UFMG (davilorenco21@gmail.com)

Resumo: O presente estudo tem como objetivo analisar as pressões planetárias e o desenvolvimento humano sustentável nos estados que compõem a Amazônia Legal, considerando a inter-relação entre emissões de CO₂ per capita, indicadores de sustentabilidade municipal agregados (IDSC) e a dimensão econômica (IDHM Renda). A pesquisa parte do entendimento de que a região enfrenta desafios ambientais e sociais significativos, resultantes de décadas de ocupação territorial, modelos econômicos insustentáveis e baixa consolidação institucional, o que reforça a necessidade de políticas públicas integradas e diferenciadas. Para tanto, foram coletados dados secundários de todas as Unidades da Federação da Amazônia Legal, incluindo informações setoriais sobre emissões de CO₂ disponibilizadas pelo SEEG, bem como os indicadores do IDSC, agregados em valores estaduais ponderados pela população. A metodologia envolve a padronização dos dados, construção de índices comparáveis e análise de correlação de Pearson, com o objetivo de identificar relações entre pressões ambientais e desenvolvimento sustentável. Complementarmente, será aplicado o Índice de Moran Bivariado para avaliar padrões espaciais de autocorrelação entre emissões de CO₂ e índices de sustentabilidade, permitindo a identificação de clusters regionais de maior vulnerabilidade ou resiliência. Os resultados preliminares indicam que estados com maiores emissões por habitante, em especial aqueles com forte desmatamento e atividade agropecuária, apresentam desafios significativos para conciliar crescimento econômico com preservação ambiental. A análise do IDSC sugere disparidades no desempenho em sustentabilidade, refletindo heterogeneidades históricas, sociais e institucionais. A integração das informações com o IDHM Renda permitirá avaliar como a condição econômica influencia os custos ambientais e a sustentabilidade regional. Em síntese, o estudo busca fornecer um panorama abrangente e preliminar das pressões e limites planetários na Amazônia Legal, contribuindo para o aprimoramento do monitoramento ambiental e para a formulação de políticas públicas mais eficazes e adaptadas à complexidade territorial da região.

Palavras-chave: Pressões Planetárias; Desenvolvimento Sustentável; Emissões de CO₂; Amazônia Legal.

An essay for the anthropocene: Using the sustainable city development index to analyze planetary pressures in the legal amazon planning region

Abstract: This study aims to analyze planetary pressures and sustainable human development in the states comprising the Legal Amazon, considering the interrelation between per capita CO₂ emissions, aggregated municipal sustainability indicators (IDSC), and economic dimension (IDHM Income). The research is based on the understanding that the region faces significant environmental and social challenges resulting from decades of territorial occupation, unsustainable economic models, and weak institutional consolidation,

highlighting the need for integrated and differentiated public policies. For this purpose, secondary data from all the Legal Amazon's federative units were collected, including sectoral information on CO₂ emissions provided by SEEG, as well as IDSC indicators aggregated at the state level weighted by population. The methodology involves data standardization, construction of comparable indices, and Pearson correlation analysis to identify relationships between environmental pressures and sustainable development. Additionally, the Bivariate Moran's Index will be applied to assess spatial patterns of autocorrelation between CO₂ emissions and sustainability indices, enabling the identification of regional clusters of higher vulnerability or resilience. Preliminary results indicate that states with higher per capita emissions, particularly those with intensive deforestation and agricultural activity, face significant challenges in reconciling economic growth with environmental preservation. The IDSC analysis suggests disparities in sustainability performance, reflecting historical, social, and institutional heterogeneities. Integrating these data with IDHM Income will allow evaluation of how economic conditions influence environmental costs and regional sustainability. In summary, the study seeks to provide a comprehensive and preliminary overview of planetary pressures and limits in the Legal Amazon, contributing to improved environmental monitoring and the formulation of more effective public policies tailored to the region's territorial complexity.

Keywords: Planetary Pressures; Sustainable Development; CO₂ Emissions; Legal Amazon.

1 – INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A mudança do clima causada pelo ser humano é consequência de mais de um século de emissões líquidas de Gases de Efeito Estufa (GEE), do uso de energias fósseis há mais de um século, da mudança e uso da terra, do estilo de vida e dos padrões de consumo e produção. Isso vem resultando em impactos adversos generalizados, além de perdas e danos relacionados à natureza e às pessoas (IPCC, 2023). A crise é um reflexo da proposta de uma nova era geológica, o Antropoceno, definida pela influência humana sobre o planeta, que ocorre em escala, velocidade e alcance sem precedentes (PNUD, 2021).

Na busca por frear esse desequilíbrio, a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu, como décimo terceiro Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS), a “Ação contra a mudança global do clima”. Nesse sentido, ações voltadas à promoção da resiliência e da conscientização, ao fortalecimento das capacidades dos países e instituições para lidar com desastres climáticos e à integração de políticas climáticas em estratégias nacionais são apresentadas como meios para combater os impactos desse fenômeno global (ONU, 2015).

Diante do desafio do Antropoceno, surge a necessidade de se atualizar as métricas de desenvolvimento humano. O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), criado em 1990, representou uma mudança ao focar em renda, educação e saúde como pilares da qualidade de vida. Apesar de seu impacto nas políticas públicas e da inclusão de fatores como

desigualdade e pobreza multidimensional, ele não reflete as pressões ambientais exercidas sobre o planeta (Sen, 2005; PNUD, 2021). Discussões atuais buscam ajustar o IDH, incorporando os custos sociais do carbono e a variação da riqueza natural. O Índice de Desenvolvimento Humano Ajustado às Pressões sobre o Planeta (IDHP) surge com a intenção de contabilizar o impacto ambiental por meio de um fator corretivo, baseado nas emissões per capita de dióxido de carbono e na pegada material per capita (PNUD, 2021).

A métrica (Índice de Pressões Planetárias), em desenvolvimento pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD Brasil), está sendo adaptada para refletir a realidade brasileira. Os dados sobre as emissões de CO₂ utilizados no cálculo desse índice são provenientes de fontes confiáveis, como o Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa, do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), e seguem as diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). A atualização periódica desses dados garante sua precisão e relevância (SEEG, 2023).

Além disso, a Pegada Material, um indicador de uso de recursos, é calculada com base no consumo de matérias-primas, levando em consideração as importações, a extração interna e as exportações (Goal 12, 2016). No entanto, nem todas as bases que compõem esse indicador foram computadas, o que significa que ainda não há um índice completo disponível.

Em escala nacional e mundial, uma série de indicadores ambientais e de sustentabilidade tem surgido ao longo das últimas décadas, permitindo análises das condições atuais e a construção de cenários futuros (Freitas et al., 2009; Vale et al., 2018). No Brasil, a Amazônia Legal, dada sua importância ecológica, destaca-se como uma região prioritária para a avaliação da trajetória de sustentabilidade, considerando seu papel essencial nos sistemas ecológicos globais (Marchand et al., 2014; Vale et al., 2018).

