sociedade & natureza

DOI: 10.14393/SN-v37-2025-75607
Recebido: 08 Outubro, 2024 | Aceito: 06 Dezembro, 2024 | Publicado: 26 Março, 2025

Artigos

Crescimento Econômico e Sustentabilidade Ambiental nos Países da América Latina: Uma Abordagem Baseada no PIB Verde

Economic Growth and Environmental Sustainability in Latin American Countries: A Green GDP Approach

Alain Hernández Santoyo[1]
Otávio Junio Faria Neves[2]
Italo do Nascimento Mendonça[3]
Marcelo Fernandes Pacheco Dias[4]
Gabrielito Rauter Menezes[5]

Palavras-chave
PIB Verde
Crescimento Econômico
América latina
Desenvolvimento Sustentável
Indicadores Ambientais

Resumo

A partir da segunda metade do século XX, o avanço do crescimento econômico nas economias globais levou a um aumento significativo das preocupações com as questões ambientais. Nesse contexto, tornou-se evidente que os indicadores socioeconômicos amplamente utilizados não incluíam variáveis relacionadas ao meio ambiente e a outros aspectos sociais, como trabalho e educação. Surge, então, a necessidade de refletir e desenvolver novos indicadores que englobem esses temas, sendo o PIB Verde um exemplo proeminente para preencher essa lacuna. Este estudo teve como objetivo analisar a relação entre crescimento econômico e sustentabilidade ambiental em países da América Latina, comparando as taxas de crescimento do PIB tradicional e do PIB Verde em vinte países selecionados. A metodologia utilizada envolveu a estimativa do PIB Verde, que ajusta o PIB tradicional ao excluir o custo do consumo de recursos naturais e os custos de esgotamento ambiental. Foram utilizados os dados mais recentes disponíveis para o ano de 2024, extraídos de fontes consolidadas, como o Banco Mundial, *Australian Energy Regulator, o Hub de Energia da América Latina e do Caribe, e Global Petrol Prices*, entre outros. Os principais resultados indicam que a taxa de crescimento do PIB Verde foi superior à do PIB tradicional na amostra analisada. No âmbito regional, os países da América Central apresentaram resultados significativamente melhores em comparação com os da América do Sul. Conclui-se que a maioria dos países da América Latina demonstrou um desenvolvimento direcionado para a sustentabilidade, com os resultados sugerindo que a sustentabilidade está, de algum modo, acompanhando o crescimento econômico na região.

Keywords
Green GDP
Economic growth
Latin America
Sustainable development
Environmental indicators

Abstract

Since the second half of the twentieth century, advancing economic growth in global economies has led to a significant increase in environmental concerns. In this context, it has become evident that widely used socioeconomic indicators do not include variables related to the environment and other social issues, such as labor and education. Therefore, it is necessary to reflect on and develop new indicators that address these aspects, with Green GDP being a prominent example of how to bridge this gap. The aim of this study is to analyze the relationship between economic growth and environmental sustainability in Latin American countries by comparing the growth rates of traditional GDP and Green GDP across twenty selected countries. The methodology involved estimating Green GDP, which adjusts traditional GDP by excluding the cost of natural resource consumption and environmental depletion. Data were gathered from reputable sources, such as the World Bank, the Australian Energy Regulator, the Latin America and Caribbean Energy Hub, and Global Petrol Prices. The main findings indicate that the growth rate of Green GDP was higher than that of traditional GDP in the analyzed sample. Regionally, Central American countries showed significantly better results than South American countries. It can be concluded that most Latin American countries demonstrated more sustainable development, with the results suggesting that sustainability is, to some extent, accompanying economic growth in the region.

[1] Universidade Federal de Pelotas – UFPEL, Pelotas, RS, Brasil. alain.santoyo@ufpel.edu.br
[2] Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, Campinas, SP, Brasil. o203580@dac.unicamp.br
[3] Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, MG, Brasil. italovga@hotmail.com
[4] Universidade Federal de Pelotas – UFPEL, Pelotas, RS, Brasil. mfpdias@hotmail.com
[5] Universidade Federal de Pelotas – UFPEL, Pelotas, RS, Brasil. gabrielito.menezes@ufpel.edu.br

INTRODUÇÃO

Os efeitos do acelerado crescimento econômico e populacional mundial vivenciados na segunda metade do século XX marcaram o início das preocupações ambientais em escala global. As constantes pressões decorrentes das transformações nos padrões de consumo, no mercado de trabalho e no sistema econômico como um todo têm impactado a capacidade dos sistemas naturais, provocando consequências como a deterioração ambiental, perda de biodiversidade, poluição, degradação dos solos, mudanças climáticas e aquecimento global (Andrade; Romero, 2011; Márquez Delgado *et al.*, 2021).

Dado que essas preocupações passaram a integrar as agendas da comunidade científica internacional, um conjunto de estudos foi desenvolvido com o objetivo de compreender e explicar a relação entre degradação ambiental e crescimento econômico. Entre os estudos empíricos, destacam-se os trabalhos de Panayotou (1993), Grossman e Krueger (1995), Shafik e Bandyopadhyay (1992) e Shafik (1994), que se basearam no conceito da Curva Ambiental de Kuznets (EKC), originalmente proposto por Simon Kuznets em 1955 (Andrée *et al.*, 2019). A fundamentação teórica sustenta que os primeiros estágios do desenvolvimento econômico estão normalmente associados a uma intensa deterioração ambiental (como poluição do ar, do solo e da água), a qual é posteriormente atenuada com o aumento da renda, resultando em uma curva em formato de U invertido (Alkhars *et al.*, 2022).

Segundo Andrée *et al.* (2019), apesar de ser um conceito promissor para a sustentabilidade, a hipótese da EKC apresenta algumas falhas visíveis. Por exemplo, a maioria dos estudos sobre essa hipótese concentra-se em uma única variável como indicador de degradação ambiental, ignorando outras dimensões relevantes dos impactos ambientais. Assim, suas conclusões aplicam-se apenas a tipos específicos de poluentes, não podendo ser generalizadas para o ambiente como um todo.

Nesse sentido, as críticas à relação entre crescimento econômico e degradação ambiental vão além das limitações da EKC, atingindo também o uso do Produto Interno Bruto (PIB) como indicador de crescimento econômico, especialmente em relação a três questões principais: bem-estar, prosperidade econômica e sustentabilidade (Bleys, 2012; Kurniawan *et al.*, 2021). Em outras palavras, o PIB não mede a sustentabilidade do crescimento econômico, pois um país pode alcançar um PIB elevado temporariamente por meio da sobre-exploração de seus recursos naturais, além de não considerar a distribuição de renda, a produção familiar, a perda de tempo de lazer, os custos da degradação ambiental, e os custos sociais e de saúde pública, que estão diretamente relacionados à atividade econômica. Isso torna o PIB uma medida inadequada de bem-estar social (Stjepanović *et al.*, 2017).

Diante das limitações do PIB como indicador de sustentabilidade, surgiram alternativas como a Pegada Ecológica (EF), a Poupança Líquida Ajustada (ANS), a Riqueza Inclusiva (IW) e o PIB Verde, que será o foco deste artigo. De acordo com Stjepanović *et al.* (2017), o PIB Verde constitui um conceito abrangente que se refere a um conjunto de medidas ajustadas do PIB, corrigidas pelos custos sociais e ambientais. Essas medidas incorporam elementos que tradicionalmente não são apresentados em termos monetários. Considerando a relevância e o caráter universal da temática, esta pesquisa delimita-se aos países da América Latina, de modo a refletir sobre a dinâmica atual desse conjunto de nações em desenvolvimento e os desafios futuros em relação ao cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030.

Diante dessas reflexões, o presente trabalho tem como objetivo analisar a relação entre crescimento econômico e sustentabilidade ambiental em vinte países da América Latina, mediante a comparação entre as taxas de crescimento do PIB convencional e as taxas de crescimento do PIB Verde. A metodologia para a estimativa do PIB Verde baseia-se no modelo descrito por Stjepanović *et al.* (2017), que calcula o PIB ajustado ao excluir o custo do consumo de recursos naturais e os custos de esgotamento ambiental.

Para alcançar o objetivo proposto, o estudo está estruturado em seis seções, incluindo esta introdução. A segunda seção aborda as discussões sobre a relação entre crescimento econômico e conservação ambiental. A terceira seção explora as limitações do PIB como indicador e as perspectivas futuras em relação ao conceito de PIB Verde. Em seguida, descreve-se a metodologia empregada, incluindo a delimitação geográfica do estudo, os dados e fontes utilizados, e o modelo para a estimativa do PIB Verde. Por fim, a seção de análise e discussão dos resultados apresenta as principais contribuições da pesquisa, seguidas das considerações finais.

