



## A PEGADA ECOLÓGICA E A MANUTENÇÃO DO CAPITAL NATURAL: Limites para o crescimento econômico?

**Oz Iazdi**

Universidade Estadual de Londrina, Paraná, Brasil  
[ozsolon@gmail.com](mailto:ozsolon@gmail.com)

**Fabiano Pedroso**

Universidade Estadual de Londrina, Paraná, Brasil  
[pfabianopedroso@uel.br](mailto:pfabianopedroso@uel.br)

### Resumo

O Pensamento Econômico Ecológico pode ter sua origem datada do final do século XIX, solidificandose como um paradigma científico organizado durante a segunda metade do século XX. Através de um entendimento de que a economia é um subsistema de um ecossistema local e global mais amplo, a Economia Ecológica (EE) postula que não é possível ignorar as características naturais e os aspectos biofísicos envolvidos nos fluxos e estoques dos recursos utilizados ou transacionados pelo homem. Diante desse contexto, o objetivo do artigo é duplo: primeiro, apresentar uma discussão teórica sobre a concepção da EE e do capital natural através da pegada ecológica, ressaltando tanto as contribuições desse indicador como as críticas realizadas a ele; segundo, realizar uma análise de correlação para alguns países da América do Sul a fim de levantar evidências sobre a hipótese de o padrão de crescimento econômico ser uma ameaça ao esgotamento do capital natural. Os resultados mostram que a EE se fundamenta sobre pressupostos antagônicos à economia neoclássica e que o crescimento dos países sul americanos apresentam uma correlação inversamente proporcional à manutenção do capital natural.

**Palavras-chave:** economia ecológica, pegada ecológica, capital natural, crescimento econômico, desenvolvimento sustentável.

### Abstract

Ecological Economics' Thought may have its origin dating from the end of the 19th century, solidifying itself as an organized scientific paradigm during the second half of the 20th century. Through an understanding that the economy is a subsystem of a broader local and global ecosystem, Ecological Economics (EE) postulates that it is impossible to ignore the natural characteristics and biophysical aspects involved in flows and stocks of resources used or transacted by men. Given this context, the objective of the paper is twofold: first, it aims to present a theoretical discussion on the concept of EE and natural capital through the ecological footprint, highlighting both the contributions brought by this indicator and the criticisms made against it; second, it carries out a correlation analysis for some South American countries in order to raise evidences on the hypothesis that the pattern of economic growth is a threat to natural capital depletion. The results show that EE is based on antagonistic assumptions to the neoclassical economics and that South American countries' growth presents an inversely proportional correlation to the maintenance of natural capital.

**Keywords:** ecological economics, ecological footprint, natural capital, economic growth, sustainable development.

**JEL Codes:** Q57, Q56, Q01, O13, O44



## 1. Introdução

A ciência econômica pode ser definida ou abordada de inúmeras formas. Partindo da concepção original do termo “Οἰκονομικός” (*oikonomikos* - administração do domicílio) contido na obra de Xenofonte escrita no século IV a.c., o estudo da economia pode ser circunscrito às temáticas da riqueza, escassez, produção, distribuição, bem-estar, satisfação, cultura, entre outros recortes e nuances mais particulares. Aristóteles (2017) definiu a economia como a arte de adquirir e conservar a riqueza que auxilia na arte do governo doméstico, a qual, por sua vez, se preocupa em fazer bom uso dos bens da casa. No século XVIII, Adam Smith definiu o objetivo de seu estudo como uma investigação sobre a natureza e as causas da riqueza das nações. John Stuart Mill também definiu a economia como a ciência da produção e distribuição da riqueza. Talvez a definição mais popularmente divulgada e conhecida sobre a ciência econômica seja a de Lionel Robbins, que afirmou que a economia é o estudo do comportamento humano como um relacionamento entre fins e meios escassos que têm usos alternativos. Ainda assim, autores como Allan Gruchy defenderam um espectro mais amplo para essa ciência. De acordo com ele, a economia está preocupada com o estudo da estrutura e funcionamento do campo de relações humanas em evolução que se interessa pela provisão de bens materiais e serviços para a satisfação dos desejos humanos, mas que também se importa com o entendimento dos padrões variáveis das relações culturais que lida com a criação e descarte de escassos bens materiais e serviços realizados por indivíduos ou grupos sociais (Kapp, 1976; Backhouse, 2007; Gennari e Oliveira, 2009).

As inúmeras variações e delimitações dos objetivos da ciência econômica deixam transparecer até que ponto certas visões assimilam e se importam com a relação entre o homem e a natureza. Seja através da

noção de escassez ou da criação e descarte de bens materiais, é crucial ressaltar uma noção de economia (tanto no sentido da economia como disciplina como no sentido de sistema econômico) em que a produção, a riqueza, a distribuição e, em última instância, o bem-estar estejam fundamentados sobre uma visão de mundo ampla, que reconheça e obedeça as leis da natureza, sem ignorar os processos de transformação da matéria e geração ou dissipação de energia. Esses elementos impõem limites ao que se considera como capital natural, permitindo o surgimento de visões ecológicas e demográficas críticas à economia neoclássica e à busca incessável pelo crescimento econômico.

Partindo de uma concepção que ressalta a interação intrínseca entre o homem e os fenômenos naturais, o artigo tem por objetivo apresentar a contribuição da Economia Ecológica (EE) enquanto um paradigma crítico da economia neoclássica, ressaltando a importância do capital natural no debate acerca dos limites do crescimento econômico. Particularmente, discute-se as contribuições e as críticas ao indicador da pegada ecológica (PE), questionando em que medida ele pode ser visto como uma ferramenta de análise da sustentabilidade dos processos de consumo e descarte de resíduos, bem como avaliando se ele apresenta algum tipo de evolução conjunta com o PIB per capita.

O artigo está organizado em 5 seções. Além desta breve introdução, a seção 2 contextualiza historicamente o surgimento da EE enquanto um paradigma científico crítico à abordagem neoclássica. Adicionalmente, discute-se o conceito de capital natural inserido em uma visão que busca integrar as restrições e a capacidade biofísica do planeta na análise econômica. A seção 3 apresenta as contribuições advindas com a introdução da pegada ecológica, indicador fundamentado nas concepções da EE.



Também são apresentadas algumas críticas e limitações a esse indicador, dado que ele não é aceito de modo consensual como um bom guia para a elaboração de políticas públicas sustentáveis ou como uma proposta de mensuração ótima da demanda por recursos naturais. Posteriormente, na seção 4, busca-se apresentar algumas evidências empíricas para o seguinte questionamento: a pegada ecológica aponta para políticas que visem a manutenção do capital natural através da imposição de limites ao crescimento econômico? Tais evidências serão ilustradas através da observação da evolução da pegada ecológica per capita, da biocapacidade per capita e do PIB per capita para os países da América do Sul. Por fim, a seção 5 discute os resultados encontrados e tece algumas considerações finais.