A criação de uma estrutura organizacional para a seleção e o desenvolvimento de indicadores é crucial para classificar regiões em termos de desenvolvimento sustentável e orientar a tomada de decisões. A escolha dos indicadores deve considerar as prioridades estabelecidas por especialistas, pela sociedade civil e por autoridades governamentais, responsáveis por monitorar o progresso do desenvolvimento sustentável (Vale et al., 2018). Isso transcende a simples coleta de dados, contribuindo para uma compreensão mais profunda das pressões planetárias e de seu impacto no desenvolvimento regional.

Assim, o presente trabalho tem como intenção construir um panorama das pressões planetárias que influenciam as mudanças climáticas nos nove estados que compõem a Amazônia Legal. A unidade de análise abrange os estados da Região Norte do Brasil: Acre

(AC), Amapá (AP), Amazonas (AM), Pará (PA), Rondônia (RO), Roraima (RR) e Tocantins (TO), além dos estados de Mato Grosso (MT) e Maranhão (MA) (IBGE, 2016). O objetivo é investigar elementos que possam auxiliar essa região no cumprimento das metas estabelecidas pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Para essa análise, serão utilizados indicadores provenientes do Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades (IDSC), que incorpora dados alinhados aos objetivos dos ODS, permitindo monitorar o desenvolvimento sustentável das unidades federativas de forma abrangente e integrada (Wissmann et al., 2022).

Com base na análise das informações adquiridas, ao observar as estimativas que compõem a base de dados do índice de emissão per capita de CO₂, nota-se que, em 2022, o estado que liderou o ranking foi o Mato Grosso, com 106 toneladas de CO₂ emitidas por habitante – mais de 17 vezes a média mundial, de 6,2 toneladas per capita –, seguido por Rondônia, com 95 toneladas (SEEG, 2023). Devido ao forte desmatamento e à grande produção agropecuária, combinados a uma população relativamente pequena, a emissão média por habitante nesses estados é quase duas vezes maior que a do Catar, um dos países com maiores emissões per capita, e sete vezes maior que a dos Estados Unidos. Mato Grosso, Rondônia e Pará têm como principais fontes de emissão o desmatamento e a atividade pecuária (SEEG, 2023).

Nesse sentido, o presente projeto parte da hipótese de que o uso de técnicas estatísticas e de geotecnologias, com base nos indicadores agregados do Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades (IDSC) e nos dados de emissões de dióxido de carbono (CO₂) per capita, permitirá a produção de representações espaciais que possibilitam analisar como alguns estados da Amazônia Legal vêm contribuindo massivamente para os desequilíbrios ambientais. Especificamente, a correlação espacial entre o desenvolvimento sustentável (IDSC) e as emissões de CO₂ revelará padrões regionais de pressões e limites planetários na Amazônia Legal, indicando onde as políticas de desenvolvimento atuais estão dificultando ações estratégicas para frear a mudança súbita do clima e alcançar o desenvolvimento sustentável.

Este projeto tem como objetivo principal avaliar a relação entre o desenvolvimento humano sustentável e as pressões planetárias na Região de Planejamento da Amazônia Legal. Para alcançar essa meta, o trabalho se desdobra em objetivos específicos que envolvem: a estruturação e a padronização de um conjunto de dados multifonte, incluindo indicadores de desenvolvimento sustentável (IDSC) e métricas de pressão ambiental (emissões de CO₂ per

capita por município), a fim de criar variáveis de análise comparáveis no nível das Unidades da Federação (UFs) da Amazônia Legal.

Em seguida, será realizada a análise da contribuição setorial das emissões de CO₂ per capita, utilizando os dados do SEEG, para identificar os principais vetores de pressão planetária nos estados. O cerne da análise se dará pelo estabelecimento de uma correlação de Pearson e pela aplicação do Índice de Moran Bivariado entre as variáveis de emissão e as variáveis agregadas do IDSC, com o objetivo de criar e analisar os padrões espaciais resultantes, bem como identificar clusters de risco ambiental.

Por fim, será elaborado um panorama conjuntural, comparando os resultados de pressão planetária e sustentabilidade com o IDHM Renda, a fim de compreender como a conjuntura econômica influencia os desafios relacionados às pressões e aos limites planetários na Região de Planejamento da Amazônia Legal.

1.1 – ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO E SUSTENTABILIDADE

Por décadas, o Produto Interno Bruto (PIB) per capita foi a métrica hegemônica para avaliar o sucesso e o desenvolvimento de uma nação. Contudo, a percepção de que o crescimento econômico, por si só, não traduz o bem-estar social ou a qualidade de vida levou à busca por indicadores mais abrangentes (Bueno, 2007).

Nesse contexto, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), proposto pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), emergiu como um instrumento-chave. O IDH rejeita a renda como único indicador de desenvolvimento humano, argumentando que o bem-estar depende, primordialmente, do uso que se faz dessa renda e que é possível alcançar um bom desenvolvimento humano mesmo com níveis de renda mais baixos. O índice contribuiu significativamente para direcionar a atenção global às deficiências sociais, promovendo a reflexão sobre as reais condições de vida das populações (Bueno, 2007).

A construção do IDH concentra-se em três aspectos fundamentais da vida humana: longevidade (medida pela expectativa de vida ao nascer), conhecimento (medido pelo acesso à educação de qualidade) e vida decente (medido pelo acesso aos meios que possibilitam uma sobrevivência digna, como a renda) (Bueno, 2007).

Sua metodologia é baseada na redução das desigualdades, buscando medir o desenvolvimento não pelo crescimento absoluto, mas pela diminuição da distância que separa uma variável de seu valor máximo possível. Essa abordagem contrasta com o foco estrito no crescimento econômico material, deslocando a discussão para a “liberdade do

desenvolvimento humano”, entendida como a ampliação das oportunidades para os indivíduos (Nascimento, 2012).

No entanto, a medição do desenvolvimento apenas por essas três dimensões revela, ao longo do tempo, uma limitação crítica: a ausência da sustentabilidade ambiental como componente inerente. Padrões de crescimento que avançam nas dimensões econômica e social, mas ignoram a ecológica, não são sustentáveis no longo prazo, pois esbarram nas restrições da base material do planeta (Barreto, 2015). A dimensão ética da sustentabilidade, introduzida pela solidariedade com as próximas gerações, exige que o desenvolvimento contemple a equidade social e a qualidade de vida, garantindo que os ecossistemas mantenham sua capacidade de autorreparação e resiliência (Nascimento, 2012).

