

# Índice de Desenvolvimento Humano e Pegada Ecológica: Uma proposta de integração

Wagner Faria de Oliveira<sup>1</sup>

**Resumo:** O presente trabalho tenta responder a uma demanda dentro da literatura sobre indicadores de Desenvolvimento no que tange a possibilidade mensurar o Desenvolvimento Sustentável. A ideia é incluir dentro do já conhecido Índice de Desenvolvimento Humano um “peso ecológico”, capaz de mensurar o impacto ambiental (via recursos e degradação) gerado pela escala de Desenvolvimento de um país, medida pelo primeiro índice. Esse peso é estabelecido a partir de outro indicador já conhecido, a Pegada Ecológica. O resultado mostra que o novo indicador penaliza os países com alto impacto ambiental, trazendo uma nova informação para o debate acadêmico e para formulação de políticas públicas.

**Palavras-chave:** Índice de Desenvolvimento Humano, Pegada Ecológica, Desenvolvimento Sustentável

**Abstract:** This paper attempts to answer a demand within the literature on Development indicators regarding the possibility to measure Sustainable Development. The idea is to include in the well-known Human Development Index an "ecological weight", capable of measuring the environmental impact (via resources and degradation) generated by the scale of development of a country, measured by the first index. This weight is established from another indicator already known, the Ecological Footprint. The result shows that the new indicator penalizes countries with high environmental impact, bringing new information to the academic debate and public policy formulation.

**Keywords:** Human Development Index, Ecological Footprint, Sustainable Development

**Classificação JEL:** Q01, C43, O15

**Área Temática:** Desenvolvimento Econômico

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema econômico em que vivemos se desenvolve graças à pressão que exerce sobre o ecossistema terrestre, que impõe fronteiras biofísicas, quais sejam: o escasseamento crescente de recursos não-renováveis e o excesso de impactos negativos no que tange à degradação do ambiente, fato este já apontado por vários estudiosos, como Georgescu-Roegen (1971), por exemplo. Torna-se cada vez mais imperativo buscar formas de mensurar este impacto da presença humana no planeta e, para isso, várias tentativas têm sido feitas. Só assim é possível tornar operacional a busca por um “Desenvolvimento Sustentável”, entendido como o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a habilidade das gerações futuras de satisfazerem suas necessidades (WCED, 1987).

Paralelamente, vale ressaltar que não foi sempre que a humanidade apresentou uma preocupação global, no nível decisório das nações, com o problema do desenvolvimento dos países mais pobres, na acepção mais corrente do termo. O discurso de Harry Truman, após o fim da segunda guerra mundial, pode ter sido a primeira vez que a noção de “*aid*” (ajuda humanitária internacional) tenha sido propagada publicamente, ficando associada posteriormente ao sistema das Nações Unidas (ONU). Ali se tornava claro que pensar o desenvolvimento das nações iria além de

---

<sup>1</sup> Estudante de Mestrado em Economia do Desenvolvimento na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Contato: [wagner.econ@gmail.com](mailto:wagner.econ@gmail.com). O autor agradece as contribuições do orientador, Prof. Dr. Flávio Vasconcellos Comim e do colega Bernardo Andrade Lyrio Modenesi, Mestrando em Economia pela Escola de Economia de São Paulo (Fundação Getúlio Vargas), este último especialmente pela apresentação e suporte no desenvolvimento do método de programação empregado. Quaisquer falhas restantes no trabalho são de inteira responsabilidade do autor.

pensar o crescimento econômico, envolvendo uma dimensão mais ampla de “Desenvolvimento Humano”.

Talvez não haja desafio mais patente dentro dessa seara do que a criação de formas de mensuração capazes de abarcar tanto a dimensão de sustentabilidade ecológica quanto essa dimensão humana do Desenvolvimento. Se por um lado se desenvolveram alguns indicadores de sustentabilidade, por outro, foram criados vários indicadores multidimensionais que tentam operacionalizar a ideia do Desenvolvimento Humano. A questão é: seria possível integrar estes dois avanços e gerar um indicador razoável capaz de servir de ferramenta para a ação política e se tornar do conhecimento de toda a sociedade?