## **2. A Economia Ecológica e o capital natural: do contexto histórico à crítica à abordagem neoclássica.**

É difícil, ou mesmo impossível, determinar o momento de origem da Economia Ecológica como uma escola ou um novo paradigma dentro da história do pensamento econômico. Ainda que autores como Thomas Malthus e William Jevons tenham atentado para os limites dos recursos naturais, suas análises não estavam focadas propriamente em estabelecer uma relação profunda entre o crescimento econômico e a dinâmica de funcionamento da natureza. Em sua tese a respeito da desproporcionalidade entre o crescimento populacional e a produção de alimentos, Malthus lançou as bases para o que se tornou o foco de atenção da demografia ambiental contemporânea. Por sua vez, Jevons alertou para o caráter não renovável da utilização do carvão na

dinâmica de crescimento industrial. No entanto, enquanto a teoria de Malthus se estendeu por outras questões e debates econômicos mais amplos, Jevons colocou o problema do carvão como uma preocupação marginal à medida em que suas contribuições teóricas iriam amadurecendo, não se interessando em aprofundar as diferenças entre máquinas, matérias-primas e combustíveis industriais em sua discussão sobre o capital. Christensen (1989: 23) chega a afirmar que “o programa marginalista parece ter criado uma cegueira conceitual em um cientista que havia entendido bem o significado físico da energia na atividade produtiva”.

Segundo Franco (2018), é possível traçar o surgimento do pensamento da EE como um paradigma científico<sup>1</sup> a partir do final do século XIX. Tomando como ponto de partida o aparecimento das teorias termodinâmicas modernas em meados do século XIX, duas preocupações dominaram o pensamento de diversos autores do período: (i) a dimensão em que a energia poderia ser considerada um determinante do desenvolvimento cultural e (ii) os aspectos normativos envolvendo a distribuição de recursos, os ideais sociais e a construção de políticas públicas com base no papel da tecnologia e da evolução natural. A primeira preocupação buscava entender como as dotações e restrições biofísicas condicionavam o processo de desenvolvimento cultural e organização social, com destaque para a análise da disponibilidade e uso da energia sob as restrições entrópicas. Autores como Eduard Sacher (1834 – 1903) e Wilhelm Ostwald (1853 – 1932) tomaram uma posição extrema ao defenderem que o desenvolvimento econômico era, em última instância, uma busca pela maior quantidade possível de energia disponível na natureza. O socialista

<sup>1</sup> Franco (2018) utiliza a noção de paradigma científico no sentido Kuhniano, ou seja, é explicado como um arcabouço composto de pressupostos teóricos gerais,

leis e técnicas aplicadas que os membros de uma comunidade científica específica passam a adotar.



ucraniano Sergei Podolinsky (1850 – 1891) e outros pensadores russos como Alexander Bogdanov (1873 – 1928), Nikolai Bukharin (1888 – 1938) e Vladimir Stanchinskii (1882 – 1942) buscaram uma relação entre as ciências naturais e a teoria marxista, chegando até mesmo a elaborar uma noção de teoria energética do valor que procurava ser consistente com a teoria do valor-trabalho de Marx, bem como também tentando reconciliar o materialismo histórico com a “*social energetics*”, utilizando inclusive análises de insumo-produto para mensurar a energia do processo agrícola. Com uma posição menos extrema, Patrick Geddes (1854 – 1932) e Otto Neurath (1882 – 1945) também reconheceram a importância da abordagem biofísica na análise econômica, mas descartaram o reducionismo energético. Para eles, era impossível reduzir a análise dos fenômenos sociais e morais à contabilidade e mensuração energética, visto que aqueles possuíam propriedades específicas e emergentes.

No que tange à segunda preocupação, Franco (2018) distingue as visões sobre distribuição de recursos, ideais sociais e o papel da tecnologia e da seleção natural em três grupos distintos: os utópicos ecológicos, os tecnocratas e os darwinistas sociais. Os primeiros não acreditavam na ideia de um futuro de abundância e dominação humana sobre a natureza, defendendo formas mais igualitárias de organização social dentro dos limites biofísicos. Os segundos, embora reconhecessem as restrições biofísicas impostas por uma eventual escassez de recursos naturais, possuíam uma visão otimista da predominância tecnológica e da possibilidade de um crescimento econômico praticamente irrestrito. Finalmente, os terceiros buscavam uma justificação para explicar a desigualdade social através do

entendimento de que a utilização de energia era o determinante central do processo de seleção natural, isto é, a evolução dos diferentes grupos humanos era definida pela competição para a maximização do uso energético. Assim, Franco traça as origens da EE como um amálgama de pensamentos e concepções que florescem no final do século XIX e vão tomando a forma de um paradigma bem definido com o passar do século XX.

Constituída como um arcabouço de pressupostos teóricos, leis e técnicas compartilhados pela comunidade científica, a Economia Ecológica está associada à busca de um desenvolvimento sustentável, entendido como a busca por uma equidade intra e intergeracional. Além disso, interpreta a economia como um subsistema de um ecossistema local e global mais amplo, o que encerra limites físicos ao crescimento econômico, lançando mão de indicadores físicos (matéria, energia, química, biologia) e de abordagens analíticas interdisciplinares que visam salientar os aspectos biofísicos dos fluxos e estoques dos recursos transacionados pelo homem. Assim, o conceito de coevolução é importante, pois considera a influência mútua entre os sistemas econômico e ambiental na criação de um desenvolvimento histórico específico (Christensen, 1989; Van den Bergh, 2001), o que pressupõe uma ontologia monista, ou seja, uma suposição de que as mudanças econômicas e naturais pertencem a uma mesma esfera da realidade, ainda que possam apresentar características particulares e emergentes (Witt, 2008)<sup>2</sup>.

Os fundamentos da EE a colocam em uma posição crítica à economia neoclássica, fundamentada nas hipóteses do comportamento individual racional através da

---

<sup>2</sup> Um exemplo que ilustra essa característica da EE é a análise emergética. Para detalhes sobre esse método, ver Odum (1996).



maximização da utilidade, na noção de equilíbrio, e na negação da incerteza não probabilística (Dequech, 2007). Além disso, a própria estrutura da função de produção neoclássica não incorpora a diferenciação entre fundos (i.e., os agentes) e fluxos (i.e., as matérias em transformação), aceitando, assim, a substituição entre quaisquer fatores, com exceção dos casos de função de produção com coeficientes fixos ou com fatores limitativos (Georgescu-Roegen, 1971; Mayumi et al., 1998). Como aponta Georgescu-Roegen (1976), a ideia do processo econômico não é um análogo de uma análise mecânica, típica da estrutura neoclássica, mas sim entrópica, o que implica na transformação unidirecional de recursos naturais valiosos de baixa entropia em resíduos sem valor de alta entropia, mesmo considerando que processos de reciclagem desacelerem esse processo.

Dentro do arcabouço neoclássico, a Economia Ambiental (EA) é a vertente de destaque no que diz respeito à abordagem aos recursos naturais. O foco de análise da EA se dá sobre a utilização eficiente dos recursos e a finalidade de alcançar alocações ótimas, sendo que os problemas ambientais são traduzidos como externalidades a serem solucionadas. Segundo Van den Bergh (2001), é possível diferenciar a EE e a EA

através de suas respectivas ênfases. A Tabela 1 ilustra algumas dessas diferenças.

Como mostrado na **Tabela 1**, uma das principais diferenças entre a EE e a EA é que a primeira reconhece o próprio tamanho da economia como um problema central a ser estudado, assim como dá prioridade à sustentabilidade e equidade; a segunda coloca ênfase na eficiência paretiana da alocação. Através de abordagens interdisciplinares e multidimensionais que se interessam não apenas nos efeitos de curto e médio prazo, mas também nos resultados de longo prazo, a EE assume o potencial de uma coevolução não previsível que deve ser pautada pelo princípio de precaução, dando atenção a combinações de baixa probabilidade mas de grande impacto, como é o caso das instabilidades ecossistêmicas e das perdas de biodiversidade. Já a EA se baseia em abordagens monodisciplinares e em análises de custo-benefício que geralmente priorizam os efeitos de curto e médio prazo. Como a EA se preocupa em analisar as trocas e as alocações eficientes na presença de externalidades ambientais, utiliza essencialmente indicadores monetários intrínsecos ao sistema de preços. Dado o foco multidimensional e coevolucionário da EE, seus principais indicadores possuem um caráter biofísico.