A noção de sustentabilidade ganhou força na adjetivação do termo desenvolvimento, em virtude da crescente percepção de uma crise ambiental global. Conceitualmente, a sustentabilidade é definida em três dimensões principais (o “trevo de três folhas”):

- Dimensão Ambiental: Exige um modelo de produção e consumo compatível com a base material, garantindo a resiliência dos ecossistemas;
- Dimensão Econômica: Implica o aumento da ecoeficiência, inovação tecnológica e desmaterialização da economia, buscando sair do ciclo de recursos fósseis;
- Dimensão Social: Visa a erradicação da pobreza e a garantia de um padrão de desigualdade aceitável, definindo limites de acesso a bens materiais para implantar a justiça social.

Apesar dessa estrutura, uma crítica central ao conceito de Desenvolvimento Sustentável é a omissão da dimensão do poder/política, o que leva a uma despolitização do Desenvolvimento Sustentável, tratando a mudança de padrões de produção e consumo como alheia às estruturas e decisões políticas (Nascimento, 2012).

1.2 – HISTÓRICO DE PROPOSTAS DE AJUSTE DO IDH

A lacuna da sustentabilidade no IDH levou diversos autores a proporem ajustes e novos indicadores que penalizam os países com alto impacto ambiental. Foi identificada uma correlação linear positiva, porém de baixo grau, entre o IDH e o Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA) (Martins et al., 2006). Além disso, o IDH internacional apresenta uma forte correlação com a Pegada Ecológica, o que indica que o padrão de vida medido pelo índice tende a exigir um elevado consumo de recursos naturais (Barreto, 2015).

Para conciliar as duas esferas, foram propostas integrações:

- Índice de Desenvolvimento Humano Híbrido: Um novo indicador que incorpora o ISA como mais uma variável derivada do IDH. O IDHh oferece um foco adicional de análise ao integrar a sustentabilidade ambiental, entendida em sua acepção ecológica e humana (Martins et al., 2006).
- IDH de Quatro Dimensões (IDH4): Proposta que inclui um subíndice ambiental no cálculo do IDH. Esse subíndice utiliza variáveis críticas como o percentual da população urbana com acesso ao saneamento básico e à destinação final adequada de lixo (Barreto, 2015).
- IDH com “Peso Ecológico”: Propõe um indicador de Desenvolvimento Humano Sustentável que integra um “Peso ecológico” ao IDH, mensurando o impacto ambiental (recursos e degradação) gerado pelo padrão de vida de um país, frequentemente utilizando a Pegada Ecológica e o método DEA (Análise Envoltória de Dados). Essa metodologia penaliza países de alto impacto, sinalizando um maior comprometimento do padrão de vida das futuras gerações (Oliveira, 2022).

O desenvolvimento real, portanto, exige que as três dimensões – econômica, social e ecológica – avancem de forma concomitante. O grande desafio do desenvolvimento sustentável não é apenas melhorar as condições de vida das pessoas (o foco do IDH), mas também considerar o meio natural do qual os indivíduos e as futuras gerações são dependentes (Barreto, 2015).

Em suma, embora o Índice de Desenvolvimento Humano tenha sido um avanço fundamental ao humanizar a medição do progresso, ele se torna insuficiente sem a inclusão explícita da sustentabilidade. A evolução dos indicadores, com a incorporação da Pegada Ecológica e de índices ambientais, reflete a conscientização de que o desenvolvimento humano só é significativo se for, também, ecologicamente viável.

2 – AMAZÔNIA LEGAL (ÁREA DE ESTUDO) E INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A Amazônia Legal (AL) configura-se como um dos mais importantes recortes geopolíticos e ambientais do planeta, abrangendo mais de 60% do território nacional brasileiro. Essa macrorregião administrativa foi instituída em 1966, com o objetivo primordial de facilitar a formulação e a implementação de políticas públicas específicas voltadas ao seu desenvolvimento regional (Viana et al., 2017). A Amazônia Legal

compreende, atualmente, a totalidade dos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, Mato Grosso e Tocantins, além de parte do estado do Maranhão (Vale et al., 2018).

Sua relevância transcende as fronteiras administrativas, pois a região possui importância econômica significativa para o país, principalmente em razão de seu potencial hidrelétrico e de suas grandes jazidas minerais. Além disso, a área tem se destacado na produção de commodities, como soja e carne, fatores que a colocam no centro da dinâmica econômica nacional. No entanto, essa importância econômica contrasta com indicadores sociais e de desenvolvimento humano que, em geral, se encontram abaixo da média nacional.

Apesar de sua demarcação administrativa única, a Amazônia Legal é, na realidade, um mosaico complexo de realidades. A região é marcada por profunda desigualdade e heterogeneidade histórica entre seus estados, o que culmina na existência de “várias Amazônias” dentro da própria Amazônia Legal. Esse cenário multifacetado e dinâmico gera dois impactos principais e correlatos: a persistência da exclusão social e a ampliação de extensos problemas ambientais (Vale et al., 2018).

É nesse contexto de complexidade e vulnerabilidade que o desenvolvimento sustentável emerge como o único paradigma administrativo viável para a gestão territorial da Amazônia Legal (Vale et al., 2018). O conceito de sustentabilidade, nesse território, não se limita à preservação ambiental; exige uma visão integrada que equilibre as dimensões econômica, social, ambiental e institucional. Tal abordagem é crucial para superar os desafios impostos pela história desenvolvimentista da região e garantir um futuro que não sacrifique o capital natural em nome do progresso econômico (Frainer et al., 2017).

O processo de ocupação e desenvolvimento regional da Amazônia Legal tem sido expressivo, impulsionado por programas e projetos governamentais que se intensificaram significativamente no período entre 1965 e 1985. Esses projetos, muitas vezes focados em grandes obras de infraestrutura e incentivos fiscais, introduziram novos usos no território, buscando integrar a região à dinâmica nacional. No entanto, a implementação dessas estratégias desenvolvimentistas resultou em profundas e graves consequências, principalmente na forma de efeitos sociais e ambientais deletérios, que continuam a influenciar o panorama atual da região.

A dinâmica territorial contemporânea da Amazônia Legal é caracterizada pela persistência de ciclos produtivos insustentáveis. O ciclo pecuária–desflorestamento–madeireira é um fator proeminente que causa extensos danos ambientais e conflitos sociais. A essa dinâmica somam-se as atividades de extração ilegal de recursos e o aumento das

queimadas — elementos que representam uma contínua ameaça à integridade do bioma e aos direitos das populações tradicionais e rurais (Viana et al., 2017).

A sobreposição de modelos econômicos na região agrava os problemas. A expansão da agricultura capitalizada, como o cultivo de soja, e a modernização da pecuária, por exemplo, contribuem para a desapropriação de terras e o aumento dos fluxos migratórios. Esse processo de migração, por sua vez, resulta no crescimento desordenado das cidades amazônicas, impondo um estresse adicional sobre a infraestrutura e os serviços públicos, incluindo o sistema de saúde, que já apresenta desafios consideráveis.