O objetivo do artigo é apontar para essa possibilidade, buscando uma integração entre a Pegada Ecológica (indicador de sustentabilidade) e o IDH (Índice de Desenvolvimento Humano). Após uma introdução teórica destes dois temas e da descrição dos indicadores utilizados nas seções 2 e 3 do trabalho, parte-se para a descrição metodológica da proposta do novo indicador realizada na seção 4. Na seção 5 são apresentados os resultados e na sexta e última parte são apresentadas algumas conclusões e o espaço para a agenda de pesquisa que daqui pode surgir.

## 2. O ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO E ALGUMAS CRÍTICAS

Existem várias acepções para o termo “desenvolvimento” e um extenso debate dentro da Ciência Econômica, mas aqui se faz a opção por concentrar na concepção de Desenvolvimento Humano, que serve de base para pensar questões relacionadas à pobreza numa perspectiva mais ampla. Tal concepção tem como base a chamada “Abordagem das Capacitações”, um *approach* teórico desenvolvido, sobretudo, por Amartya Sen e Martha Nussbaum, que partem de fundamentos filosóficos distintos da ciência econômica tradicional, encontrando suporte especialmente nas obras de Aristóteles, Kant e John Rawls.

Esses autores buscam um novo sentido para o “ser pobre”, que vai além da pobreza monetária. Durante muito tempo pensava-se que pobreza é estar desprovido de uma quantidade mínima de recursos monetários, ou seja, dos meios para se adquirir bens e serviços. Essa concepção foca, então, na importância dos meios em si, e não dos fins, pois tem como base uma filosofia utilitarista, em que a realização do bem-estar se dá por meio do consumo de bens, deixando de lado diversas outras esferas da vida humana que caracterizam a busca pelo bem-estar.

No presente trabalho, muitos detalhes sobre essa crítica e sobre o debate que a envolve serão deixados de lado, pois assim a digressão se tornaria muito extensa. O objetivo é entender em que medida essa abordagem serve de base para a operacionalização e mensuração do desenvolvimento para além de questões monetárias. Por isso será dado enfoque a essa característica do fenômeno da pobreza, à qual a abordagem das capacidades fornece um novo aporte teórico para pensar o problema de uma perspectiva mais plural e multidimensional, moralmente distinta da visão utilitarista, que entende a justiça por meio das consequências. Nesta visão, a pobreza é “moralmente justificada” uma vez que se maximiza o bem-estar social, medido em termos de utilidade. Por outro lado, aqui se entende a justiça definida aprioristicamente, seguindo as formulações de Rawls (1971), que coloca que as desigualdades só podem ser justificáveis se houver um benefício para os menos favorecidos.

Segundo Sen (1999), ser pobre envolve vários outros aspectos além da ausência de recursos monetários, o que justifica sua noção de que “recursos são indicadores imperfeitos de bem-estar”. De acordo com o autor, a pobreza está associada à incapacidade do ser humano de realizar suas capacidades, ou seja, conjuntos de potenciais associados a uma série de funcionamentos, ou “seres e fazeres” como ter uma boa educação, acesso à saúde, não sofrer preconceito, etc. E o autor vai mais além desse ponto ressaltando a importância do processo por meio do qual o indivíduo atinge a realização dessas capacidades que deve ser caracterizado pela liberdade de escolha. Isso significa que o problema da pobreza é mais complexo do que uma simples falta de dinheiro, de modo que sua superação passa necessariamente pela criação de mecanismos que possibilitem a realização de

conjuntos capacitários de funcionamentos de modo a ampliar o escopo de opções e a liberdade de escolher entre elas.

Nussbaum (2011) apresenta uma formulação própria, baseada em fundamentos aristotélicos para a criação de uma lista de capacitações básicas que todo indivíduo deve ter de forma garantida tais como a integridade física, o direito à vida, a capacidade de exercer emoções, entre outras. Essas características representariam o fim da vida humana, como se pode ver, muito além da posse dos meios. Apesar de apresentar uma formulação distinta de Sen, a autora também concorda nesse ponto.

Essa breve apresentação do pensamento desses autores aponta para um fato importante: a pobreza não pode ser entendida como mera privação de bens, mas de uma forma multidimensional. Assim, pensar na mensuração da pobreza deve passar pela formulação de indicadores que incorporem várias dimensões. Classificar as pessoas como estando abaixo ou acima de uma “linha de pobreza” não diz muito sobre o modo como as pessoas pobres levam suas vidas. O desafio é, então, o da elaboração de indicadores multidimensionais.