**Tabela 1.** Diferenças de ênfase da Economia Ecológica e da Economia Ambiental

Economia Ecológica	Economia Ambiental
Escala ótima	Alocação ótima e externalidades
Prioridade à sustentabilidade e equidade	Prioridade à eficiência
Coevolução não previsível	Otimização determinística
Foco no longo prazo	Foco no curto e médio prazo
Interdisciplinar	Monodisciplinar
Indicadores biofísicos	Indicadores monetários
Avaliação multidimensional	Análise de custo-benefício
Racionalidade limitada e incerteza forte	Racionalidade axiomática e incerteza fraca

Fonte: Adaptado de Van den Bergh (2001: 16)



Christensen (1989) vê com incredulidade a abordagem através dos preços, pois, em geral, os recursos ambientais são valorados a seus custos marginais de extração, não de reprodução. Isso significa que não se contabiliza monetariamente a capacidade que o sistema biossocial tem de se manter no longo prazo e garantir a sustentabilidade intergeracional. Segundo Wackernagel e Rees (1997), as abordagens monetárias são cegas à realidade biofísica, pois é possível que a receita total advinda da extração de um serviço natural permaneça constante, ainda que o estoque de capital natural esteja em declínio<sup>3</sup>. A própria presença de uma incerteza forte sobre o futuro impossibilita a realização de cálculos de utilidade esperada e de otimização. Mais do que isso, do ponto de vista ético, Caney e Hepburn (2011) mostram que políticas ambientais voltadas ao sistema de preços podem resultar em distribuições injustas das perdas e benefícios, e autores como Polanyi (2000) e Kapp (1972) ressaltam que a transformação dos recursos e serviços da natureza em mercadorias remove os estigmas morais que surgiriam a partir da degradação ambiental, minando o sentido de uma responsabilidade partilhada pela preservação de um bem maior e desvirtuando a essência de exigências humanas básicas.

Em adição a essa crítica, destaca-se que a teoria marginalista que sustenta boa parte das análises desses indicadores da EA desconsidera a complementaridade entre os insumos de produção, ignorando os fluxos de matéria e energia (Christensen, 1989). Por exemplo, uma análise de produtividade marginal do trabalho não considera que a utilização de um trabalhador adicional no

processo produtivo requer, necessariamente, um aumento em conjunto da matéria e energia utilizadas.

Mediante essas diferenças fundamentais de abordagem e ênfase existentes entre a EE e EA, pode-se afirmar que os desenvolvimentos teóricos de qualquer abordagem entre economia e meio ambiente se assenta sobre uma concepção central: o capital natural. Contudo, Missemer (2018) mostra que mesmo esse conceito central tem sido entendido de maneira conflituosa dentro da literatura. Por um lado, há uma concepção de que o capital natural é a soma dos recursos exauríveis, dos recursos renováveis e dos serviços ecossistemas de regulação (clima, ciclos hidrológicos, etc.). Por outro, existe uma crítica à concepção de que o capital natural pode ser reduzido a uma visão contábil, como se fosse um ativo que permite uma substituição e comparação direta com outros tipos de capital.

De acordo com Wackernagel e Rees (1997), o capital natural se refere ao estoque físico de ativos naturais requerido para produzir os bens e serviços biofísicos que uma economia extrai dos fluxos globais para se sustentar, sem que isso comprometa a produção futura. Por exemplo, uma floresta é capaz de permitir uma atividade extrativa de madeira perpétua, assim como um lago também pode fornecer peixe para a atividade pesqueira ano após ano, desde que ambas atividades respeitem a capacidade de renovação dessas áreas, sendo, portanto, sustentáveis. Nesses casos, a floresta e o estoque de peixes seriam o que se considera como o capital natural.

<sup>3</sup> Como afirmam Wackernagel e Rees (1997: 13): “Um perigo é o fato de o preço de mercado de uma determinada mercadoria não refletir seu valor final quando escasso, nem o 'valor total' da mercadoria (Daly, 1968/1993, p. 254). Ele revela apenas o que as pessoas estão dispostas a pagar hoje pela próxima unidade dessa mercadoria. Esse preço é influenciado

por muitas coisas, incluindo renda total, alternativas disponíveis (custos de oportunidade) e moda atual. (...) Os preços de mercado também não indicam nada sobre atrasos temporais, limiares ecológicos ou irreversibilidades dos processos naturais, os quais afetam a oferta futura de bens e serviços naturais” (tradução livre).



Helm (2019) aponta para a incompatibilidade de uma concepção de capital natural sistêmica com a teoria neoclássica e as análises de custo benefício. Isso porque o capital natural não pode ser analisado em pequenas partes ou apenas parcialmente. Assim, considerá-lo simplesmente como o valor presente dos benefícios advindos dos fluxos de serviços futuros menos os custos de gerar esses fluxos é uma visão limitada, que desconsidera as incertezas sobre os limiares de esgotamento, de renovação e da capacidade de tecnologia no futuro. Adicionalmente, essa visão desconsidera tanto o limitado potencial de substituição entre diferentes tipos de capital natural quanto a integração ecossistêmica entre eles. Consequentemente, Helm (2019) defende que o capital natural deve ser entendido como um ativo sistêmico que oferece certas capacidades potenciais que não devem ser interpretadas apenas em termos utilitaristas.

Em vista dessas discussões, a próxima seção apresenta um indicador de caráter biofísico da EE que propõe estabelecer uma relação entre o capital natural e a demanda por recursos naturais: a *pegada ecológica*. Ainda que esse indicador não seja um consenso na literatura em termos de sua capacidade de mensuração da demanda por recursos naturais ou como um bom guia para políticas públicas sustentáveis, certamente representa uma alternativa crítica à concepção neoclássica alicerçada em indicadores monetários.

### **3. Contribuições e limitações do indicador de pegada ecológica**

Baseado em um direcionamento normativo sustentado pelo princípio de precaução de

que consequências ambientais negativas de baixa probabilidade, mas de alto impacto, devem ser evitadas, bem como na concepção de que cada geração deveria herdar um estoque de ativos biofísicos essenciais ao menos tão grande quanto a geração anterior havia herdado, a pegada ecológica (PE) surge como um indicador que respeita os preceitos da Economia Ecológica.

A PE pode ser representada como a área agregada de terra e água em diferentes categorias ecológicas que é reivindicada pelos participantes de uma determinada economia para produzir todos os recursos que consomem e absorver todos os resíduos que são continuamente gerados, considerando determinado estado de tecnologia (Wackernagel e Rees, 1997; York et al., 2003).