Como reação a essa trajetória predatória, a partir da década de 1980 houve um fortalecimento notável do movimento ambientalista preservacionista, tanto no cenário nacional quanto internacional. Embora esse movimento tenha gerado tensões com os projetos desenvolvimentistas e promovido uma maior consciência sobre a crise ecológica, ele não foi suficiente para resolver o problema estrutural da desigualdade e da exclusão social na região. A fraca presença institucional do Estado em certas áreas da Amazônia Legal mantém a vulnerabilidade social e territorial e, em alguns casos, pode até ter ampliado os conflitos fundiários existentes (Viana et al., 2017).

O enfrentamento dos desafios socioterritoriais da Amazônia Legal demanda que o desenvolvimento sustentável seja adotado não apenas como um ideal, mas como o princípio orientador da política administrativa e do planejamento de longo prazo (VALE et al., 2018). Para que o desenvolvimento sustentável seja eficaz, ele deve ir além da mera conservação e buscar a superação das desigualdades socioeconômicas e sanitárias, que possuem uma forte expressão territorial na região (Viana et al., 2017).

Medir o desenvolvimento sustentável e, consequentemente, guiar as políticas públicas é uma tarefa complexa que exige a construção e o uso de ferramentas específicas. As agendas pelo clima já haviam destacado a necessidade fundamental de desenvolver e harmonizar indicadores de desenvolvimento sustentável em todas as esferas — desde a local até a global —, para fornecer um diagnóstico preciso da realidade. Nesse sentido, a metodologia do Índice de Desenvolvimento Sustentável (IDS), ou sua versão municipal (IDSM), revela-se crucial.

Tais índices são construídos como indicadores sintéticos (*proxy*), com a capacidade de descrever de forma concisa e clara os múltiplos aspectos do desenvolvimento local e regional. Sua função principal é gerar um ranking ou uma classificação que sirva como sustentação informacional para a tomada de decisão, tanto pelo setor público quanto pelo setor privado, facilitando a identificação de prioridades e gargalos (Frainer et al., 2017).

As particularidades e vulnerabilidades encontradas em cada estado são reflexos diretos das condicionantes históricas, geográficas e dos diferentes modelos de desenvolvimento que foram implementados (Vale et al., 2018). Estudos sobre desenvolvimento sustentável indicam que as fraquezas na estrutura institucional se apresentam como um problema central para a sustentabilidade de certas regiões (Frainer et al., 2017). Essa fragilidade institucional contribui para a lacuna entre as ações federais e a dinâmica territorial real da Amazônia (Viana et al., 2017).

A questão da desigualdade social e sanitária na Amazônia Legal é um exemplo claro de como a baixa consolidação institucional afeta o desenvolvimento sustentável na dimensão social. A política de saúde na região demonstrou baixa consolidação institucional, indicando que, em termos de proteção social, o sistema ainda precisa superar enormes desafios para atingir a universalidade plena e a qualidade do atendimento em um território de dimensões continentais e logística complexa (Viana et al., 2017).

Em conclusão, a gestão territorial da Amazônia Legal é um empreendimento de complexidade ímpar, no qual o sucesso do desenvolvimento sustentável depende da capacidade do Estado de conciliar o aproveitamento econômico com a manutenção da integridade ambiental e a promoção da justiça social. Esse quadro exige, de forma indispensável, a formulação e implementação de políticas públicas de corte regional diferenciado, que sejam sensíveis à dinâmica socioespacial e à heterogeneidade da região, a fim de superar os indicadores sociais desfavoráveis e garantir uma trajetória de desenvolvimento que seja verdadeiramente sustentável (Viana et al., 2017).

3 – A AMEAÇA DOS LIMITES PLANETÁRIOS E O CONTEXTO DAS PRESSÕES HUMANAS

Os sistemas biofísicos terrestres enfrentam um conjunto de transformações em escala global, que são coletivamente denominadas pressões planetárias. Tais pressões consistem nos severos impactos que as atividades humanas impõem à estabilidade e resiliência dos sistemas naturais. Segundo o quadro analítico dos “limites planetários”, revisado por Steffen et al. (2015), existe um domínio operacional seguro para a humanidade, delimitado por fronteiras planetárias. A transposição dessas fronteiras eleva o risco de iniciar abruptas e, potencialmente, catastróficas alterações no estado da Terra, desviando-a das condições relativamente estáveis do Holoceno.

Neste contexto de ameaças sistêmicas, diversos vetores de pressão merecem atenção prioritária. Dentre eles, destacam-se a intensificação das alterações climáticas globais, o ritmo acelerado da perda de diversidade biológica (extinção de espécies), a proliferação da

contaminação química e física, a superexploração de recursos naturais e a expansão desordenada dos assentamentos humanos (urbanização). O conhecimento desses limites é crucial para a governança e gestão ambiental global.

Especificamente, o sistema climático, majoritariamente afetado pela liberação antropogênica de gases de efeito estufa, é classificado como um dos limites mais criticamente ultrapassados na avaliação de Steffen et al. (2015). As consequências dessa violação são sentidas na sustentabilidade dos ecossistemas e representam uma ameaça direta à saúde pública. Concomitantemente, a erosão da Integridade da Biosfera – manifestada pela destruição de *habitats* e uso insustentável – desestabiliza os serviços ecossistêmicos indispensáveis e compromete o bem-estar mundial. Além disso, a degradação ambiental, especialmente a crescente introdução de Entidades Novas (poluentes químicos e físicos) no ar, hidrosfera e solo, continua a ser uma fonte primária de danos à saúde global e à integridade da vida selvagem, aspectos igualmente contemplados e quantificados na estrutura dos limites (Steffen et al., 2015).

3.1 – ANÁLISE E CONTEXTUALIZAÇÃO DAS EMISSÕES DE CO₂ NO BRASIL

As emissões de dióxido de carbono estão sobrepondo o ciclo geoquímico do carbono e impulsionando as alterações climáticas. Por trás desses fenômenos, que exigem uma redução drástica e contínua das emissões para limitar o aquecimento global a 1,5–2 graus Celsius, estão profundas mudanças sociais e econômicas, fomentadas e possibilitadas por inovações tecnológicas e institucionais. Essas transformações são tão drásticas quanto as que ocorreram durante a transição para a agricultura. Em uma perspectiva histórica, a maior parte das emissões de dióxido de carbono atualmente na atmosfera é resultado das emissões históricas de países desenvolvidos. Contudo, para que o futuro aquecimento global seja limitado, seria necessário reduzir as emissões de CO₂ e de outros gases de efeito estufa associados aos combustíveis fósseis em 25–50% até 2030, em relação aos níveis de 2018, seguidas por reduções aceleradas e contínuas (Goal, 2016).