Talvez não haja esforço que tenha sido mais amplamente difundido nesse sentido do que o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), criado por Mahbub Ul-Haq (HAQ, 1995) e Amartya Sen nos anos 1990. Tal indicador incorpora duas dimensões além da renda (padrão de vida decente), quais sejam, a educação e a saúde. O que orienta a criação desse índice é a classificação dos países de acordo com o desenvolvimento humano, pois se constata que o PIB não é uma variável que capta tais aspectos.

Um elemento norteador desse tipo de índice é sua função, segundo Sen (1999), de formador de Razão Pública. Isso significa que um indicador deve ser amplamente conhecido pelos indivíduos e deve ser de fácil compreensão e aplicação, de modo que ele possa ser constantemente divulgado, discutido e aprimorado. Desse modo, a simplicidade do índice é um aspecto muito importante e os resultados desde sua criação foram significativos nesse sentido, pois hoje o IDH se encontra na pauta de discussões no mundo todo, além de servir como instrumento de política pública, mesmo sendo incapaz de captar todas as dimensões do Desenvolvimento Humano (se restringe a três). Nas palavras de Sen, no prefácio do Relatório de Desenvolvimento Humano de 1999:

I must admit I did not initially see much merit in the HDI itself, which, as it happens, I was privileged to help devise. At first I had expressed to Mahbub ul Haq, the originator of the Human Development Report, considerable skepticism about trying to focus on a crude index of this kind, attempting to catch in one simple number a complex reality about human development and deprivation (...). But after some initial hesitation, Mahbub persuaded himself that the dominance of GNP (an overused and oversold index that he wanted to supplant) would not be broken by any set of tables. People would look at them respectfully, he argued, but when it came to using a summary measure of development, they would still go back to the unadorned GNP, because it was crude but convenient (...). Mahbub got this exactly right, I have to admit, and I am very glad that we did not manage to deflect him from seeking a crude measure. By skillful use of the attracting power of the HDI, Mahbub got readers to take an involved interest in the large class of systematic tables and detailed critical analyses presented in the Human Development Report (UNDP, 1999, p.23).

Os esforços de aprimoramento do índice também tem sido constantes, tendo em vista a enxurrada de críticas que lhe tem sido feitas. As mudanças na sua metodologia de cálculo acontecem quase anualmente, acompanhando essas críticas. Restam ainda várias questões a serem resolvidas pelo índice, mas é inegável a sua importância fundamental para a classificação de países segundo o desenvolvimento humano.

A mudança metodológica recente (UNDP, 2011) apresenta uma série de diferenças em relação aos seus antecedentes. A variável que mede o padrão de vida decente passou a ser a Renda Nacional Bruta *per capita* (substituindo o PIB *per capita*); as variáveis que captam a dimensão da educação passaram a ser os Anos Médios de Estudo (que substituíram o indicador de Alfabetização) e os Anos Esperados de Estudo (ou Expectativa de Vida Escolar), que substituiu a Taxa de Matrícula Combinada; Os limites máximo e mínimo são definidos a partir da amostra, criando postos variáveis para a normalização do índice, o que limita a comparação intertemporal do

indicador; e a média entre as três dimensões deixou de ser aritmética para ser geométrica, reduzindo o grau de substituíbilidade entre as dimensões.

Apesar das mudanças, uma série de críticas sempre reaparece neste cenário. Os teóricos do Desenvolvimento Humano reclamam o fato de que o índice não é capaz de mensurar de fato a capacidade dos indivíduos num determinado país de exercitar suas capacitações e, portanto, não é de fato um indicador de desenvolvimento humano. Isso porque capacitações estão relacionadas com liberdade política, com a capacidade de ter opções de escolha e poder exercitar o direito de escolher entre elas. Sobre isso, o indicador não tem nenhuma consideração.

Outra crítica recorrente é o fato de que o indicador não incorpora uma dimensão de sustentabilidade, o que será trabalhado com mais atenção no próximo item. É exatamente com essa lacuna que se procurará propor algo novo no presente trabalho. Vários indicadores já foram criados nesse intuito, mas ainda não se conseguiu algo da importância de um IDH. A conferência Rio+20 previa a divulgação de indicadores que incorporassem a dimensão da sustentabilidade ambiental no Desenvolvimento Humano, mas não obteve muito sucesso. Falta um indicador de apelo simplificado capaz de entrar na pauta de discussões enquanto parâmetro de comparação entre países.