De acordo com Zhang et al. (2017), o método de cálculo da PE categoriza os recursos naturais renováveis em um conjunto de seis áreas: terras cultiváveis, florestas, pastagens, áreas de pesca, áreas construídas e áreas de captação de carbono. Considerando essas áreas, quanto mais recursos são consumidos e resíduos são gerados, maior o tamanho da pegada. No lado da oferta, a biocapacidade (BC) é a área produtiva real (e.g. de um país, cidade, bairro) ponderada pela bioprodutividade global relativa. Assim, se a demanda por recursos e a geração de resíduos para uma determinada região (PE) for maior do que sua capacidade de suprimento (BC), é possível afirmar que há um déficit ecológico<sup>4</sup>. Caso esse déficit não seja compensado pelo superávit ecológico de outras regiões, haverá um esgotamento do estoque de capital natural.

<sup>4</sup> Segundo a Global Footprint Network (2020), o déficit ecológico (ou "ecological overshoot") ocorre quando um ecossistema local é explorado para além de sua

capacidade de resiliência, levando a um empobrecimento dos recursos naturais e a uma acumulação de resíduos.



A pegada ecológica se fundamenta no conceito de capacidade de carga (ou de suporte) do ambiente. Esse conceito determina o tamanho máximo que uma população pode atingir para permanecer estável, dado os recursos disponíveis e a demanda mínima de uma pessoa representativa dessa população. Ou seja, é o tamanho de população que pode ser sustentado indefinidamente por um habitat. No entanto, a PE representa justamente o inverso desse conceito, ou seja, indica a área bioprodutiva que é necessária para manter uma dada população (Wackernagel e Rees, 1997; Maduro-Abreu et al., 2009). Assim, a PE é, em regra, um indicador mensurado em hectares globais<sup>5</sup>.

A contribuição da PE para a mensuração da demanda por recursos naturais e para a orientação de políticas de desenvolvimento sustentável pode ser ressaltada por um conjunto de fatores. Primeiramente, a PE é um indicador agregado, representado por um número único que converte uma matriz complexa de consumo na terra utilizada para a produção (juntamente com a terra teoricamente necessária para sequestrar o CO<sub>2</sub> produzido) e que permite comparações fáceis, sendo também uma boa ferramenta para a visualização da dimensão do uso da terra e para traçar cenários quanto ao uso de recursos e capacidade de carga. A disponibilidade de dados em diferentes escalas espaciais facilita a construção da PE. Ao contrário de indicadores monetários, reconhece a existência de limites biofísicos e torna visível os desequilíbrios nas trocas ecológicas. Sob um prisma mais geral, a PE também busca uma abordagem mais sistêmica, ajudando a consolidar a

importância do capital natural para o desenvolvimento econômico. Finalmente, a pegada ecológica aponta para fatores e caminhos específicos que devem ser endereçados pelas políticas que visem diminuir a demanda e o descarte de recursos naturais: reduzir o consumo, elevar a produtividade ecológica e promover tecnologias mais eficientes.

Apesar dessas contribuições, a pegada ecológica não é um indicador completo ou isento de imperfeições. Uma série de autores ressaltam algumas dessas limitações da PE. Costanza (2000) e Moffatt (2000) afirmam que a PE possui uma visão estática em relação ao papel da tecnologia. Ao extrapolar as condições atuais como as mesmas que serão observadas no futuro, o indicador pode realizar uma previsão mais pessimista do que aquilo que de fato ocorrerá com o passar do tempo, mesmo admitindo uma incerteza forte. A falha dos prognósticos da teoria populacional de Malthus e os efeitos das inovações como “destruições criadoras” no desenvolvimento do capitalismo, como foi ressaltado por Schumpeter (1997), apontam em uma direção mais otimista no que se refere aos limites do crescimento econômico. Em favor da PE, pode-se argumentar que ela serve, ao menos, como um sinalizador limítrofe de cenários mais extremos da capacidade de conservação do capital natural, prezando pelo princípio de precaução. Outra crítica ressaltada pelos autores é de que a PE não tem a capacidade de distinguir diferentes graus de sustentabilidade e justiça no que se refere ao comércio internacional ou inter-regional. Isso porque comparar apenas a pegada ecológica de um país com sua biocapacidade exige

<sup>5</sup> O hectare global é calculado utilizando uma produtividade biológica global média para diferentes tipos de terrenos em um dado ano (fatores de equivalência). Isso ocorre porque tipos de terrenos diferentes possuem produtividades diferentes. Por exemplo, um hectare global de terras cultiváveis

ocuparia uma área física menor do que uma área de pastagens, visto que seria necessária uma área maior de pastos para prover a mesma biocapacidade do que a área de terras cultiváveis. Para maiores detalhes de cálculo, ver Zhang et al. (2017).





qualquer tipo de ponderação a respeito de diferentes estágios de desenvolvimento em que se encontram as diferentes nações e de como elas se inserem nos mecanismos de troca mundial. Caso se ignore essa constatação, países menos desenvolvidos e com baixa biocapacidade deveriam realizar um esforço relativo muito maior do que países “premiados” pela natureza, contrabalanceando possíveis déficits ecológicos através do comércio internacional. Desse modo, a pegada ecológica não incorpora questões éticas como a distribuição equitativa dos recursos.

Moffatt (2000) também argumenta que a PE não considera em seu cálculo os recursos presentes no subsolo e Lenzen e Murray (2003) afirmam que as áreas deixadas de fora do indicador são subjetivamente tratadas como “improdutivas para os propósitos humanos”, como é o caso dos desertos, ainda que alguns povos vivam nesse ambiente. Contudo, o principal problema para Moffatt (2000) é a incapacidade de monitorar os resultados das políticas implementadas com base no acompanhamento do indicador, dada a presença de incerteza. De forma a suavizar essa crítica, o autor pondera que isso não é um problema apenas da PE, mas de todos os indicadores de sustentabilidade em geral. Maduro-Abreu et al. (2009) corroboram tal visão crítica e também atestam que a pegada ecológica perde precisão se calculada ao nível regional pela dificuldade de acesso aos dados e ao uso de proxies imprecisas, principalmente em relação ao consumo. Em termos nacionais, as variáveis que compõem o indicador são mais fáceis de se encontrar. Outro ponto ressaltado por Maduro-Abreu et al. (2009) e Costanza (2000) é que, por vezes, falta transparência nos cálculos da PE, que podem ser complexos e não disponibilizados pelos órgãos ou institutos que os apresentam, exigindo maior atenção dos analistas e dos “policy makers”.

Fiala (2008) aponta quatro críticas à pegada ecológica. Primeiro, assim como os demais autores, ressalta o caráter estático da PE no que diz respeito às mudanças tecnológicas intensivas. Como exemplo, o autor cita que o intenso crescimento na produção de cereais que ocorreu a partir da década de 1960 se deu não pelo aumento do uso de terras, mas através do aumento de produtividade. O segundo ponto destacado por Fiala é que a PE dá muito peso para a emissão de gases do efeito estufa (especificamente, o CO<sub>2</sub>), sem que ainda se saiba com maior clareza qual a real necessidade de sequestro ou eliminação desses gases. Blomqvist et al. (2013) concordam com essa crítica e ainda afirmam que a estimativa da taxa de absorção de carbono também é muito incerta. Contudo, Mancini et al. (2015) apresentam uma nova metodologia de cálculo do parâmetro de absorção de carbono da PE que busca incorporar componentes até então ignorados, o que ilustra uma tentativa de se buscar um constante processo de atualização e melhoria do indicador. A terceira crítica feita por Fiala (2008) reside sobre a arbitrariedade da escolha de fronteiras (geralmente, fronteiras políticas) para calcular a pegada ecológica. Embora essa crítica não seja exclusiva da PE, o autor afirma que, de uma perspectiva ambiental, fronteiras históricas ou administrativas são especialmente irrelevantes. Consequentemente, ele entende que diferenças entre as pegadas ecológicas per capita dos países refletem mais uma desigualdade de recursos do que propriamente a sustentabilidade de uma determinada área. A quarta e última crítica, salientada também por Lenzen e Murray (2003), assenta-se sobre a desconsideração da degradação do solo no cálculo da PE. Isso implica na possibilidade de uma grande pegada ecológica poder ser mais sustentável do que uma pegada menor, caso se verifique que a população da primeira área está utilizando a terra de forma menos destrutiva



do que a segunda, o que evitaria, por exemplo, a necessidade de migrar a produção para outra área e, assim, impor maiores impactos ecológicos no longo prazo.