CRESCIMENTO ECONÔMICO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL

Desde o final da década de 1960, a problemática ambiental tem se tornado uma questão prioritária no debate internacional devido à sua complexidade e aos impactos negativos que provoca para a sociedade, abrangendo os âmbitos ecológico e socioeconômico (Márquez Delgado *et al.*, 2021). Essa década destacou-se pela importância que o meio ambiente adquiriu no cenário científico, notadamente com a atuação do Clube de Roma. Pela primeira vez, a questão ecológica ganhou relevância nas discussões internacionais, reunindo diversos grupos e setores da sociedade. Uma publicação significativa nesse contexto foi o estudo de Meadows *et al.* (1972), conhecido como Relatório de Meadows, que ganhou destaque na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente em 1972. Esse relatório discutiu os limites do crescimento econômico e concluiu que a insistência no modelo econômico vigente e a escassez de recursos conduziriam a um cenário catastrófico, de modo que o equilíbrio global seria a única saída viável para as questões ambientais.

Conforme Andrade e Romeiro (2011), a relação entre crescimento econômico e meio ambiente já era explorada pelos economistas clássicos, como Adam Smith, David Ricardo e John Stuart Mill. Esses autores previam a necessidade de um "estado estacionário", visto que a limitação dos recursos naturais e a impossibilidade de crescimento irrestrito da produtividade se colocavam como obstáculos para a continuidade da expansão econômica.

As conferências das Nações Unidas de 1972 e 1992, além de outros eventos, discussões e pesquisas, ressaltaram a relevância do desenvolvimento sustentável nas sociedades contemporâneas (Hogan, 1993). Segundo Hogan (1993), verificou-se uma crescente conscientização ambiental, associada à preocupação com o crescimento econômico nas nações menos desenvolvidas, evidenciada no relatório Brundtland, *Nosso Futuro Comum*. Nesse contexto, procurou-se definir o conceito de desenvolvimento sustentável, enfatizando a necessidade de satisfazer as demandas da geração atual sem comprometer as futuras (Caiado *et al.*, 2018).

Para Andrade e Romeiro (2011), o crescimento econômico exerce um impacto intenso na integridade ambiental. A transformação do capitalismo no final do século XX trouxe profundas mudanças, afetando processos de trabalho, padrões de consumo e configurações geográficas e geopolíticas (Harvey, 1992), o que tem impactado a capacidade dos sistemas naturais (Andrade; Romero, 2011). O desenvolvimento tradicional, que privilegia o crescimento econômico a qualquer custo, sem considerar os limites dos ecossistemas, tem acelerado a deterioração ambiental, resultando em perda de biodiversidade, poluição, degradação dos solos, mudanças climáticas, aquecimento global, entre outras consequências que afetam diretamente as condições de vida no planeta (Márquez Delgado *et al.*, 2021).

Em resposta a essas preocupações sobre os limites da expansão econômica e seus efeitos ambientais, diversos estudos buscaram compreender melhor essa relação por meio do conceito da Curva Ambiental de Kuznets (EKC), derivado da ideia de Simon Kuznets, laureado com o Prêmio Nobel de Ciências Econômicas em 1971. Kuznets (1955) analisou a relação entre crescimento econômico e distribuição de renda, concluindo que, nas fases iniciais, a renda se concentra, mas, com o aumento da renda per capita, a distribuição melhora, caracterizando uma curva em "U invertido". Segundo Alkhars *et al.* (2022), os primeiros estágios do desenvolvimento econômico estão geralmente associados a uma deterioração intensa do meio ambiente, decorrente de poluição do ar, do solo, da água, entre outros danos, e a qualidade ambiental tende a se recuperar com o aumento da renda.

Estudos conduzidos no final do século XX investigaram a relação entre crescimento econômico e questões ambientais. Panayotou (1993) identificou a presença da EKC em relação ao desmatamento e à poluição por dióxido de enxofre (SO2), óxidos de nitrogênio (NOx) e partículas suspensas, analisando dados de 55 países, dos quais 41 eram em desenvolvimento. Panayotou (1993) argumenta que, embora a degradação ambiental seja inevitável nas transformações estruturais que acompanham o crescimento, a EKC não se mostrou tão acentuada para muitos países em desenvolvimento. Em um estudo semelhante, Grossman e Krueger (1995) verificaram que, na maioria dos indicadores analisados (poluição do ar, estado do regime de oxigênio, contaminação fecal e contaminação por metais pesados), há uma deterioração ambiental nos estágios iniciais, seguida de melhoria, evidenciando uma curva em "U invertido". Esse padrão também foi identificado em Shafik e Bandyopadhyay (1992) e Shafik (1994), que analisaram a relação entre renda per capita e qualidade ambiental com base em uma ampla gama de indicadores, mais tarde incorporados ao Relatório sobre

Desenvolvimento Mundial 1992 do Banco Mundial (Andrée *et al.*, 2019).

Estudos recentes continuam a testar a hipótese da EKC. Aquilas *et al.* (2022) examinaram a relação entre desmatamento e atividades econômicas nos países da Bacia do Congo, concluindo que a agricultura e o PIB foram determinantes significativos do desmatamento, embora a relação de U invertido não tenha sido confirmada, exceto para a indústria de transformação. Frodyma, Papiez e Smiech (2022) investigaram a EKC na União Europeia entre 1970 e 2017, analisando emissões baseadas na produção, consumo e transformação de energia, sem encontrar evidências de relação de longo prazo com a EKC. Já Cheikh, Zaied e Chevallier (2021), ao estudar a região MENA, observaram um padrão de U invertido entre o uso de energia e as emissões de CO2, indicando uma redução da degradação ambiental a partir de certo nível de rendimento. Oduniyi *et al.* (2023), ao verificarem o impacto da Covid-19 na média mensal de emissões de monóxido de carbono em economias desenvolvidas entre 2014 e 2023, concluíram que a atividade econômica e o impacto ambiental não é significativa. Ademais, as variáveis associadas à Covid-19 também não foram significativas para explicar os impactos ambientais.

Na América Latina, alguns estudos também identificaram a EKC. Ortiz-Paniagua e Gómez (2021), ao analisar 19 países da região entre 1970 e 2016, verificaram que, após um certo ponto de crescimento econômico, as emissões de poluentes começam a reduzir. Sánchez e Caballero (2019) confirmaram a EKC para a relação entre mudanças climáticas e atividade econômica, estimando que um rendimento de 10.134 dólares *per capita* seria necessário para reduzir as emissões. Ugalde Hernández (2023) analisando a Costa Rica de 1990 a 2021, concluiu que o crescimento de CO2 per capita foram influenciados positivamente pelo PIB per capita e pelo consumo de energia per capita. No entanto, Ugalde Hernández (2023) pondera que os resultados não podem ser confirmados devido a inconsistência no modelo estatístico. Por fim, Freire, Silva e Oliveira (2023), corroboraram a hipótese EKC para os estados brasileiros entre 1980 e 2020, principalmente para poluentes ambientais como dióxido carbono e óxido nitroso.

LIMITAÇÕES DO INDICADOR DO PIB E PERSPECTIVAS FUTURAS DO CONCEITO DO PIB VERDE

O desenvolvimento da civilização moderna ao longo dos últimos três séculos se deu de forma difusa em termos econômicos, tornando-se cada vez mais necessário mensurá-lo quantitativamente. No início do século XX, o uso de indicadores, inclusive não econômicos, era adotado quase que automaticamente pela sociedade. Um número calculado cientificamente, baseado em observações e situações pregressas e reais, seria ideal para identificar se um país crescia a taxas superiores, inferiores ou iguais à média global.

O Produto Interno Bruto (PIB), desde meados do século XX, é comumente utilizado pelas nações como uma proxy para refletir o desenvolvimento econômico. Define-se o PIB como o valor agregado de todos os bens e serviços finais produzidos dentro do território econômico de um país, independentemente da nacionalidade dos proprietários das unidades produtoras (Sandroni, 1987, p. 234).

Contudo, a introdução do PIB como indicador do desenvolvimento econômico dos países fundamenta-se no próprio conceito histórico de desenvolvimento. Discute-se o desenvolvimento econômico como o crescimento econômico acompanhado de melhorias na qualidade de vida em geral (Oliveira, 2002).