Nesse ínterim, alguns trabalhos têm tentado resolver esse problema criando novos indicadores. Existe toda uma literatura preocupada em criar indicadores de sustentabilidade, dentre os quais se dará destaque para a Pegada Ecológica. A ideia é entender como o IDH pode cobrir a lacuna de mensuração de sustentabilidade por meio de uma integração com tal indicador, fazendo avançar o debate sobre a mensuração do Desenvolvimento Humano.

### **3. DESENVOLVIMENTO HUMANO E INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE**

Partindo da ideia de que o desenvolvimento de um país não pode ser medido apenas pela sua renda, exatamente pelo sentido amplo que possui tal conceito, criou-se o desafio de se pensar em formas mais adequadas de mensurá-lo. A concepção do IDH, apresentada no item anterior tenta responder a essa demanda criando um indicador que contempla não só a mensuração de um padrão monetário de vida decente, mas também de acesso ao conhecimento e longevidade.

É claro que o desenvolvimento também não se resume apenas às três dimensões utilizadas no cálculo, mas pelo contrário, envolve uma série de outros aspectos da vida humana. A criação de um índice multidimensional encontra-se limitada em parte pelos dados para mensurar tantas variáveis, mas por outro lado, um indicador muito complexo também não se torna conhecido e replicado, o que limita sua capacidade de ser usado como ferramenta de ação política. O mérito do IDH é exatamente conseguir de certa forma mensurar o desenvolvimento humano de um país de uma forma simples e intuitiva.

No entanto, existe uma dimensão crucial para o entendimento do desenvolvimento na realidade atual que ainda não é incluída no IDH (o que é uma de suas principais críticas). Uma questão de grande relevância vem se impondo na agenda política internacional principalmente desde a publicação do Relatório *Limits to Growth* (MEADOWS et al., 1972), que é a questão ambiental, trazida à tona a partir da evidência dos problemas de esgotamento de recursos naturais e degradação do planeta. Afinal, como promover o desenvolvimento de um país mantendo as condições materiais de suprimento das necessidades das futuras gerações? Essa é a pergunta que os estudos de Desenvolvimento Sustentável procuram responder.

Nesse sentido a ação política desempenha um papel crucial no sentido de atuar em prol das condições ambientais de uma nação, necessitando, para isso, de uma série de ferramentas de mensuração de impactos ambientais da ação antrópica. Ora, torna-se imperativo, então, que se criem indicadores de sustentabilidade, ou índices capazes de mensurar o desempenho sustentável de um país. Em outras palavras, trata-se de tentar traduzir em números a capacidade dos países de promover o desenvolvimento para a geração presente sem comprometer as condições das gerações futuras, de modo a poder compará-los.

Uma série de tentativas tem sido feitas nesse sentido. Comim (2008) apresenta uma explicação sucinta de vários desses índices, enfatizando seus pontos positivos e algumas críticas. Fuziki (2011) apresenta uma caracterização mais aprofundada de três desses indicadores: a Pegada Ecológica, o Índice de Sustentabilidade Ambiental e o Índice de Progresso Genuíno. Mais informações objetivas dos indicadores podem ser encontradas no Compêndio de Indicadores de Sustentabilidade de Nações (2012).

Não é a intenção deste trabalho explicar a ideia de cada índice, mas apenas apresentar o motivo da escolha da Pegada Ecológica para análise posterior. Assim, faz-se necessária uma breve caracterização de tal índice.

### 3.1. A Pegada Ecológica (*Ecological Footprint*)

A humanidade subsiste num grande ecossistema terrestre do qual retira e transforma recursos de baixa entropia e devolvem ao ambiente resíduos degradados de alta entropia. Esse fluxo termodinâmico constante e inexorável é a base da existência da raça humana, como mostra Georgescu-Roegen (1971). Tal fato foi recorrentemente negligenciado no âmbito da Ciência Econômica, incapaz de fugir de indicadores monetários para estimar a riqueza de um país. No mundo atual não faz mais sentido entender a riqueza sem levar em consideração a marca deixada pela sociedade no planeta e, logo, não faz sentido deixar de buscar a mensuração da capacidade de sustentação das condições de vida para o futuro.