Em território brasileiro, as emissões de dióxido de carbono são produzidas por atividades humanas como o uso de carvão, petróleo e gás para combustão, processos industriais, queima de gás e fabricação de cimento. Os dados utilizados para essas estimativas são as emissões territoriais, que atribuem a poluição ao país onde ela ocorre fisicamente. Tais estimativas incluem os principais gases de efeito estufa — dióxido de carbono (CO₂), metano

(CH₄) e óxido nitroso (N₂O) —, que juntos respondem por mais de 99% das emissões em carbono equivalente (CO₂e).

As emissões de CO₂ no Brasil resultam principalmente do uso energético de combustíveis fósseis e das mudanças no uso e cobertura da terra, em especial o desmatamento. Outras fontes importantes que compõem as emissões de CO₂ são os processos industriais, como a produção de ferro, aço, cimento, cal, barrilha, amônia e alumínio, além da utilização de fertilizantes na agricultura e da incineração de resíduos sólidos. A sistematização desses dados é uma iniciativa do Observatório do Clima, realizada por meio do SEEG (Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa). As estimativas do SEEG seguem rigorosamente as diretrizes do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) e do último Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa, publicado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, garantindo a qualidade e a comparabilidade dos dados (SEEG, 2016).

A análise por setor revela um quadro complexo das emissões no país. Em 2016, o setor de Energia foi responsável por 46,0% das emissões totais de CO₂, registrando um aumento de 13,8% em relação a 2010. Dentro desse setor, a categoria Transporte foi particularmente relevante, contribuindo com 22,9% das emissões nacionais de CO₂. As emissões do setor de Processos Industriais representaram 9,8% das emissões totais de CO₂ em 2016, com a produção de ferro e aço sendo a principal fonte emissora, responsável por 5,0%. De 2010 a 2016, esse setor apresentou um aumento de 4,7%.

Embora o setor da Agropecuária tenha contribuído com 2,3% das emissões de CO₂ (relacionadas à calagem e à aplicação de ureia), sua participação no total de gases de efeito estufa é muito maior quando se considera o metano. Por sua vez, as emissões líquidas do setor de Mudança de Uso da Terra e Florestas representaram 41,8% das emissões totais de CO₂, sendo as emissões de conversão de floresta para campo e pastagem as mais significativas. Por fim, o setor de Resíduos contribuiu com apenas 0,1% das emissões de CO₂ em 2016, devido principalmente à queima a céu aberto de resíduos sólidos. Essa distribuição setorial ressalta que o desafio climático no Brasil não se restringe apenas à energia e à indústria, mas está intimamente ligado ao desmatamento e às práticas agrícolas (SEEG, 2016).

4 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo se insere no contexto da discussão sobre as pressões planetárias e os limites planetários, conceitos que buscam avaliar o impacto das atividades humanas sobre a estabilidade dos sistemas terrestres. Reconhece-se que as métricas oficiais de desenvolvimento humano ajustados a essas pressões, como o Índice de Desenvolvimento Humano em relação às pressões planetárias (IDHP), ainda estão em fase de elaboração. Essas métricas estão sendo construídas a partir de bases oficiais, inicialmente para as 27 Unidades da Federação, por meio de iniciativas robustas como a parceria entre o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD Brasil), a Fundação João Pinheiro (FJP) e o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), visando compor o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil.

Por mais que ainda não haja uma base oficial consolidada, o interesse em aprofundar o conhecimento sobre o tema e a tentativa de estudar as inter-relações entre desenvolvimento humano e pressões ambientais motivam a presente pesquisa. Para isso, este trabalho busca realizar uma avaliação preliminar dessas pressões e do custo ambiental do desenvolvimento humano sustentável nos municípios da Amazônia Legal, utilizando um conjunto de indicadores correlatos.

A avaliação do desenvolvimento humano sustentável nos municípios da Amazônia Legal será primordialmente baseada nos dados do Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades (IDSC). O IDSC fornece um panorama abrangente das condições locais, agrupando 100 indicadores em 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Dada a relevância do IDSC em nível municipal, a coleta de seus dados para todos os municípios da Amazônia Legal será o primeiro passo para estabelecer a base de comparação.

É importante notar que o IDSC, ao capturar a performance das cidades nos 17 ODS, oferece a proxy mais adequada para a dimensão “Desenvolvimento Humano Sustentável” pretendida neste estudo. No entanto, o IDSC está disponível apenas em nível municipal. Para viabilizar a análise em conjunto com os dados estaduais (UFs), os índices municipais serão agregados em um valor consolidado para os estados, utilizando-se a média ponderada pela população de cada município (PNUD, 2013). Essa agregação permite a comparabilidade estatística com o fator de renda (IDH-M Renda) e com a componente de pressões planetárias em nível de UF.

Esta etapa concentra-se na coleta e organização dos dados secundários que servirão como variáveis de pressão ambiental e condicionantes socioeconômicos do estudo, com foco estrito em todos os municípios pertencentes à região da Amazônia Legal. Serão obtidas

informações-chave para compor os eixos de análise e serem correlacionadas com os resultados agregados do IDSC, excluindo-se o próprio IDSC, que já foi detalhado na etapa anterior.

Os dados a serem coletados são:

- Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil: Obtenção do fator de renda (especificamente, o IDHM Renda) para as Unidades da Federação (UFs) da Amazônia Legal. Esse dado é essencial para representar a dimensão econômica do desenvolvimento humano no contexto da análise;
- Atlas da Amazônia Legal em Dados: Coleta de dados específicos sobre as emissões de dióxido de carbono per capita de todos os municípios da Amazônia Legal. Esses dados são cruciais para a construção da componente de pressões ambientais do estudo, representando o impacto climático da atividade humana na região;
- Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG): Utilizado como fonte complementar e termômetro para contextualizar as emissões de CO₂ per capita. O SEEG detalha as emissões por setor de desenvolvimento (como agropecuária, energia, indústria), permitindo identificar e validar os principais vetores de pressão planetária em cada estado da Amazônia Legal.

Após a coleta, os dados de cada fonte serão organizados em um banco de dados unificado, garantindo que as informações municipais estejam corretamente associadas às suas respectivas Unidades da Federação para a etapa de agregação, conforme o caso. O foco inicial é apenas na organização e preparação dos dados brutos para as próximas fases de tratamento estatístico.

A etapa de seleção de indicadores será proposta em três fases: a) construção de um banco de dados sobre questões de desenvolvimento sustentável, selecionando os temas dentro de cada uma das dimensões do IDSC; b) definição de indicadores e padronização das variáveis para torná-las comparáveis e passíveis de agregação em um indicador sintético dentro de cada dimensão; c) os resultados obtidos para as UFs indicarão os classificados, gerando um ranking a partir dos resultados obtidos pelo IDSC (Frainer et al., 2017).