Em relação ao último ponto, Zhang et al. (2017) mostram que foi desenvolvido um fator corretivo para o cálculo da biocapacidade que leva em consideração o tempo necessário para a regeneração do solo. Ainda assim, nota-se uma dificuldade de generalização desse fator, dado que ele varia muito entre os diferentes tipos de terrenos. Na mesma linha, os autores também comentam a existência de métodos de cálculo da pegada que incorporam tanto o consumo total de recursos naturais quanto o esgotamento do estoque de capital natural.

Finalmente, é necessário ressaltar que a PE inclui majoritariamente em seu cálculo as áreas de terra que são requeridas pelos domicílios e pelos produtores de itens de consumo. Esses produtores, no entanto, recorrem a uma série de insumos que, por sua vez, também exigem terras e recursos para serem produzidos. Isso resulta em uma cadeia de interdependência produtiva entre diferentes setores, determinando o requerimento de terras diretas e indiretas, que também deveriam ser consideradas para um cálculo mais apurado da PE. Lenzen e Murray (2003) defendem que a melhor forma de incorporar essas camadas indiretas que fazem parte da produção de determinados bens ou serviços é através de análises de insumo-produto. Esse tipo de metodologia permite estabelecer as relações entre as etapas produtivas diversas, descrevendo o caminho estrutural da produção. Dessa forma, os componentes de consumo da PE são incorporados de forma mais completa e robusta<sup>6</sup>.

O levantamento das diversas críticas e das constantes correções e atualizações referentes ao cálculo da PE mostram que esse não é um indicador perfeito, muito menos o único guia para a realização de políticas que visem promover um desenvolvimento sustentável. Por outro lado, o intenso debate em volta da pegada ecológica deixa transparecer sua importância e relevância tanto no meio científico quanto no meio dos “policy makers”. Em vista disso, é possível levantar um questionamento particular: a pegada ecológica aponta para políticas que visem a manutenção do capital natural através da imposição de limites ao crescimento econômico? A seção seguinte busca apresentar algumas evidências a respeito desse questionamento ao se observar a evolução da pegada ecológica per capita, da biocapacidade per capita e do PIB per capita para alguns países da América do Sul.

#### **4. A pegada ecológica e os limites ao crescimento econômico: o cenário da América do Sul**

Para além das discussões a respeito da validade da PE como um guia para políticas públicas, há um intenso debate na literatura que procura discutir a relação entre esse indicador e o crescimento econômico. Em geral, tem-se como ponto de partida a hipótese de que existe uma Curva de Kuznets Ambiental (CKA), isso é, de que a relação entre a renda dos países e a poluição ou degradação ambiental tem um formato de U invertido. Isso significa que, conforme os países vão crescendo, eles também passam a ser mais nocivos ao meio ambiente. Contudo, a partir de determinado limiar, o crescimento começa a ajudar a diminuir o esgotamento do capital natural por conta de

<sup>6</sup> Para um exemplo de aplicação dessa metodologia, ver Wiedmann et al. (2006).



três efeitos: (i) uma mudança da demanda em direção a produtos mais sustentáveis; (ii) uma mudança na composição da produção em direção a setores mais limpos; (iii) uma mudança nas tecnologias empregadas, que passam a ser mais limpas e eficientes (Asici e Acar, 2015).

As evidências empíricas, no entanto, não apontam para resultados que comprovem de maneira incontestemente a existência dessa relação entre meio ambiente e crescimento. Enquanto alguns estudos apontam para a existência de uma relação do tipo CKA para países de renda alta utilizando a PE como um indicador de sustentabilidade (Al-Mulali et al., 2014), outras pesquisas mostram que a relação entre PE e o PIB (ou PIB per capita) apresenta uma tendência crescente monotônica (Bagliani et al., 2008). Asici e Acar (2015) complementam essas evidências ao encontrarem uma relação do tipo CKA, mas, ao decompor o indicador entre a pegada ecológica da produção e a pegada ecológica das importações, verificam que, em realidade, países mais ricos continuam aumentando sua PE caso se contabilize não apenas o que produzem em seu território, mas também a pegada gerada externamente pelos produtos que importam e consomem. Adicionalmente, os autores mostram que a PE da produção tende a ser relativamente maior em países com maior biocapacidade, visto que eles têm uma preocupação menor no que diz respeito ao esgotamento do capital natural.

Com o intuito de colaborar para essa discussão, este estudo lança mão de um método de análise da correlação entre o PIB per capita (PIB\_PC), a pegada Ecológica per capita (PE\_PC) e a biocapacidade per capita (BC\_PC) para oito países da América do Sul - Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Paraguai, Peru e Venezuela -, considerando o período de 1961 a 2016. Os dados foram extraídos da base de dados do Global Footprint Network (2020). Países como

Equador, Suriname, Guiana e Guiana Francesa não entraram na análise por não possuírem dados referentes ao período analisado. Decidiu-se também pela exclusão do Uruguai na análise, visto que, apesar de existir informações desse país para o período, elas não são muito confiáveis, segundo a classificação de qualidade dos dados realizada por analistas independentes ao próprio Global Footprint Network (2020). Duas análises são realizadas: primeiramente, o cálculo de correlação pelo coeficiente de correlação de Pearson. Depois, realiza-se uma Análise de Componentes Principais (PCA) que tem como base a própria correlação de dados, procurando qualificar a validade dos resultados encontrados por meio de sua variabilidade. O software usado para os cálculos é o SCILAB.

A covariância é utilizada para interpretar o nível de associação entre variáveis. Para Gujarati, (2009), a covariância é uma medida da redundância da informação entre duas variáveis, pois mede a associação linear entre elas. O sinal da covariância indica se os deslocamentos dos desvios em relação às suas médias variam no mesmo sentido ou no sentido inverso. Essa estatística compõe o numerador da razão que resulta no coeficiente de correlação. Assim, o coeficiente de correlação de Pearson ( $\rho$ ), também chamado de correlação linear ou  $\rho$  de Pearson, é um grau de relação entre duas variáveis quantitativas, exprimindo esse grau de correlação através de valores situados entre -1 e 1 (Gujarati, 2009):

$$\rho = \frac{COV(X,Y)}{\sigma_X \sigma_Y} \quad (1)$$

Em (1), tem-se no numerador a covariância das variáveis selecionadas ( $X$  e  $Y$ ) e, no denominador, a multiplicação dos desvios padrões das variáveis em questão.

Considera-se como variáveis de atenção o PIB per capita (PIB\_PC), a biocapacidade per capita (BC\_PC) e, por último, a pegada



Ecológica per capita (PE\_PC) para os  $i$  anos do período (1961 a 2016) e para os  $n = 8$

países sul americanos incluídos na amostra. A **Tabela 2** mostra a matriz de correlação  $M_\rho$ .