Souza (1993) identifica duas principais correntes de pensamento sobre o tema. A primeira considera o crescimento econômico sinônimo de desenvolvimento econômico, enquanto a segunda argumenta que o crescimento é uma condição necessária, mas não suficiente, para o desenvolvimento. Assim, o PIB representaria a variação quantitativa do produto, mensurando, portanto, o crescimento. Por outro lado, o desenvolvimento envolveria um processo mais complexo, com transformações estruturais significativas nos âmbitos econômico, político, social e ambiental (Scatolin, 1989).

Apesar da rápida adoção do PIB como indicador de crescimento econômico, já na década de 1960 ele começou a ser criticado por suas limitações na representação da economia real. Argumenta-se que o PIB não mede adequadamente aspectos como bem-estar social, prosperidade econômica, questões ambientais e de sustentabilidade, além de aspectos do mercado de trabalho (Siedenberg, 2003; Tayra; Ribeiro, 2006; Stjepanović *et al.*, 2017). Como observa Bleys (2012), os problemas do PIB como medida de bem-estar econômico são

reconhecidos historicamente por economistas e cientistas sociais.

Além de não captar a distribuição de renda, o PIB também não mede a produção familiar, o tempo de lazer, os custos da degradação ambiental e os custos sociais e de saúde pública relacionados à atividade econômica, tornando-o um indicador insuficiente para o bem-estar social (Stjepanović *et al.*, 2017).

Do ponto de vista ambiental, o PIB falha em mensurar se uma nação está crescendo a taxas elevadas à custa da degradação de seus recursos naturais (Rauch; Chi, 2010; Stjepanović *et al.*, 2017). Em um cenário de crescente preocupação com questões ambientais, como mudanças climáticas e conservação de biomas, é essencial que os formuladores de políticas disponham de indicadores mais robustos, capazes de detalhar a realidade ambiental ao longo do tempo.

Conforme Kurniawan *et al.* (2021), assim como a sociedade ainda não solucionou a questão da degradação ambiental — responsável por inúmeros problemas socioeconômicos —, a simples adoção do crescimento econômico não tem elevado o bem-estar social nas últimas décadas. Portanto, é necessário considerar indicadores que incluam questões ambientais, trabalhistas e de bem-estar, se o objetivo for um desenvolvimento econômico justo e sustentável.

As limitações do PIB como medida de crescimento têm motivado estudos para propor indicadores alternativos que mensurem a sustentabilidade do crescimento econômico, seja como ajustamento, substituição ou complemento ao PIB. Este estudo aborda alguns desses indicadores, como a Pegada Ecológica (EF) (Wackernagel *et al.*, 1999; Rees, 1992), a Poupança Líquida Ajustada (ANS) (Hamilton; Clemens, 1999) e a Riqueza Inclusiva (IW) de Arrow *et al.* (2003).

A EF mede a área biologicamente produtiva necessária para suportar os atuais padrões de consumo, considerando os processos econômicos e tecnológicos vigentes (Wackernagel *et al.*, 1999). Já o ANS, proposto pelo Banco Mundial, mede a taxa real de poupança após contabilizar investimentos em capital humano, esgotamento de recursos naturais e danos ambientais (Bolt *et al.*, 2002). O IW, por sua vez, considera todos os ativos de capital — natural, humano e produzido —, expressos em termos monetários, para avaliar a contribuição ao bem-estar humano (Cheng *et al.*, 2022).

Outro indicador relevante é o PIB Verde, que surgiu na década de 1990 em resposta às limitações do PIB tradicional em relação aos custos ambientais. Este indicador ajusta o PIB pelos custos sociais e ambientais, integrando o meio ambiente à economia e destacando sua importância para o desenvolvimento sustentável (Stjepanović *et al.*, 2017).

Estudos recentes como o de Veklych e Shlapak (2013) aplicaram o PIB Verde à Ucrânia, demonstrando sua dependência do capital natural. Wang (2011) utilizou dados do PIB Verde para analisar o impacto da abertura comercial nas províncias chinesas. Stjepanović *et al.* (2017) calcularam o PIB Verde para 44 países da União Europeia e da OCDE, propondo um mecanismo para comparar o crescimento econômico sustentável entre nações – este estudo baseia-se nesta metodologia, pois a escolha e uso das variáveis são mais elucidativos para a proposta almejada Para o futuro, espera-se que a tecnologia e o aprimoramento de bases de dados ambientais auxiliem países na gestão de seu capital natural, evitando danos ambientais de longo prazo (Stjepanović *et al.*, 2017).

METODOLOGIA

Delimitação geográfica do estudo

Segundo o Relatório *Perspectivas económicas de América Latina 2022: hacia uma Transición Verde y Justa,* as mudanças climáticas podem prejudicar ainda mais a economia e acentuar as desigualdades do continente latino-americano. Considera-se que é fundamental uma agenda verde que abrange todo o território e priorize o bem-estar de toda população.

Considerando as reflexões apresentadas anteriormente, optou-se por selecionar países em desenvolvimento da América Latina para compor esta pesquisa. Essa decisão baseia-se não apenas nas preocupações levantadas no relatório, mas também na relevância de mensurar o PIB Verde como um indicador capaz de refletir sobre a forma como o crescimento econômico está sendo concebido e alcançado nesses países. Além disso, busca-se compreender o cenário da região latino-americana em relação ao desenvolvimento sustentável. Dessa forma, o presente estudo foi realizado com a análise de 20 países da América Latina (Tabela 1).

Tabela 1 – Países da América Latina empregados na análise do estudo.

América do Norte	América do Sul	América Central
México	Argentina	Barbados
	Bolívia	Costa Rica
	Brasil	Cuba
	Chile	República Dominicana
	Colômbia	El Salvador
	Equador	Guatemala
	Guiana	Honduras
	Paraguai	Jamaica
	Uruguai	Nicaragua
	-	Panamá

Fonte: Os autores (2024).

Dado que diversos estudos têm se concentrado na análise do PIB Verde em países desenvolvidos, como discutido na seção anterior, a proposta de investigar o cenário dos países da América Latina, que possuem realidades distintas, oferece uma visão atual sobre os possíveis avanços e desafios em relação ao nível de comprometimento com as prioridades ambientais globais. Isso inclui o alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), a Agenda 2030, a proteção da biodiversidade, e a redução das emissões de CO_2, entre outros aspectos.

Dados e fontes

Para calcular o indicador do PIB Verde para os diversos países, foi necessário definir um conjunto de variáveis que permitissem sua análise e comparação posterior. Para garantir a confiabilidade dos resultados, foram consolidados os dados mais recentes disponíveis no ano de 2024 (que correspondem às informações do ano de 2019) provenientes de fontes internacionalmente reconhecidas, como o Banco Mundial, o *Australian Energy Regulator, o Hub de Energia da América Latina e o Caribe, e o Global Petrol Prices*, entre outros (Tabela 2). O PIB Verde será apresentado em termos de taxa de crescimento, o que permitirá a comparação direta com o PIB tradicional dos países analisados.

Tabela 2 – Variáveis utilizadas na construção do indicador PIB Verde.

Variável	Descrição	Fonte
GDP	O Produto Interno Bruto se obtém a partir da soma do valor agregado bruto de todos os produtores residentes numa economia, mais quaisquer impostos sobre produtos, menos quaisquer subsídios não incluídos no valor dos produtos. Foi calculado sem fazer deduções por depreciação de ativos fabricados ou esgotamento e degradação de recursos naturais (em PPC).	WDI (2024)
CO_2	As emissões de dióxido de carbono são as resultantes da queima de combustíveis fósseis e da manufatura do cimento. Incluem o dióxido de carbono produzido durante o consumo de combustíveis sólidos, líquidos e gasosos e a queima de gás (em quilotoneladas).	WDI (2024)
P_{CDM}	Preço médio ponderado do volume de carbono (em PPC).	Capoor e Ambrosi (2007) e Stjepanović *et al*. (2017)
T_{waste}	Total de resíduos sólidos urbanos (comerciais e industriais) (expresso em toneladas).	WDI (2024)
74kWh	Representa a quantidade de *kWh* de energia elétrica que podem ser gerados a partir de uma tonelada de resíduos sólidos.	AER (2015), Waste to energy in Denmark (2006) e Stjepanović *et al*. (2017)
P_{elect}	Preço de 1 *kWh* (quilowatt-hora), calculado como uma média do preço comercial e industrial de cada país (em PPC), representa o preço da energia elétrica;	GPP (2024), MINEM (2024), OLADE (2024), HEALC (2024) e WDI (2024)
GNI	A Renda Nacional Bruta consiste na soma do valor agregado de todos os produtores residentes, mais quaisquer impostos sobre os produtos (menos subsídios) não incluídos no valor da produção, mais as receitas líquidas da renda primária (compensações dos empregados e renda de propriedade) provenientes do estrangeiro (em PPC).	WDI (2024)
NRD	Se referem às poupanças ajustadas do esgotamento dos recursos naturais como percentagem da GNI de cada país e apresentam o esgotamento dos recursos naturais como uma soma do esgotamento líquido das florestas, o esgotamento da energia e o esgotamento dos minerais.	WDI (2024)

Fonte: Elaborado pelos autores (2024) com base em Stjepanović *et al*. (2017).