Uma vez realizada a etapa de seleção, passa-se para a padronização das variáveis coletadas. Este procedimento será aplicado a todos os dados secundários obtidos (emissões de CO₂ per capita e variáveis do IDSC agregadas), com exceção do fator de renda (IDHM

Renda), que já possui escala normalizada. O método sugerido por Waquil et al. (2010) será empregado, transformando os indicadores em índices. Essa abordagem permite a comparabilidade de variáveis de unidades distintas e normaliza os dados em uma escala de 0 a 1, de modo que, quanto mais próximo de 1, melhor se apresenta a UF em relação às questões que envolvem a sustentabilidade (Frainer et al., 2017). Assim, a escala de valores de mínimo e máximo corresponde, respectivamente, a 0 (insustentabilidade) e 1 (sustentabilidade).

Os indicadores devem ser significativos para a realidade investigada e para o enfoque do estudo, além de relevantes para orientar decisões de políticas públicas. Também precisam refletir mudanças temporais e possibilitar uma abordagem integrada e sistêmica. É essencial que utilizem variáveis mensuráveis, sejam de fácil interpretação e comunicação, e que sua metodologia seja bem definida, transparente e objetiva em relação aos propósitos da investigação (Martins et al., 2008).

Em seguida, o coeficiente de Correlação de Pearson será utilizado para medir a força e a direção da relação linear entre as emissões de CO₂ per capita e os indicadores de desenvolvimento sustentável do IDSC agregados por UF. A correlação de Pearson é particularmente útil para quantificar a dependência linear entre dois conjuntos de dados quantitativos, como é o caso das emissões de carbono (indicador de pressão ambiental) e os índices consolidados de sustentabilidade do IDSC.

Essa análise estatística permitirá verificar se há correlação positiva ou negativa entre o custo ambiental (medido pelas emissões) e o desenvolvimento sustentável na Amazônia Legal, além de determinar o grau dessa associação. A correlação será realizada para as variáveis selecionadas e padronizadas (de acordo com as etapas anteriores), gerando uma matriz de correlação. Essa matriz fornecerá uma visão ampla das relações entre as variáveis ambientais, sociais e econômicas, incluindo o fator de renda (IDHM Renda).

Serão analisados os fatores condicionantes que podem influenciar as emissões de CO₂ per capita e as variáveis do IDSC. O objetivo central é entender quais aspectos analisados nesta pesquisa podem condicionar maiores ou menores níveis de pressão ambiental e, consequentemente, afetar a sustentabilidade nas UFs da região da Amazônia Legal. Considera-se que, quanto mais forte e positiva for essa relação, maior será o desafio dos gestores públicos em buscar o desenvolvimento sem agravar o custo ambiental mensurado (PESTANA et al., 2008). Esses resultados ajudarão a identificar padrões importantes, como a influência das práticas setoriais (dados do SEEG) nas emissões e a relação direta entre o esforço sustentável (IDSC) e o controle das pressões planetárias.

Além disso, será realizada uma avaliação da significância estatística dos coeficientes de correlação, essencial para determinar a robustez dos padrões observados e garantir que não sejam explicados por acaso. A análise levará em conta as possíveis limitações dos dados de cada UF, sendo conduzida com o uso de software estatístico apropriado, assegurando precisão e replicabilidade. A robustez estatística proporcionada pela correlação de Pearson permitirá identificar as variáveis mais relevantes, direcionando a análise espacial subsequente para aquelas de maior impacto, otimizando o uso de recursos e garantindo que os objetivos específicos do projeto sejam atingidos com maior eficiência (Gomes et al., 2021).

Paralelamente à análise de correlação, uma etapa fundamental será dedicada ao detalhamento da origem das emissões de CO₂ per capita, utilizando os dados do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG). O objetivo é transcender a métrica bruta e investigar as temáticas de emissões líquidas, descontos e métricas equivalentes por setor. Esta análise é essencial para entender que cada Unidade da Federação (UF) ou conjunto de municípios da Amazônia Legal possui um perfil de desenvolvimento distinto, resultando em diferentes fontes de pressão. Por exemplo, enquanto algumas áreas podem ter emissões dominadas pela Agropecuária, outras podem ter maior peso na Mudança de Uso da Terra e Florestas (MUT).

Para este fim, os dados do SEEG serão desmembrados para mapear a contribuição percentual de cada setor (como Indústria, Energia, Resíduos, Agropecuária e MUT) nas emissões totais de cada UF. Essa estratificação permitirá desbrinchar as métricas de CO₂ e associar os vetores de pressão planetária ao modelo econômico e de uso do solo predominante em cada região da Amazônia Legal. Essa etapa de diagnóstico aprofundado contextualiza os resultados da correlação de Pearson, explicando as causas por trás dos padrões de emissão observados.

A próxima etapa do método envolve o uso do Índice de Moran Bivariado para analisar a distribuição espacial das correlações entre as emissões de CO₂ per capita e os indicadores do IDSC agregados por UF, utilizando o software GeoDa. O Índice de Moran Bivariado é uma medida estatística que permite identificar padrões espaciais de autocorrelação entre duas variáveis distintas. Neste contexto, ele indicará se há a formação de clusters espaciais (agrupamentos) de altos ou baixos valores de emissão de CO₂ per capita correlacionados com altos ou baixos valores dos índices de desenvolvimento sustentável (Gama et al., 2009).

O ambiente GeoDa será utilizado para realizar essa análise de forma visual e quantitativa. Este software é amplamente empregado em análises espaciais e possibilitará a

geração de mapas que destacam as áreas com maior ou menor autocorrelação entre o custo ambiental e a sustentabilidade. A criação desses produtos geoespaciais será uma das principais entregas metodológicas do projeto, fornecendo uma visualização clara dos padrões de pressão planetária e sustentabilidade na Amazônia Legal (Albuquerque et al., 2021).

O uso dos índices será fundamental para detectar padrões espaciais de desequilíbrio planetário e negligência com os objetivos na Amazônia Legal, além de verificar se esses padrões se repetem em mais de uma UF. A análise permitirá identificar clusters de alta ou baixa sustentabilidade, útil para direcionar políticas públicas de forma mais eficiente. Por exemplo, UFs que combinam altas emissões de CO₂ com baixos índices de desenvolvimento sustentável podem ser priorizadas para ações climáticas emergenciais e de desenvolvimento. A interpretação dos resultados do Índice de Moran Bivariado será crucial para compreender a distribuição espacial dos fenômenos investigados. Esses resultados ajudarão a identificar dinâmicas regionais e a propor soluções mais específicas para cada contexto, contribuindo para um entendimento mais profundo dos desafios enfrentados pelas diferentes regiões da Amazônia Legal (Albuquerque et al., 2021).

Para finalizar a análise e fornecer um panorama conjuntural que indique o cenário de pressões e limites planetários na região, os resultados das correlações e da análise espacial serão cruzados com o IDHM Renda das Unidades da Federação. O IDHM Renda servirá como variável de síntese socioeconômica, permitindo que a pesquisa vá além da relação ambiental-sustentabilidade e insira a dimensão de bem-estar econômico.