**Tabela 2.** Matriz  $M_\rho$  de correlação.

	PIB_PC versus BC_PC	PIB_PC versus PE_PC	p-Value(médio)
Argentina	-65,32%	-4,22%	0,003
Bolívia	-76,09%	90,28%	0,0001
Brasil	-95,48%	82,63%	0,0005
Chile	-80,24%	92,62%	0,00000
Colômbia	-90,96%	-67,20%	0,00008
Paraguai	-95,06%	12,96%	0,00007
Peru	-45,83%	18,18%	0,0007
Venezuela	23,47%	11,28%	0,00002

Fonte: elaborado pelos autores com base em Global Foot Network (2020).

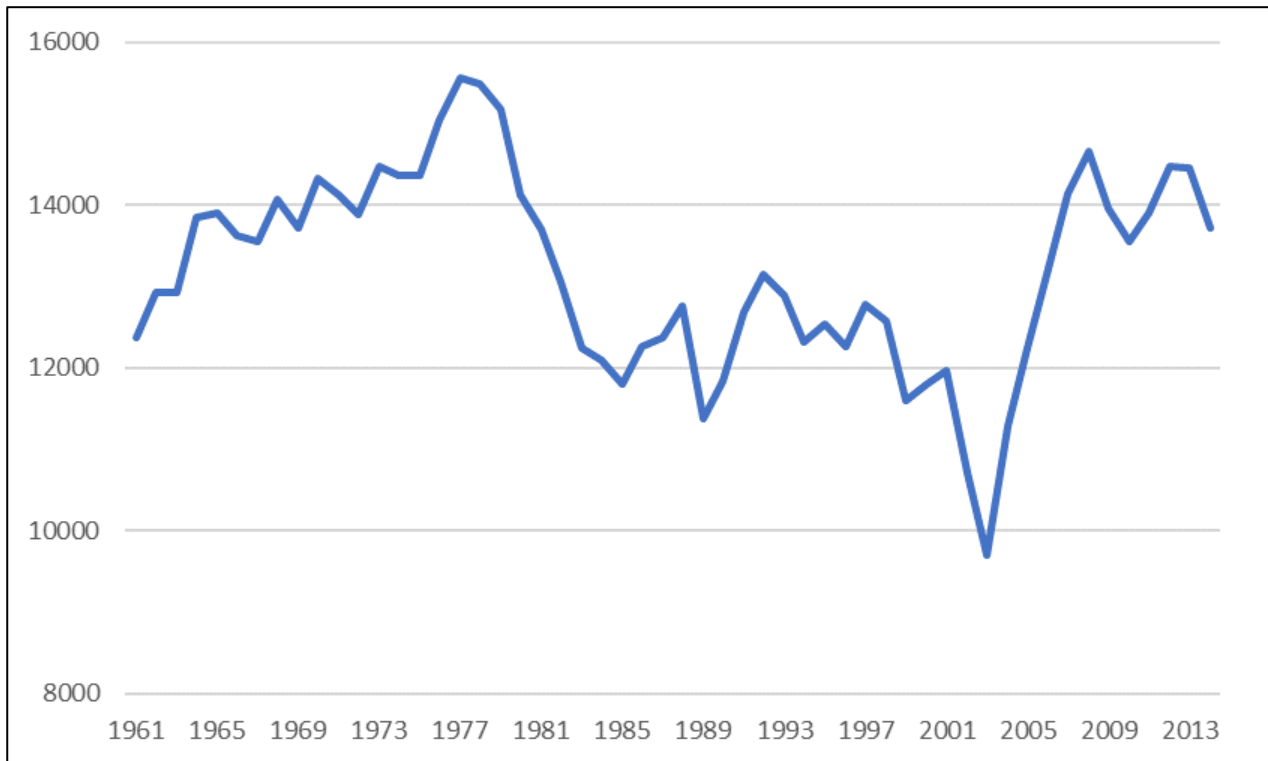
A Tabela 2 evidencia que, em geral, há uma forte correlação negativa entre o PIB per capita e a biocapacidade per capita, além de uma correlação positiva entre o PIB per capita e a pegada ecológica per capita. Como era de se esperar, há de fato uma correlação entre o crescimento econômico e o esgotamento do capital natural, refletido aqui tanto pelo lado do consumo através da PE como pela biocapacidade do território, que caminha em sentido contrário à evolução do produto dos países sul americanos. Dessa forma, se de fato existe a relação estabelecida pela Curva de Kuznets Ambiental, as evidências apontam que os países da América do Sul ainda estão em sua fase ascendente, não tendo migrado sua produção para setores e tecnologias sensivelmente mais limpas, nem alterando

seu perfil de demanda o suficiente para permitir que alcancem um patamar de utilização sustentável de recursos.

Observa-se que apenas a correlação entre PIB\_PC e BC\_PC da Venezuela e as correlações entre PIB\_PC e PE\_PC da Argentina e da Colômbia fogem um pouco do padrão encontrado para os demais países. Uma possível explicação para o primeiro caso é evidenciada pela **Figura 1**, na qual se observa a grande variação do produto per capita venezuelano para o período, apresentando muitos anos de queda, o que faz com que os anos de crescimento da produção agregada sejam apenas anos de recuperação de níveis anteriores, sem que isso coloque um peso cada vez maior sobre a biocapacidade do país ou sobre sua PE.



**Figura 1** – Evolução do PIB\_PC da Venezuela (em US\$ constantes de 2010)



Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados do Global Footprint Network (2020).

Os casos da Colômbia e da Argentina resultam de uma PE praticamente constante durante todo o período de análise, apesar do crescimento do PIB per capita desses países. No caso mais extremo da Colômbia, uma parcela considerável da pressão ecológica do seu crescimento econômico resultou em um aumento da componente per capita da PE relacionada à captura de CO<sub>2</sub>, que passa de 0,35 em 1961 para 0,81 em 2016, e que foi compensada, em grande parte, pela queda da componente de pastagens, que passa de 1,25 em 1961 para 0,54 em 2016 (Global Footprint Network, 2020).

De forma a qualificar a análise de correlação, utiliza-se a Análise de Componentes Principais (PCA), que consiste na concentração de informação da matriz de covariância  $M_c$  das variáveis de atenção para os 8 países dentro de uma janela dos últimos 7 anos ( $i = 7$ ) do período adotado. Isso é feito pela diagonalização dessa matriz e expressando-a em um somatório de produtos

externos (vetores de pesos e escores) de posto igual a um. A decomposição espectral calcula os autovetores (V) e autovalores (L). Dado que  $M_c$  apresenta na diagonal principal as variâncias e fora dela as covariâncias das variáveis, ao se aplicar a decomposição espectral sobre  $M_c$ , tem-se (V) e (L). Desse método, pode-se extrair a Componente Principal (PC), aquela que apresenta o maior valor da diagonal de (L), representando o maior escore dentre os termos da diagonal (Dunteman, 1989). Com isso, aplicando a equação abaixo, encontram-se as  $j$  componentes (da maior capacidade de explicação para a menor) e seu nível de informação sobre a variação dos dados:

$$PC_j = \frac{L(i,j)*100}{\text{traço}(L)} \quad (2)$$

Onde  $L(i,j)$  é o termo de maior escore (L).