De modo a facilitar a compreensão da utilização de certas variáveis no modelo é necessário um melhor detalhamento destas. A variável NRD (*Natural Resources Depletion* ou esgotamento de recursos naturais) envolve, em seu cálculo, três componentes detalhados a seguir. Em primeiro lugar, o esgotamento líquido das florestas: unidade das rendas dos recursos multiplicada pelo excesso de corte de madeira no seu estado natural, tal como foi abatida (com ou sem casca) em relação ao crescimento natural; em segundo lugar, o esgotamento da energia: taxa ou razão entre o valor das existências de recursos energéticos e o tempo de vida restante das reservas (limitado a 25 anos). Abrange o carvão, o petróleo bruto e o gás natural. Por fim, o esgotamento dos minerais: taxa ou razão entre o valor do estoque de recursos minerais e o tempo de vida restante da reserva (limitado a 25 anos). Abrange o estanho, o ouro, o chumbo, o zinco, o ferro, o cobre, o níquel, a prata, a bauxita e os fosfatos (Stjepanović *et al*., 2017).

A ideia de usar as poupanças ajustadas na variável 'esgotamento dos recursos naturais' (NRD) como porcentagem da GNI (Renda Nacional Bruta) de cada país é justamente para estimar o quanto da renda caracterizada pela GNI foi obtida com maior ou menor grau de

esgotamento dos recursos naturais (Stjepanović *et al.*, 2017).

Em relação à variável T_{waste}, no caso do Brasil, os dados disponíveis no WDI (2024) foram verificados e comparados com os dados disponíveis na Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE).

Com relação ao P_{elect}, a maior parte dos dados foi retirada dos bancos de dados da OLADE (2024) e da HEALC (2024). Para Argentina, Chile, Cuba, Jamaica e México a variável P_{elect} foi calculada como uma média entre os preços residenciais e industriais. Entretanto, para Cuba e México, utilizaram-se estatísticas do Ministério de Energia e Minas de Cuba (MINEM, 2024) e da consultora *GPP* (2024).

Foi utilizado um valor de referência para o caso da métrica que se refere a quantos kWh são produzidos com 1 tonelada de resíduo. Tal estimativa foi obtida do estudo desenvolvido por Stjepanović *et al.* (2017), que se apoiou em dados da AER (2015) e Waste to Energy in Denmark (2006).

Para a estatística da variável P_{CDM} tomou-se como referência o valor obtido por Stjepanović *et al.* (2017), que se apoiou em Capoor e Ambrosi (2007). O valor da variável foi atualizado segundo o Consumer Price Index (CPI) do U. S. Bureau of Labor Statistics.

Modelo para a estimativa do PIB Verde

Há alguns estudos que utilizam o indicador do PIB Verde como método. Ressalta-se o trabalho de Gao (2005), que apresentou um modelo para construção do PIB Verde baseado nos serviços de sistema agrícola na China, acrescentando um componente ecológico ao resultado do PIB convencional. Boyd (2007) expande essa metodologia, somando ao PIB convencional um termo denominado ESI (*Ecosystem Services Index*), ou Índice de Serviços Ecossistêmicos, que representaria o valor final dos serviços ecossistêmicos em determinada análise. Por sua vez, Kunanuntakij *et al.* (2017) consideram o cálculo do PIB Verde através da soma do PIB convencional com três componentes: o custo de esgotamento, o custo de degradação e o custo defensivo.

Neste estudo, o modelo utilizado para a obtenção do PIB Verde, doravante denominado *Green GDP*, baseia-se na formulação descrita por Stjepanović *et al.* (2017). Este modelo adapta o indicador tradicional do PIB, referido aqui como *GDP*, ao excluir dele o custo do consumo de recursos naturais e os custos associados ao esgotamento ambiental. A escolha desse método é pautada pela amplitude dos diversos componentes da fórmula em suas dimensões ambientais. A equação geral para este indicador possui a seguinte forma:

$$GreenGDP = GDP - (ktCO_2 \cdot P_{CDM}) - (T_{waste} \cdot 74kWh \cdot P_{elect}) - \left(\frac{GNI}{100} \cdot \%NRD\right)$$

Onde:

GDP = Indicador do PIB tradicional;
$ktCO_2$ = Emissões de CO_2 em kt;
P_{CDM} = Preço do mercado do carbono;
T_{waste} = Total de resíduos sólidos urbanos gerados em toneladas;
$74kWh$ = Quantidade de kWh de energia eléctrica que podem ser gerados a partir de uma tonelada de resíduos;
P_{elect} = Preço da energia elétrica;
GNI = Renda Nacional Bruta;
NRD = Esgotamento dos recursos naturais;

A primeira dedução considera os custos da poluição por CO_2, calculados como o produto das emissões de CO_2 pelo preço de mercado do carbono. A segunda dedução aborda os custos de oportunidade associados a uma tonelada de resíduos, que poderiam ser utilizados na produção de energia elétrica. A terceira dedução representa a poupança ajustada em relação ao esgotamento dos recursos naturais, expressa como uma porcentagem da renda nacional bruta de cada país (Stjepanović *et al.*, 2017).

O indicador proposto por Stjepanović *et al.* (2017) busca a apresentação de uma perspectiva mais clara das consequências do progresso econômico ao oferecer uma nova abordagem na quantificação do custo da degradação ecológica e ambiental. O indicador analisa o crescimento econômico através do prisma ambiental, indo além da ótica da renda e das circunstâncias monetárias.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para caracterizar melhor a amostra de países analisada neste estudo, a Tabela 3 apresenta dados de algumas variáveis selecionadas da equação. Esta síntese tem o intuito de proporcionar ao leitor uma compreensão mais detalhada sobre os países abrangidos por esta pesquisa.

Tabela 3 – Dados consolidados da amostra de países para variáveis selecionadas.

País	GDP	$ktCO_2$	*GNI*	*NRD*	T_{waste}	P_{elect}	*Green GDP*
Argentina	1.034	168162	993	1,75	17.910.550	0,08	1.016
Barbados	5	1167	4	0,26	174.815	0,30	5
Bolívia	105	21829	103	2,29	2.219.052	0,09	102
Brasil	3.242	434318	3.155	2,00	79.069.584	0,17	3.178
Chile	487	91915	469	2,34	6.517.000	0,18	476
Colômbia	797	79187	779	3,95	12.150.120	0,13	766
Costa Rica	115	7956	108	0,00	1.460.000	0,16	115
Cuba	103	24419	101	0,07	2.692.692	0,03	103
El Salvador	59	7913	56	0,59	1.648.996	0,18	59
Equador	206	39631	200	3,37	5.297.211	0,09	199
Guatemala	150	19018	147	0,26	2.756.741	0,15	150
Guiana	11	2796	11	5,67	179.252	0,29	10
Honduras	58	10196	54	0,00	2.162.028	0,18	58
Jamaica	30	8394	29	0,04	1.051.695	0,26	30
México	2.530	451829	2.456	1,83	53.100.000	0,16	2.484
Nicaragua	37	5132	36	0,04	1.528.816	0,27	37
Panamá	145	13100	136	0,12	1.472.262	0,21	144
Paraguai	93	8102	90	1,36	1.818.501	0,06	91
República Dominicana	206	25775	197	0,73	4.063.910	0,18	205
Uruguai	84	6807	80	0,00	1.260.140	0,18	84

Fonte: Os autores (2024).

Legenda: GDP: em bilhões de dólares, considerando a Paridade do Poder de Compra (PPC); $ktCO_2$: em quilotoneladas de CO2; GNI: em bilhões de dólares, PPC; NRD: em % do GNI (por país); T_{waste}: Total de resíduos sólidos urbanos gerados (em toneladas); Pelect: preço para 1 kilowatt-hora, em PPC. Green GDP: em bilhões de dólares, PPC.