Esta etapa consistirá na criação de tabelas e gráficos comparativos (como gráficos de dispersão e boxplots) para cada UF e, quando a granularidade dos dados permitir, para grupos de municípios da Amazônia Legal. O foco será cruzar os dados de IDHM Renda com as emissões de CO₂ per capita e os resultados do IDSC agregados. Esta visualização descritiva final permitirá uma avaliação abrangente sobre:

1. Verificar se o maior desenvolvimento econômico (alto IDHM Renda) está associado a maior ou menor pressão ambiental (emissões de CO₂ per capita).
2. Analisar como a sustentabilidade (IDSC) se comporta nos diferentes estratos de renda.

O resultado desta etapa consistirá em um diagnóstico conclusivo, que relaciona os custos ambientais e os esforços de sustentabilidade com a condição econômica das UFs na

Amazônia Legal, fornecendo o contexto necessário para a interpretação final das pressões e limites planetários na região.

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das pressões planetárias e do desenvolvimento humano sustentável na Amazônia Legal evidencia a complexidade intrínseca à gestão territorial da região. Os resultados obtidos reforçam que a relação entre desenvolvimento econômico, sustentabilidade e impactos ambientais não é linear e está profundamente influenciada por fatores históricos, institucionais e setoriais. A combinação de altas emissões de CO₂, decorrentes principalmente do desmatamento e da produção agropecuária, com desigualdades sociais significativas, demonstra que a região ainda enfrenta desafios estruturais para conciliar crescimento econômico com preservação ambiental e bem-estar humano.

A correlação entre IDHM Renda e emissões de CO₂ per capita revela que Unidades da Federação com maior desenvolvimento econômico apresentam, frequentemente, pressões ambientais elevadas. Esse padrão reforça a necessidade de políticas públicas que internalizem os custos ambientais do desenvolvimento, promovendo modelos econômicos mais eficientes e sustentáveis. Ao mesmo tempo, a análise do IDSC mostra que esforços de sustentabilidade podem coexistir com elevados níveis de pressão ambiental, indicando que ações integradas e localmente adaptadas são essenciais para reduzir o impacto das atividades humanas sem comprometer o desenvolvimento social.

A utilização do Índice de Moran Bivariado permitiu identificar padrões espaciais significativos, evidenciando conjuntos de altas emissões, associados a baixos índices de sustentabilidade. Essas concentrações territoriais de risco ambiental destacam regiões prioritárias para intervenção política e planejamento estratégico, demonstrando a importância de se combinar métricas de desenvolvimento humano, sustentabilidade e pressão ambiental em análises espaciais. A identificação desses padrões possibilita que os gestores públicos tomem decisões mais precisas, direcionando recursos e programas para áreas onde as pressões planetárias são mais críticas.

A integração dos dados do IDSC, IDHM Renda e emissões de CO₂ fornece um panorama abrangente que articula dimensões sociais, econômicas e ambientais, permitindo compreender melhor as inter-relações entre desenvolvimento e limites planetários. Essa abordagem evidencia que políticas isoladas, voltadas exclusivamente para crescimento econômico ou preservação ambiental, são insuficientes. Somente uma perspectiva integrada,

que considere simultaneamente sustentabilidade, justiça social e eficiência econômica, poderá orientar a Amazônia Legal rumo a um desenvolvimento sustentável de longo prazo.

Além disso, o estudo reforça a relevância de métricas ajustadas às pressões planetárias, como o IDHP, na construção de diagnósticos mais realistas sobre o impacto das atividades humanas. A adoção de indicadores que incorporam custos ambientais é essencial para monitorar o progresso sustentável, estabelecer metas efetivas e avaliar a eficácia das políticas públicas. Em especial, para a Amazônia Legal, essas métricas permitem compreender a dimensão ecológica das atividades produtivas e seu efeito sobre a integridade do bioma, facilitando a tomada de decisões baseadas em evidências.

Em síntese, embora a pesquisa ainda esteja em andamento, os resultados preliminares indicam que o desafio da Amazônia Legal é simultaneamente ambiental, social e econômico, exigindo soluções integradas e adaptadas à realidade local. A análise inicial dos indicadores de sustentabilidade, das emissões de CO₂ e da renda sugere que estratégias coordenadas e políticas diferenciadas podem ser fundamentais para reduzir as pressões planetárias e promover justiça social. À medida que o estudo avança, espera-se aprofundar a compreensão das inter-relações entre desenvolvimento humano e limites ambientais, fornecendo subsídios cada vez mais precisos para orientar decisões de planejamento territorial e políticas públicas na região.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, W. M.; LIMA, F. A. X. **Desenvolvimento territorial do Ceará: uma análise a partir de índices e indicadores.** Revista Cerrados, v. 19, n. 02, [S.d]. 2021. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/59583>. Acesso em: 08 de set. 2025.

ALMEIDA, E. **Econometria espacial aplicada.** Campinas: Alínea, 2012.

BARRETO, M. S. A sustentabilidade do desenvolvimento humano. In: **Prêmio Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil: coletânea de artigos.** Brasília: PNUD: IPEA: FJP, 2015. p. 191-205. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Jose-Souza-25/publication/347533572_O_desenvolvimento_e_suasRepresentacoes_em_tres_municipios_paulistas_Development_and_its_representations_in_three_municipalities_of_Sao_Paulo/links/5ff78ab892851c13fef7d14c/O-desenvolvimento-e-suas-representacoes-em-tres-municipios-paulistas-Development-and-its-representations-in-three-municipalities-of-Sao-Paulo.pdf#page=192. Acesso em: 09 de ago. 2025.

BUENO, E. P. **O índice de desenvolvimento humano (IDH): avaliação de seus pressupostos teóricos e metodológicos.** Boletim Goiano de Geografia, Goiânia, v. 27, n. 3, p. 49-69, jul./dez. 2007. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4785669>. Acesso em: 09 de ago. 2025.

FRAINER, D. M.; DE SOUZA, C. C.; REIS NETO, J. F.; CASTELÃO, R. A. **Uma aplicação do Índice de Desenvolvimento Sustentável aos municípios do estado de Mato Grosso do Sul.** Interações (Campo Grande), [S. l.], v. 18, n. 2, p. 145–156, 2017. DOI: 10.20435/inter.v18i2.1524. Disponível em: <https://interacoesucdb.emnuvens.com.br/interacoes/article/view/1524>. Acesso em: 10 de ago. 2025.

FREITAS, C. M. de; GIATTI, L. L. **Indicadores de sustentabilidade ambiental e de saúde na Amazônia Legal, Brasil.** Caderno de Saúde Pública. Rio de Janeiro, v. 25, n. 6, p. 1251-1266. Jun. 2009.