A quantidade de informação obtida pela correlação entre as variáveis na dimensão de

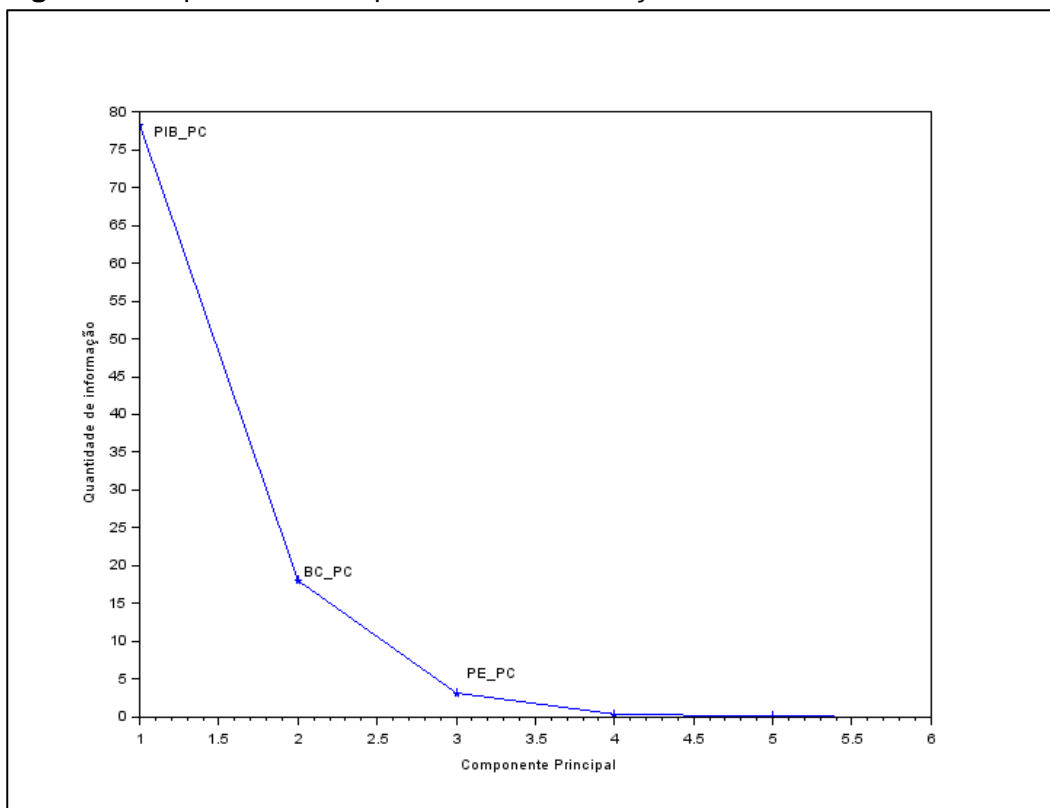


cada país é informada de forma diferente por cada componente, ou seja, o impacto de cada uma das variáveis de atenção. Por motivo de buscar um resultado estatisticamente significativo, utiliza-se como componente para teste 7 grupos, sendo o primeiro grupo considerando as três variáveis para o ano de 2016 e caminhando, consecutivamente, até as três variáveis para o ano de 2010. O resultado é apresentado no gráfico da Figura 2 do tipo “screen”, cujo objetivo é mostrar o quão as principais componentes explicam a variabilidade dos dados para o período.

A **Figura 2** mostra que as componentes que explicam as variações dos dados são, da maior para a menor: o PIB\_PC, com 78%; a BC\_PC, com 18%; a PE\_PC, com 4%. Isso significa que, mesmo utilizando uma janela de 5 anos para essa análise, a variabilidade dos dados se concentra no PIB *per capita*.

Portanto, é necessário qualificar que a análise de correlação se sustenta sobre uma variação não muito grande da biocapacidade e da pegada ecológica. O fluxo de informação sobre a variabilidade dos dados em questão vem do próprio produto porque a sua amplitude faz com que sua alta covariância assume o papel principal, reduzindo a representatividade das outras duas variáveis do estudo. Ainda que pese essa ponderação analítica sobre a pouca variabilidade de BC\_PC e PE\_PC, a análise de correlação não deixa de comprovar que o padrão encontrado para os países da América do Sul é similar ao padrão encontrado para os países de renda baixa ou média de outros estudos (Al-Mulali et al., 2014; Bagliani et al., 2008; Asici e Acar, 2015), indicando uma relação direta entre PIB per capita e PE per capita e uma relação indireta entre PIB per capita e BC per capita.

**Figura 2** – Impacto das componentes na correlação dos valores.



Fonte: Elaborado pelos autores.

## 5. Discussão e considerações finais



O artigo procurou salientar as contribuições que a EE trouxe para o debate econômico ao se firmar como um novo paradigma científico, posicionando-se de maneira crítica à economia neoclássica e à Economia Ambiental convencional. Observou-se que o desenvolvimento histórico da EE foi marcado por preocupações em entender a economia como um subsistema de um ecossistema local e global mais amplo, impondo limites biofísicos ao crescimento econômico e entendendo o desenvolvimento como uma coevolução entre os sistemas econômico e ambiental. Especificamente, a EE é marcada pela introdução de abordagens interdisciplinares, pela discussão sobre o significado e a importância de manutenção do capital natural, e pela utilização de indicadores não monetários que procuram mostrar se há uma sustentabilidade intra e intergeracional no processo de desenvolvimento hodierno, considerando as incertezas desse processo.

É nesse ínterim que a pegada ecológica surge como uma possibilidade de ser um indicador e um guia para a condução desse fenômeno, evidenciando o padrão de consumo e de geração de resíduos através da normalização dos potenciais bioprodutivos de diferentes tipos de terrenos em uma unidade comparativa comum: o hectare global. Comparando a PE com a biocapacidade desses terrenos, é possível verificar se existe um déficit ecológico em determinadas áreas. Ainda que seja um indicador com uma mensagem clara e de fácil comparação para diferentes locais, ele apresenta uma série de empecilhos em sua construção e utilização, caso se considere como um balizador exclusivo das políticas de sustentabilidade. As críticas feitas à PE vão desde sua concepção em tentar uniformizar todo tipo de informação de degradação do capital natural para um único número até a dificuldade em incorporar as incertezas quanto às mudanças tecnológicas futuras.

Em todo caso, o cálculo da PE vem sendo constantemente aperfeiçoado ao longo dos últimos anos, de maneira que esse indicador ainda possui um protagonismo relativamente elevado tanto no meio científico quanto entre os “*policy makers*”.

Sendo assim, utilizou-se os dados da PE, da biocapacidade e do PIB per capita para alguns países selecionados da América do Sul com a finalidade de verificar como a PE contribui de fato para a discussão sobre desenvolvimento sustentável, particularmente sobre o possível antagonismo entre crescimento econômico e manutenção do capital natural. Observa-se que há uma correlação negativa entre o crescimento do produto e a biocapacidade e uma correlação positiva entre esse mesmo crescimento e a pegada ecológica. Ainda que seja necessário qualificar a análise pela pouca variabilidade apresentada pelos indicadores de sustentabilidade, os resultados para os países da América do Sul corroboram o que vem sendo encontrado por outros estudos. Particularmente, ao menos para esses níveis de renda e para esse indicador específico de sustentabilidade, o crescimento econômico de fato se coloca como uma possível ameaça à manutenção do capital natural.