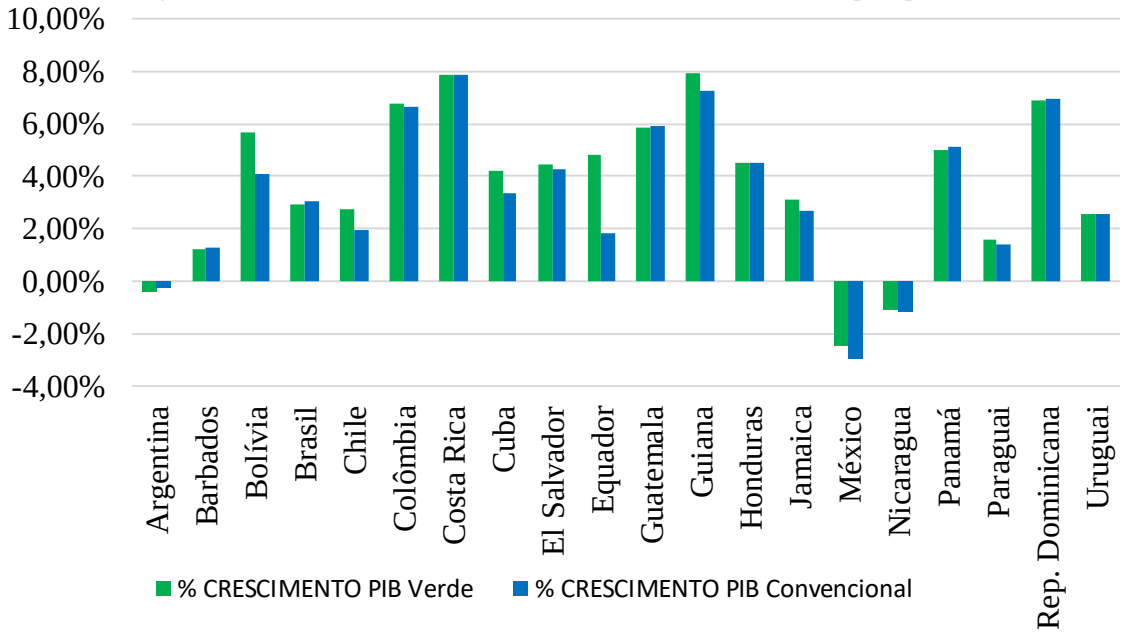
Observa-se que Brasil e México apresentam os maiores valores de GDP entre os países selecionados. Por outro lado, Barbados e Guiana possuem as menores economias na amostra. A expectativa poderia ser de que, devido à magnitude de suas economias, cada país apresentasse emissões de CO_2 proporcionais ao seu tamanho. No entanto, isso não se confirma. O maior emissor de carbono na amostra é o México, seguido de perto pelo Brasil, enquanto os menores emissores são Barbados e Guiana.

Em relação à Renda Nacional Bruta (GNI), o mesmo padrão é verificado: Brasil e México registram os maiores valores, enquanto Barbados e Guiana têm as menores GNI na amostra. Considerando a variável NRD, pode-se inferir que valores mais altos indicam que os recursos naturais disponíveis não foram suficientes para acompanhar o crescimento econômico. Assim, Guiana, Colômbia e Equador apresentaram os maiores valores de NRD. Em contraste, os países com menor esgotamento de recursos naturais foram Uruguai, Costa Rica e Honduras.

Seguindo a mesma linha de análise, a variável T_{waste} mostra que os países que mais produziram toneladas de resíduos sólidos urbanos e comerciais foram Brasil, México e Argentina. Em contrapartida, Barbados, Guiana e Jamaica foram as nações que geraram menores quantidades de resíduos sólidos. Vale destacar que o volume de resíduos sólidos gerados por Brasil e México é substancialmente maior em comparação aos demais países.

Em relação aos preços da eletricidade, os menores valores foram observados em Cuba, Paraguai e Argentina, respectivamente. Por outro lado, Barbados, Guiana e Nicarágua registraram os preços médios anuais de eletricidade mais altos na amostra.

Figura 1 – Taxa de crescimento do *GDP* e do *Green GDP* por países.



Fonte: Os autores (2024).

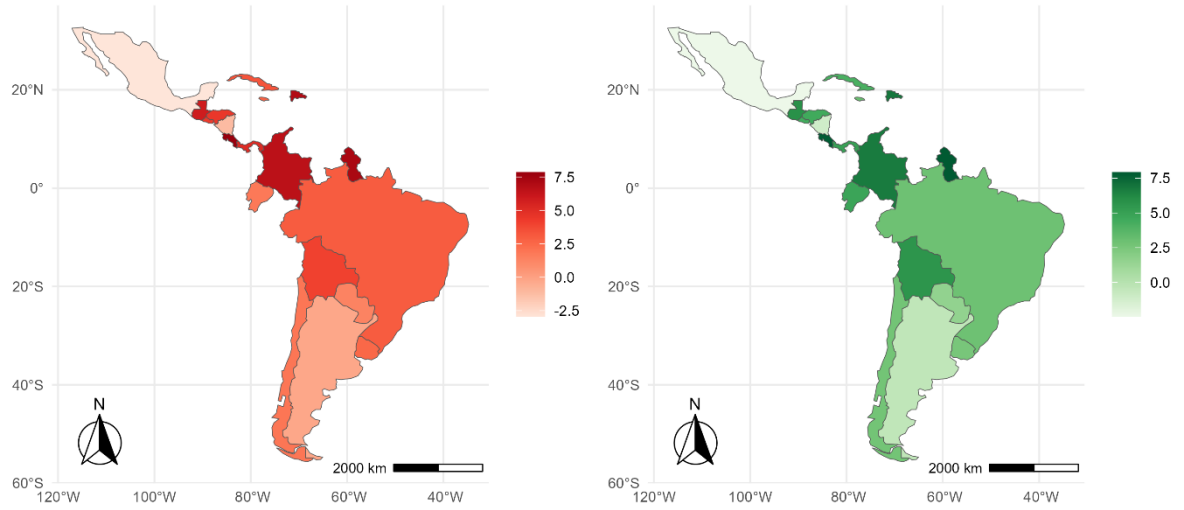
Com base nos dados apresentados na Figura 1, é possível destacar alguns pontos: o México registrou o pior resultado para o *Green GDP* entre os países analisados. Em contrapartida, Guiana e Costa Rica apresentaram os maiores valores absolutos de taxa de crescimento do *Green GDP*, atingindo quase 8% de crescimento de um ano para o outro. Esses resultados permitem discutir as dificuldades enfrentadas por países com economias maiores (como México e Argentina) em conciliar crescimento econômico e sustentabilidade ambiental.

A comparação entre as taxas apresentadas na Figura 1 suscita a discussão sobre as causas do melhor desempenho do Green GDP para alguns países. Tais resultados, dada a fórmula deste indicador, podem decorrer de dois cenários: uma elevação da taxa de crescimento do PIB convencional (*GDP*), pelo lado esquerdo da fórmula, ou ainda, pelo lado direito da equação, pode significar que alguns países conseguiram reduzir suas emissões de carbono, ou tiveram êxito em reduzir o volume de resíduos sólidos gerados (T_{waste}) ou ainda reduziram a velocidade de esgotamento de seus recursos naturais (*NRD*). Tais efeitos podem ser derivados pelo uso de fontes de energias mais sustentáveis, pela transformação das matrizes energéticas, pela diminuição da geração per capita de resíduos sólidos, pelo direcionamento para uma agricultura e uma economia de baixo carbono e, ainda, pela adoção de políticas ambientais pautadas na proteção e conservação de recursos naturais.

Por outro lado, o desempenho satisfatório de economias como Costa Rica, Guiana e República Dominicana pode refletir a disponibilidade de espaço para políticas econômicas que integram considerações ambientais, possibilitando que esses países superem, em certa medida, o atraso em relação ao desenvolvimento econômico global.

A partir deste ponto, pretende-se apresentar um panorama sobre as diferenças entre as taxas de crescimento do *GDP* e do *Green GDP* nos países selecionados, utilizando os dados mais recentes disponíveis para 2024. O *Green GDP* fornece uma visão mais abrangente do processo de desenvolvimento, ao considerar elementos sociais e ambientais que o *GDP* convencional não incorpora. Essa análise vai além dos aspectos econômicos, buscando avaliar também os efeitos ambientais e sociais. A Figura 2 ilustra a comparação entre a taxa de crescimento anual do *GDP* e do *Green GDP*, calculadas com os dados mais recentes de 2024.