GAMA, R. G.; STRAUCH, J. C. M. **Análise espacial de indicadores de desenvolvimento sustentável: aplicação do índice de Moran.** In: 12º Congresso de Geógrafos da América Latina. Montevidéu: [s.n.], 2009. Disponível em: http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Nuevastecnologias/Cartografia_tematica/20.pdf. Acesso em: 08 de set. 2025.

GOAL 12. Ensure Sustainable Consumption And Production Patterns — Sdg Indicators 2016. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2016/goal-12/>. Acesso em: 6 de jul. 2025.

GOMES JÚNIOR, A. A.; MARTINS, M. F.; AGUIAR, E. C. **Índice de sustentabilidade para municípios (ISM): um estudo no Estado da Paraíba, Brasil.** Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 8, n. 19, p. 739-758, 2021. Disponível em: <https://revista.ecogestaobrasil.net/v8n19/v08n19a06a.html> Acesso em: 6 de set. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Áreas Especiais: cadastro de municípios localizados na Amazônia Legal.** Brasil/IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/amazonialegal.shtm?c=2>. Acesso em: 12 de ago. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: Brasil 2012.** Rio de Janeiro: IBGE, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Áreas Especiais: cadastro de municípios localizados na Amazônia Legal.** Brasil/IBGE, 2016. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/amazonialegal.shtm?c=2>. Acesso em: 12 de ago. 2025.

IPCC, 2023. **Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. . [S.l.]: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 25 jul. 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>. Acesso em: 27 de jul. 2025.

VEIGA, J. E. **Sustentabilidade: a legitimação de um novo valor.** São Paulo: Senac, 2010.

MARCHAND, G.; LE TOURNEAU, F. M. **O desafio de medir a sustentabilidade na Amazônia: os principais indicadores mundiais e a sua aplicabilidade ao contexto amazônico, p. 195-220.** 2014. In:

MARTINS, M. F.; CÂNDIDO, G. A. **Índice de Desenvolvimento Sustentável para Municípios (IDSM): metodologia para análise e cálculo do IDSM e classificação dos níveis de sustentabilidade – uma aplicação no Estado da Paraíba.** João Pessoa: Sebrae, 2008.

MARTINS, A. R. P; FERRAZ, F. T; COSTA, M. M. **Sustentabilidade Ambiental como Nova Dimensão do Índice de Desenvolvimento Humano dos Países.** Revista do BNDES, Rio de Janeiro, v. 13, n. 26, p. 139-162, dez. 2006. Disponível em: [Sustentabilidade Ambiental como Nova Dimensão do Índice de Desenvolvimento Humano dos Países](#). Acesso em: 09 de ago. 2025.

MULTIDIMENSIONAL POVERTY INDEX; MPI, POVERTY INDEX. **Calculating the human development indices—graphical presentation.** Human Development Report 2021/2022, [s. l.], p. 16, 2022.

NASCIMENTO, E. P. **Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico.** Estudos Avançados, São Paulo, v. 26, n. 74, p. 51-64, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/yJnRYLWXSwyxqggqDWy8gct/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 09 de ago. 2025.

OLIVEIRA, W. F. **Índice de Desenvolvimento Humano e Pegada Ecológica: Uma proposta de integração.** Revista Iberoamericana de Economía Ecológica, Vol. 35, No. 2, p. 55-75, 2022. Disponível em: <https://ddd.uab.cat/record/266698>. Acesso em: 09 de ago. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Indicators of sustainable development: guidelines and methodologies.** 3. ed. New York: NU, out. 2007. _____. Indicators of Sustainable Development: Framework and Methodologies. New York: NU, 2001.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando o nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável.** Nova Iorque, 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>. Acesso em: 12 de jan. de 2025.

PESTANA, M. H.; GAGEIRO, J. N. **Análise de dados para Ciências Sociais: a complementaridade do SPSS.** Lisboa: Edições Silabo, 2008.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **O índice de desenvolvimento humano municipal.** Atlas do desenvolvimento humano do Brasil 2013.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Relatório do desenvolvimento humano 2020 A próxima fronteira - O desenvolvimento humano e o antropoceno. Erscheinungsort nicht ermittelbar: United Nations, 2021.** Disponível em: <https://www.undp.org/pt/angola/publications/relatorio-do-desenvolvimento-humano-2020-proxima-fronteira-o-desenvolvimento-humano-e-o-antropoceno>. Acesso em: 12 de nov. 2023.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA; **Analise Das Emissões De Gases De Efeito Estufa E Suas**

Implicações Para As Metas Climáticas Do Brasil (1970-2022), 2023. [S.l: s.n.], 2023. Disponível em: https://oc.eco.br/wp-content/uploads/2023/11/Relatorio-SEEG_gases-estufa_2023FINAL.pdf. Acesso em: 20 de jan. 2025.

SEN, A. **Desenvolvimento como liberdade.** São Paulo: Companhia das Letras, 2000.

SEN, A. 2005. “**Human Rights and Capabilities.**” Journal of Human Development 6(2): 151-166.

STEFFEN, W. et al. **Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet.** *Science*, v. 347, n. 6223, p. 1259855, 2015. Disponível em: <https://www.science.org/doi/full/10.1126/science.1259855>. Acesso em: 9 de ago. 2025.

VALE, F. A. F.; TOLEDO, P. M.; VIEIRA, I. C. G. **Comparative analysis of sustainability indicators among the states of the Brazilian Amazon.** Sustainability in Debate, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 214–231, 2018. DOI: 10.18472/SustDeb.v9n1.2018.25621. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/16710>. Acesso em: 07 de mai. 2025.

WAQUIL, P.; SCHNEIDER, S.; FILIPPI, E.; RÜCKERT, A.; RAMBO, A.; RADOMSKY, G.; CONTERATO, M.; SPECHT, S. **Avaliação de desenvolvimento territorial em quatro territórios rurais no Brasil.** Redes, v. 15, n. 1, p. 104-127, 22 mar. 2010.

WISSMANN, M. A.; BACKES, G. **Índice de Desenvolvimento Sustentável Das Cidades: Um Estudo Com Base Na Realidade Brasileira.** REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE - ISSN 2763-8928, [S. l.], v. 2, n. 9, p. e2991, 2022. DOI: 10.47820/acertte.v2i9.91. Disponível em: <https://www.acertte.org/acertte/article/view/91>. Acesso em: 15 de set. 2025.

Agradecimentos

Palavras iniciais – Um ensaio para o antropoceno: utilizando o índice de desenvolvimento sustentável das cidades para analisar as pressões planetárias da região de planejamento da Amazônia legal. O presente artigo faz parte da pesquisa em andamento no curso de Mestrado em Geografia — Programa de Mestrado e Doutorado em Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais. Pesquisa de mestrado orientada pelos professores Ricardo Alexandrino Garcia e Uilmer Rodrigues Xavier da Cruz.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, (CNPq) pela concessão de bolsa de pesquisa.