Diante dessas contribuições teóricas e das evidências empíricas, é possível levantar uma série de discussões tanto no âmbito científico como socioeconômico e político. Por exemplo, deve-se entender o capital natural como uma categoria analítica que se aproxima a uma visão contábil da utilização dos estoques e fluxos de recursos do ecossistema? Ou seria necessário abordar essa questão através de uma visão mais radical, considerando tais elementos da natureza como recursos insubstituíveis e que não devem entrar em nenhuma dimensão que se aproxime de uma concepção mercadológica que ameace os estigmas morais de esgotamento dos ecossistemas? No que diz respeito à pegada ecológica, fica



claro que é um indicador importante ao debate contemporâneo, mas que deve ser utilizado em conjunto com outros indicadores, caso se queira tirar conclusões mais abrangentes sobre o padrão de sustentabilidade do desenvolvimento. Ainda no espectro metodológico, seria interessante que fosse realizado um esforço cada vez maior de estudos híbridos de caráter tanto quantitativo como qualitativo, pois não é possível negar que o processo de desenvolvimento apresente peculiaridades e nuances regionais e culturais que seriam mais bem captadas por estudos direcionados. Finalmente, o dilema entre crescimento econômico e sustentabilidade deve ser colocado sob uma perspectiva que não deve ser generalista. Isso significa que os custos de oportunidade e os esforços para a manutenção de um nível de sustentabilidade intra e intergeracional não podem ser distribuídos de modo uniforme entre os países do globo, visto que a disparidade no grau de desenvolvimento entre eles é alarmante. Talvez esse seja o grande desafio ao desenho e à implementação de políticas no nível mundial, já que poucos países estão dispostos a tomar a dianteira em mudanças institucionais e produtivas que inspirem uma virada à um padrão de crescimento sustentável e que aceitem como referência um princípio de precaução de utilização do capital natural. Seja como for, é nessa capacidade de coordenação que residem os elementos necessários para a adoção coletiva de novos padrões de desenvolvimento que sejam mais justos e sustentáveis.

Al-Mulali, U., Weng-Wai, C., Sheau-Tin, L. e A. Mohammed., 2014. Investigating the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis by utilizing the ecological footprint as an indicator of environmental degradation. *Ecological Indicators* Vol.48: 315-323.

Aristóteles, 2017. *Política*. Martin Claret, São Paulo.

Asici, A. e S. Acar., 2015. Does income growth relocate ecological footprint? *Ecological Indicators* Vol. 61:707-714.

Backhouse, R., 2007. *História da economia mundial*. Estação Liberdade, São Paulo.

Bagliani, M., Bravo, G. e S. Dalmazzone., 2008. A consumption-based approach to environmental Kuznets curves using the ecological footprint indicator. *Ecological Economics* Vol.65, n. 3: 650-661.

Blomqvist, L., Brook, B., Ellis, E., Kareiva, P., Nordhaus, T. e M. Schellenberger., 2013. Does the shoe fit? Real versus imagined ecological footprints. *PLOS Biology* Vol. 11, n. 11: 1-6.

Caney, S. e C. Hepburn., 2011. Carbon trading: Unethical, unjust and ineffective? *Royal Institute of Philosophy Supplement* Vol. 69: 201-234.

Christensen, P., 1989. Historical roots for ecological economics: Biophysical versus allocative approaches. *Ecological Economics* Vol. 1: 17-36.

Costanza, R., 2000. The dynamics of the ecological footprint concept. *Ecological Economics* Vol. 32: 341-345.

Dequech, D., 2007. Neoclassical, mainstream, orthodox, and heterodox economics. *Journal of Post Keynesian Economics* Vol. 30, n. 2: 279-302.

Dunteman, G., 1989. *Principal components analysis*. Sage.

## Referências





- Fiala, N., 2008. Measuring sustainability: Why the ecological footprint is bad economics and bad environmental science. *Ecological Economics* Vol. 67: 519-525.
- Franco, M., 2018. Searching for a scientific paradigm in ecological economics: The history of ecological economic thought, 1880s-1930s. *Ecological Economics*, Vol. 153: 195-203.
- Gennari, A. e R. Oliveira., 2009. História do pensamento econômico. Saraiva, São Paulo.
- Georgescu-Roegen, N., 1971. The entropy law and the economic process. Harvard University Press, Cambridge.
- Georgescu-Roegen, N., 1976. Energy and economic myths: institutional and analytical economic essays. Pergamon Press Inc.
- Global Footprint Network., 2020. Ecological footprint. Retirado de: <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/>. Acesso em: 31 de mar de 2020.
- Gujarati, D., 2009. Basic econometrics. Tata McGraw-Hill Education.
- Helm, D., 2019. Natural capital: assets, systems, and policies. *Oxford Review of Economic Policy* Vol. 35: 1-13.
- Kapp, K., 1972. Social costs, neo-classical economics, environmental planning: a reply. *Social Science Information* Vol. 11: 17-28.
- Kapp, K., 1976. The nature and significance of institutional economics. *Kyklos* Vol. 29, n. 2: 209-232.
- Lenzen, M. e S. Murray., 2003. The ecological footprint: Issues and trends. ISA Research Paper 01-03.
- Maduro-Abreu, A., Nascimento, D., Machado, L. e H. Costa., 2009. Os limites da pegada ecológica. *Desenvolvimento e Meio Ambiente* Vol. 19: 73-87.
- Mancini, M., Galli, A., Niccolucci, V., Lin, D., Bastianoni, S., Wackernagel, M. e N. Marchettini., 2015. Ecological footprint: Refining the carbon footprint calculation. *Ecological Indicators* Vol. 61, Part 2: 390-403.
- Mayumi, K., Giampetro, M e J. Gowdy., 1998. Georgescu-Roegen/Daly versus Solow/Stiglitz revisited, *Ecological Economics* Vol. 27: 115-117.
- Missemer, A., 2018. Natural capital as na economic concept, History and contemporary issues. *Ecological Economics* Vol. 143: 90-96.
- Moffatt, I., 2000. Ecological footprints and sustainable development. *Ecological Economics* Vol. 32: 359-362.
- Odum, H., 1996. Environmental accounting: emery and environmental decision making. Vol. 707. Wiley, Nova York.
- Polanyi, K., 2000. A grande transformação: As origens de nossa época. Compus, Rio de Janeiro.
- Schumpeter, J., 1997. A teoria do desenvolvimento econômico. Editora Nova Cultural, São Paulo.
- Van den Bergh, J., 2001. Ecological economics: Themes, approaches, and differences with environmental economics. *Regional Environmental Change* Vol. 2: 13-23.
- Wackernagel, M. e W. Rees., 1997. Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological footprint perspective. *Ecological Economics* Vol. 20: 3-24.
- Wiedmann, T., Minx, J., Barrett, J. e M. Wackernagel., 2006. Allocating ecological footprints to final consumption categories with input-output analysis. *Ecological Economics* Vol. 56: 28-48.



Witt, U., 2008. What Is specific about evolutionary economics? *Journal of Evolutionary Economics* Vol. 18: 547-575.

York, R., Rosa, E. e T. Dietz., 2003. Footprints on the earth: The environmental consequences of modernity. *American Sociological Review* Vol. 68(2): 279-300.

Zhang, L, Dzakpasu, M., Chen, R. e X. Wang., 2017. Validity and utility of ecological footprint accounting: A state-of-the-art review. *Sustainable Cities and Society* Vol. 32: 411-416.