Figura 2 – Diferenças entre a taxa de crescimento do *GDP* e a taxa do crescimento do *Green GDP* na América Latina.

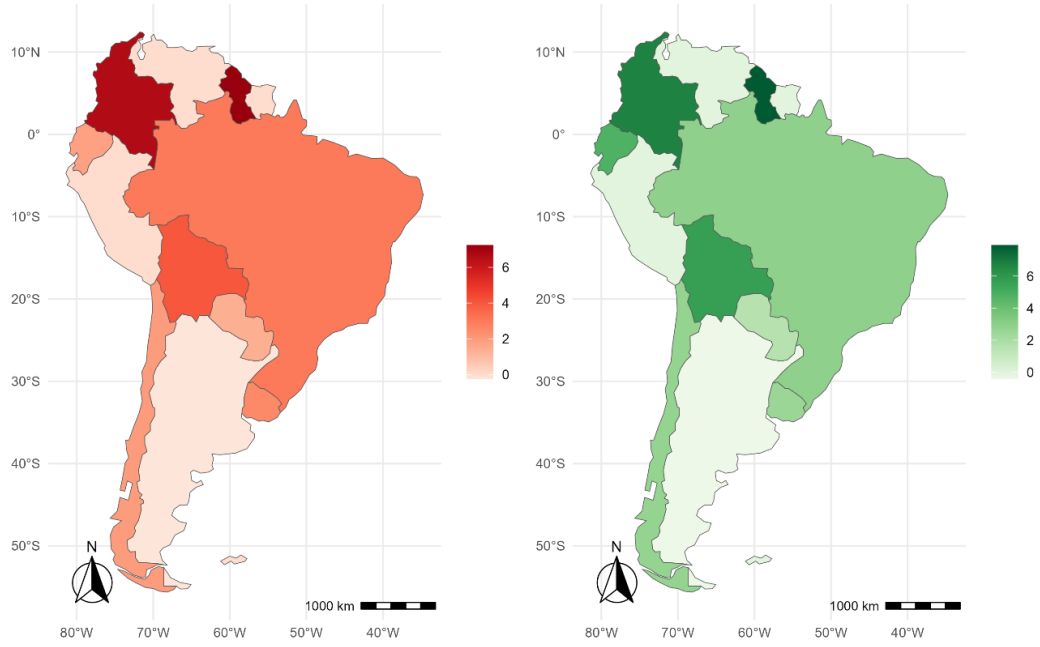


Fonte: Os autores (2024).
Legenda: Green GDP (à direita, na cor verde). GDP convencional (à esquerda, na cor vermelho).

De modo geral, o crescimento médio do *GDP* para os 20 países da América Latina analisados neste estudo foi de 3,59%. Esse valor foi obtido a partir da média geométrica dos países com crescimento positivo do *GDP*. Por sua vez, o crescimento médio do *Green GDP* para esses mesmos países foi de 4,07%, resultando, portanto, em uma diferença de 0,48 pontos percentuais entre as duas taxas. Isso sugere que esta diferença pode ser compreendida pelas reduções nas emissões de carbono, no melhor gerenciamento dos resíduos sólidos, no controle do esgotamento dos recursos naturais, aspectos que sinalizam o esforço dos países da América Latina com a sustentabilidade e com o cumprimento dos objetivos da Agenda 2030.

Além disso, observa-se que não houve comportamentos opostos entre as taxas de crescimento: nos casos em que o *GDP* aumentou, o *Green GDP* também registrou crescimento, e vice-versa. Uma análise mais detalhada sobre o comportamento dessas taxas pode ser observada especificamente para os países da América do Sul, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Diferenças entre a taxa de crescimento do *GDP* e a taxa do crescimento do *Green GDP* na América do Sul.



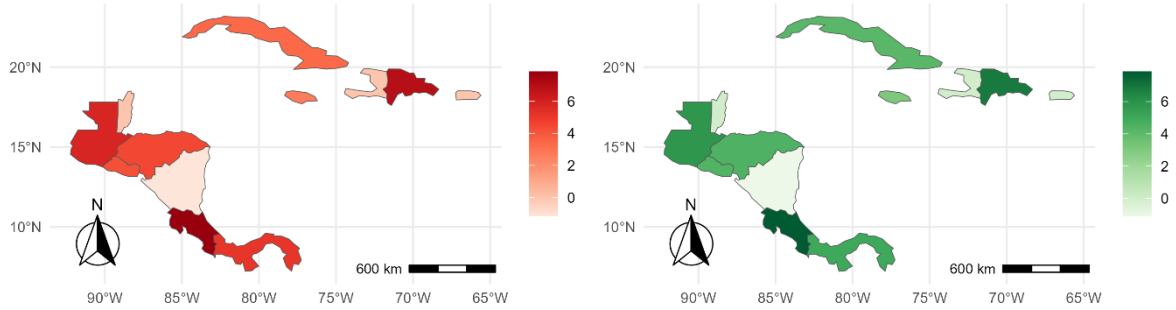
Fonte: Os autores (2024).
Legenda: Green GDP (à direita, na cor verde). GDP convencional (à esquerda, na cor vermelho).

Considerando a região da América do Sul (Figura 3), o crescimento médio do *Green GDP* foi superior ao do *GDP*, sendo 3,84% e 3,04%, respectivamente. Essa tendência é consistente com a análise da América Latina como um todo. De forma mais detalhada, verifica-se que a maior diferença entre as taxas de crescimento do *Green GDP* e do *GDP* ocorreu no Equador (3,01%), seguido pela Bolívia (1,62%), enquanto outras diferenças menos expressivas foram observadas no Chile (0,80%), Guiana (0,68%), Paraguai (0,19%), Colômbia (0,12%) e Uruguai (0,02%).

Embora alguns países não apresentem uma diferença muito expressiva, em todos eles o *Green GDP* cresceu mais que o *GDP*. No caso do Brasil, a taxa de crescimento do *GDP* foi ligeiramente superior à do *Green GDP* (0,10%). Conforme expõem Stjepanović *et al.* (2017), quanto menor a diferença entre o *GDP* e o *Green GDP*, mais satisfatório será o nível de desenvolvimento sustentável. Diante disso, conclui-se que, nos países citados, sugere-se um comportamento que leva a uma proximidade do PIB Verde com o PIB convencional, o que sinaliza a adoção de estratégias e ações na busca do desenvolvimento sustentável.

Três países da América do Sul merecem destaque: Bolívia, Equador e Argentina. No Equador e na Bolívia, a diferença entre o crescimento dos dois indicadores foi mais acentuada que nos demais países da região, com 3,01% e 1,62%, respectivamente, indicando um crescimento do *Green GDP* significativamente maior em relação ao *GDP*. Isso sinaliza um desenvolvimento mais sustentável nessas localidades, ainda que em menor escala em comparação com outros países da América do Sul. Em contrapartida, a Argentina apresentou o pior cenário entre os países analisados, uma vez que houve uma redução em ambos os indicadores, indicando a ausência de desenvolvimento econômico e sustentável no país.

Figura 4 – Diferenças entre a taxa de crescimento do *GDP* e a taxa do crescimento do *Green GDP* na América Central.



Fonte: Os autores (2024).
Legenda: Green GDP (à direita, na cor verde). GDP convencional (à esquerda, na cor vermelho).

Na América Central (Figura 4), a tendência de crescimento médio foi semelhante à observada para toda a América Latina. O crescimento médio do *Green GDP* foi de 4,29%, enquanto o do *GDP* foi de 4,16%, apresentando resultados bastante próximos. De forma detalhada, observa-se que os países da América Central tiveram desempenho ligeiramente superior ao da América do Sul, mas é importante considerar particularidades. No Panamá (0,11%) e em Barbados (0,09%), a taxa de crescimento do *GDP* foi ligeiramente maior que a do *Green GDP*. Já em outros países da região, como Cuba (0,80%), Jamaica (0,39%), El Salvador (0,14%), República Dominicana (0,04%), Honduras (0,02%), Costa Rica (0,01%) e Guatemala (0,01%), o *Green GDP* cresceu mais que o *GDP*, sugerindo um desenvolvimento mais sustentável, ainda que as diferenças entre os indicadores tenham sido mínimas.

Por outro lado, a Nicarágua foi o único país da América Central a apresentar taxa de crescimento negativa para ambos os indicadores, assim como o México, que representa a América do Norte na análise. Em ambos os casos, houve retrocesso em termos de desenvolvimento econômico e sustentável.

Nos países onde o *Green GDP* superou o *GDP*, é possível que tenha havido uma reorientação do crescimento econômico em prol da sustentabilidade. Por exemplo, o Equador pode ter priorizado práticas mais orgânicas e sustentáveis no agronegócio, em detrimento da agricultura convencional, que favorece a mecanização intensiva. Esses países também podem ter priorizado setores econômicos que promovem a redução das emissões de carbono ou adotaram modelos produtivos menos intensivos em carbono. Planos de desenvolvimento de longo

prazo podem ter contribuído para esses avanços em sustentabilidade.

Conclui-se que, na amostra selecionada, a maioria dos países da América Latina segue um indicativo de que o crescimento do PIB é caracterizado por ser mais sustentável (vide fórmula do PIB Verde). Os resultados indicam que, de forma geral, a sustentabilidade está acompanhando o crescimento econômico, exceto em alguns casos. Diversos fatores podem justificar esses resultados. Destaca-se, em âmbito regional, o Consenso de Montevidéu sobre População e Desenvolvimento, que reuniu representantes de 38 países da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL) em agosto de 2013. Segundo o documento da CEPAL, a conferência visava analisar os progressos da região nos últimos 20 anos e identificar ações necessárias para o futuro, enfatizando a importância de buscar o desenvolvimento sustentável para garantir o bem-estar das gerações atuais e futuras. O documento reconhece a necessidade de equilibrar população, recursos, meio ambiente e desenvolvimento, reforçando a sustentabilidade como prioridade regional.

Outros fatores que podem explicar o cenário de desenvolvimento sustentável na maioria dos países da América Latina são as agendas e conferências organizadas pelos principais órgãos globais, com destaque para a Agenda 2030 e as Conferências das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP). A Agenda 2030 é um plano de ação que visa promover medidas para o benefício da sociedade, do planeta e da sustentabilidade. Ela abrange 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas, que buscam equilibrar as três dimensões do desenvolvimento sustentável: econômica, social e ambiental.

Essas iniciativas podem ter contribuído para o progresso do desenvolvimento sustentável na América Latina, uma vez que a Agenda 2030 constitui uma ação global destinada a garantir o bem-estar e a qualidade de vida no planeta. A agenda promove práticas de consumo e produção mais sustentáveis, a gestão responsável dos recursos naturais e o estabelecimento de políticas sobre mudanças climáticas no contexto do desenvolvimento sustentável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa analisou a relação entre crescimento econômico e sustentabilidade ambiental em países da América Latina, comparando as taxas de crescimento do PIB convencional com as do *Green GDP* para vinte países selecionados. A metodologia adotou a estimativa do *Green GDP*, que ajusta o PIB tradicional ao excluir o custo do consumo de recursos naturais e os custos de esgotamento ambiental.

Como contribuição, o estudo discute como o crescimento econômico se relaciona com questões ambientais, destacando a necessidade de que o crescimento econômico, tão almejado globalmente, seja sustentável, respeitando os limites da sustentabilidade. O trabalho também reforça as limitações do PIB convencional em termos de sustentabilidade, ao ignorar aspectos como bem-estar social, prosperidade econômica, questões ambientais, características do mercado de trabalho e dos sistemas educacionais. Isso aponta para a importância de ferramentas alternativas, como o *Green GDP*, para medir dimensões não capturadas pelo PIB.

Na amostra analisada, a taxa média de crescimento do *Green GDP* foi superior à do *GDP*. Países da América Central apresentaram, em termos absolutos, uma taxa média de crescimento do *Green GDP* superior à dos países da América do Sul. Outro achado relevante foi a ausência de comportamento oposto entre as taxas de crescimento do *Green GDP* e do *GDP*: nenhum país apresentou crescimento do *GDP* simultâneo à queda do *Green GDP*, um resultado que difere de estudos empíricos em países membros da OCDE. No entanto, observou-se crescimento econômico negativo, acompanhado de uma redução no *Green GDP*, em países como México, Argentina e Nicarágua.

Economias como Equador, Cuba, Chile e Bolívia se destacaram por apresentarem diferenças significativas entre as taxas de crescimento do *GDP* e do *Green GDP*. Em contrapartida, alguns países, incluindo Brasil, Guatemala, Panamá e República Dominicana, tiveram crescimento do *Green GDP* inferior ao do *GDP*.

Entre as limitações da pesquisa, destaca-se a dificuldade de obter dados para todos os 33 países que compõem a América Latina, particularmente para a variável de resíduos sólidos. Além disso, a falta de séries temporais completas impede uma análise das tendências de longo prazo para o *Green GDP*.

Espera-se que este estudo contribua para a literatura ao propor novas abordagens para o cálculo do PIB, seja em termos teóricos ou metodológicos, através da mensuração do *Green GDP*. Para futuras pesquisas, recomenda-se investigar lacunas sobre como os países latino-americanos podem integrar a questão ambiental em suas estratégias de crescimento econômico de longo prazo.

REFERÊNCIAS

AER - Australian Energy Regulator. Australia: AER, 2015. Disponível em: https://www.aer.gov.au/industry/registers/charts. Acesso em: 05 mar. 2024.

ALKHARS, M. A. ALWAHAISHI, S.; FALLATAH, M.; KAYAL, A. A literature review of the Environmental Kuznets Curve in GCC for 2010–2020. **Environmental and Sustainability Indicators**, v. 14, p. 100-181, 2022. https://doi.org/10.1016/j.indic.2022.100181

ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Capital natural, serviços ecossistêmicos e sistema econômico: rumo a uma "Economia dos Ecossistemas". **Texto para Discussão IE/Unicamp**, v. 159, 2009.

ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Degradação ambiental e teoria econômica: algumas reflexões sobre uma "economia dos ecossistemas". **EconomiA**, v. 12, n. 1, 2011.

ANDRÉE, B.; CHAMORRO, A.; SPENCER, P.; KOOMEN, E.; DOGO, H. Revisiting the relation between economic growth and the environment; a global assessment of deforestation, pollution and carbon emission**. Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 114, p. 109-221, 2019. https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.06.028

AQUILAS, N. A.; MUKONG, A.; KIMENGSI, J.; NGANGNCHI, F. Economic activities and deforestation in the Congo basin: An environmental kuznets curve framework analysis. **Environmental Challenges**, v. 8, p. 100-553, 2022. https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100553

ARROW, K. J.; DASGUPTA, P.; MÄLER, K. The genuine savings criterion and the value of population. **Economic theory**, v. 21, p. 217-225, 2003. https://doi.org/10.1007/978-3-662-05858-9_2

BLEYS, B. Beyond GDP: Classifying alternative measures for progress. **Social indicators research**, v. 109, p. 355-376, 2012. https://doi.org/10.1007/s11205-011-9906-6

BOLT, K., MATETE, M., CLEMENS, M., **Manual for Calculating Adjusted Net Savings**, Environment Department, World Bank, p. 1-23, 2002.

BOYD, J. Nonmarket benefits of nature: What should be counted in green GDP? **Ecological economics**, v. 61, n. 4, p. 716-723, 2007. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.06.016

CAIADO, R.; LEAL FILHO, W.; QUELHAS, O.; NASCIMENTO, D.; ÁVILA, L. A literature-based review on potentials and constraints in the implementation of the sustainable development goals. **Journal of cleaner production**, v. 198, p. 1276-1288, 2018. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.102

CAPOOR, K.; AMBROSI, P. **State and trends of the carbon market 2007.** Washington DC: The World Bank. 2007.

CHEIKH, N. B.; ZAIED, Y. B.; CHEVALLIER, J. On the nonlinear relationship between energy use and CO2 emissions within an EKC framework: Evidence from panel smooth transition regression in the MENA region. **Research in International Business and Finance**, v. 55, p. 101-331, 2021. https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2020.101331

CHENG, D.; XUE, Q.; HUBACEK, K.; FAN, J.; SHAN, Y.; ZHOU, Y.; COFFMAN, D.; MANAGI, S.; ZHANG, X. Inclusive wealth index measuring sustainable development potentials for Chinese cities. **Global Environmental Change**, v. 72, p. 102-417, 2022. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102417

FREIRE, F. S.; SILVA, N. O.; OLIVEIRA, V. R. F. Economic growth and greenhouse gases in Brazilian States: is the environmental Kuznets curve applicable hypothesis? **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, n. 15, 2023. https://doi.org/10.1007/s11356-023-25411-z

FRODYMA, K.; PAPIEŻ, M.; ŚMIECH, S. Revisiting the environmental Kuznets curve in the European Union countries. **Energy**, v. 241, p. 122-899, 2022. https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122899

GAO, W. S.; CHEN, Y. Q.; CHEN, D. D. A New Index System of Agricultural Green Accounting Based on Value of Agroecosystem Services. **Research of Agricultural Modenization**, v. 26, n. 1, p. 1–5, 2005.

GPP – Global Petrol Prices. Atlanta: GPP, 2024. Disponível em: https://www.globalpetrolprices.com/electricity_prices/. Acesso em: 05 mar. 2024.

GROSSMAN, G. M.; KRUEGER, A. B. Economic growth and the environment. **The quarterly journal of economics**, v. 110, n. 2, p. 353-377, 1995. https://doi.org/10.2307/2118443

HAMILTON, K.; CLEMENS, M. Genuine savings rates in developing countries. **The World Bank Economic Review**, v. 13, n. 2, p. 333-356, 1999. https://doi.org/10.1093/wber/13.2.333

HARVEY, D. **A condição pós-moderna**: uma pesquisa das origens sobre a mudança cultural. São Paulo: Editora Edições Loyola, 1992.

HEALC. **Hub de Energía America Latina y el Caribe**. Washington: HEALC, 2024.

Disponível em: https://hubenergia.org/en/indicators/evolution-electricity-rates-latin-america-and-caribbean. Acesso em: 05 mar. 2024.

HECHT, J. **National environmental accounting: Bridging the gap between ecology and economy**. Routledge: 2012.

HOGAN, D. J. Crescimento populacional e desenvolvimento sustentável. **Lua Nova: revista de cultura e política**, p. 57-78, 1993. https://doi.org/10.1590/S0102-64451993000300004

KUNANUNTAKIJ, K.; VARABUNTOONVIT, V.; VORAYOS, N.; PANJAPORNPON, C.; MUNGCHAROEN, T. Thailand Green GDP assessment based on environmentally extended input-output model. **Journal of Cleaner Production**, v. 167, p. 970-977, 2017. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.106

KURNIAWAN, R.; SUGIAWAN, Y.; MANAGI, S. Economic growth–environment nexus: An analysis based on natural capital component of inclusive wealth. **Ecological Indicators**, v. 120, p. 106982, 2021. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106982

KUZNETS, S. Economic Growth and Income Inequality. **The American Economic Review**, v. 45, n. 1, p. 1-28, 1955. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/1811581. Acesso em: 08 mar. 2024.

MÁRQUEZ DELGADO, D. L.; SANTOYO, A. H.; MÁRQUEZ DELGADO, L. H. La educación ambiental: evolución conceptual y metodológica hacia los objetivos del desarrollo sostenible. **Revista Universidad y sociedad**, v. 13, n. 2, p. 301-310, 2021.

MEADOWS, D. H.; MEADOWS, D. L.; RANDERS, J.; BEHRENS, W. **Limits to growth**. Nova York: Universe Books, 1972.

MIKHAILOVA, I. Sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática. **Economia e Desenvolvimento**, 2004. https://doi.org/10.5902/141465093442

MINEM – Ministerio de Energía y Minas. Cuba: MINEM, 2024. Disponível em: https://www.minem.gob.cu/es/actividades/electricidad. Acesso em: 05 mar. 2024.

ODUNIYI, O. S.; RIVEROS, J.; HASSAN, S.; ÇITAK, F. Testing the theory of Kuznet curve on environmental pollution during pre-and post-Covid-19 era. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, 2023. https://doi.org/10.1038/s41598-023-38962-5

OLADE. **Organización Latinoamericana de Energía.** Equador: OLADE, 2024. Disponível em: https://sielac.olade.org/default.aspx. Acesso em: 05 mar. 2024.

OLIVEIRA, G. B. Uma discussão sobre o conceito de desenvolvimento. **Revista da FAE**, Curitiba, v.5, n.2, p.41-48, maio/ago. 2002. Disponível em: https://revistafae.fae.edu/revistafae/article/view/477. Acesso em: 20 mar. 2024.

ORTIZ-PANIAGUA, C. F.; GÓMEZ, M. Crecimiento económico y calidad ambiental en América Latina, perspectiva desde Kuznets, 1970-2016. **Economía: teoría y práctica**, n. 55, p. 17-36, 2021. https://doi.org/10.24275/etypuam/ne/552021/ortiz

PANAYOTOU, T. Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. In: **Working paper WP238, technology and employment programme**. Geneva: ILO; 1993.

RAUCH, J. N.; CHI, Y. F. The plight of green GDP in China. **Consilience**, n. 3, p. 102-116, 2010. https://doi.org/10.7916/consilience.v0i3.4498

REES, W. E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. **Environment and urbanization**, v. 4, n. 2, p. 121-130, 1992. https://doi.org/10.1177/095624789200400212

SÁNCHEZ, L.; CABALLERO, K. La curva de Kuznets ambiental y su relación con el cambio climático en América Latina y el Caribe: un análisis de cointegración con panel, 1980-2015. **Revista de Economía del Rosario**, v. 22, n. 1, p. 101-142, 2019. https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/economia/a.7769

SANDRONI, P. **Dicionário de economia**: nova edição revista e ampliada. São Paulo: Best Seller, 1987.

SCATOLIN, F. D. **Indicadores de desenvolvimento:** um sistema para o Estado do Paraná. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal do rio Grande do Sul. Porto Alegre. 1989.

SHAFIK, N..; BANDYOPADHYAY, S. Economic growth and environmental quality: time series and cross-country evidence. **World Bank Policy Research Papers**; 1992.

SHAFIK, N. Economic development and environmental quality: an econometric analysis. **Oxford economic papers**, v. 46, n.1, p. 757-773, 1994. https://doi.org/10.1093/oep/46.Supplement_1.757

SIEDENBERG, D. R. Indicadores de desenvolvimento socioeconômico: uma síntese. **Desenvolvimento em questão**, v. 1, n. 1, p. 45-71, 2003. https://doi.org/10.21527/2237-6453.2003.1.45-71

SOUZA, N. J. **Desenvolvimento econômico**. São Paulo: Atlas, 1993.

STJEPANOVIĆ, S.; TOMIĆ, D.; ŠKARE, M. A new approach to measuring green GDP: a cross-country analysis. **Entrepreneurship and sustainability issues**, v. 4, p. 574-590, 2017. https://doi.org/10.9770/jesi.2017.4.4(13)

TAYRA, F.; RIBEIRO, H. Modelos de indicadores de sustentabilidade: síntese e avaliação crítica das principais experiências. **Saúde e Sociedade**, v. 15, n. 1, p. 84-95, 2006. https://doi.org/10.1590/S010412902006000100009

UGALDE HERNÁNDEZ, O. Could Economic growth propel Costa Rica to lessen its environmental debasement? environmental kuznets curve (1990-2021). **Revista Relaciones Internacionales**, v. 96, n. 2, 2023. http://dx.doi.org/10.15359/ri.96-2.2

VEKLYCH, O.; SHLAPAK, M. Green GDP as an indicator of environmental cost of economic growth in Ukraine. **Macroeconomics problems**, v.23, p. 244-248, 2013. http://dx.doi.org/10.1134/S1075700712030100

WACKERNAGEL, M.; ONISTO, L.; BELLO, P.; LINARES, A.; FALFÁN, I.; GARCÍA, J.; GUERRERO, A.; GUERRERO, M. National natural capital accounting with the ecological footprint concept. **Ecological economics**, v. 29, n. 3, p. 375-390, 1999. https://doi.org/10.1016/S0921-8009(98)90063-5

WANG, X. Green GDP and Openness: Evidence from Chinese Provincial Comparable Green GDP. **Journal of Cambridge Studies**, v. 6, n.1, 2011. https://doi.org/10.17863/CAM.1375

WASTE TO ENERGY IN DENMARK. The most efficient waste management system in Europe. 2006. Disponível em: https://stateofgreen.com/files/download/275. Acesso em: 05 mar. 2024.

WDI. **World Bank Database Indicators**. World Bank, 2024. Disponível em: https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators. Acesso em: 05 mar. 2024.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Alain Hernandez Santoyo: conceitualização, metodologia, análise de dados, redação do manuscrito original;

Otavio Junio Faria Neves: curadoria de dados, metodologia, análise de dados, redação do manuscrito original;

Italo do Nascimento Mendonça: curadoria de dados, metodologia, análise de dados, redação do manuscrito original;

Marcelo Fernandes Pachecho Dias: redação - revisão e edição;

Gabrielito Rauter Menezes: design da apresentação de dados, redação - revisão e edição.

Este é um artigo de acesso aberto distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.