A intuição da Pegada Ecológica é exatamente buscar estimar o tamanho dessa “marca” deixada pela humanidade no planeta. Desenvolvido pelos cientistas Mathis Wackernagel e William Rees (1995), calculado pelo Global Footprint Network (2010) e divulgado pela WWF (2010, 2012), o indicador demonstra, grosso modo, a quantidade de hectares globais (gha) de terra e água necessários para a manutenção da humanidade com um determinado padrão de utilização dos recursos e emissão de rejeitos. Segundo Comim (2008):

The Ecological Footprint index is meaningful as a demand measure that assesses the pressure from human activity on the state of biodiversity and biosphere. It uses as a benchmark the measure of 1 planet, calculating the number of global hectares per person that are used. Global hectares are calculated taking into account the area of biologically productive land and water necessary for the provision of ecosystem services, such as food, fibre and land, plus the calculation of land needed to absorb carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) from fossil fuels emissions. The message it conveys is simple: humanity needs to reduce its global footprint to avoid living with a permanent loss of biodiversity and erosion of its natural resource basis (p.12).

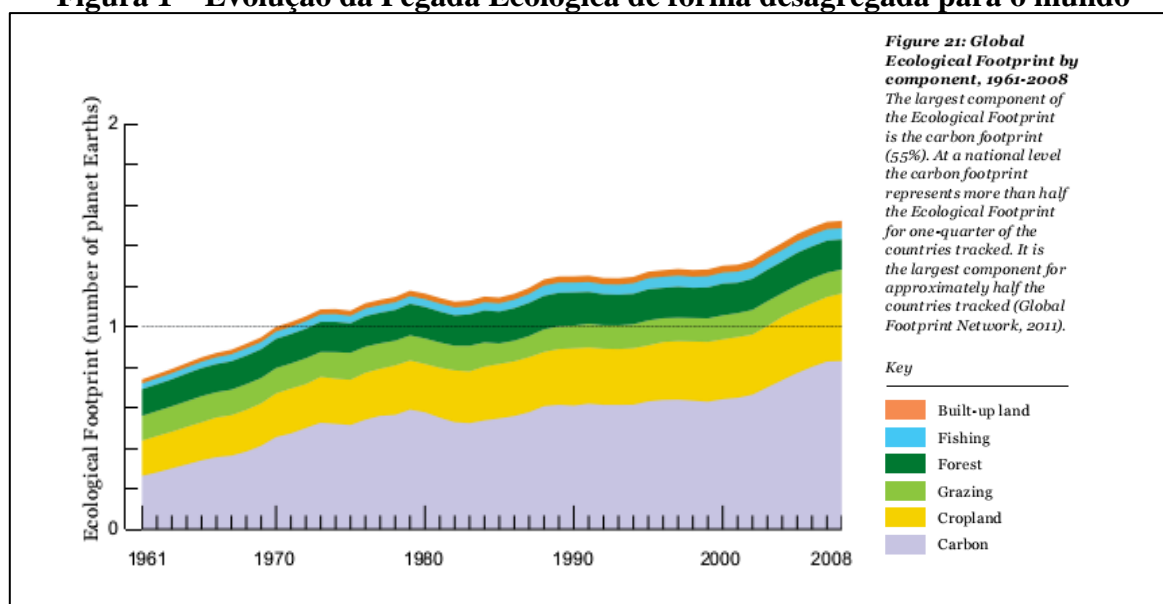
Enquanto medida de “demanda”, a Pegada Ecológica mostra a pressão exercida pela humanidade sobre a biocapacidade (“oferta”) do planeta. A diferença negativa entre os dois é chamada de “*overshoot*”, que seria o estado de ultrapassagem dos limites biofísicos do planeta. O Relatório Planeta Vivo 2012 mostra que essa biocapacidade gira em torno dos 1,8 gha (WWF, 2012), enquanto que a situação atual do planeta encontra-se no patamar de 2,7 gha, o que já significaria que estamos num patamar superior ao indicado, e, portanto, superior ao suportável pelo planeta Terra. O caso dos países desenvolvidos é mais drástico, chegando a 9,0 gha no caso dos Estados Unidos, o que sugere que se todos os países adotassem um padrão de vida parecido com o do estadunidense médio, seriam necessários mais planetas para suportar tal pressão.

O que se percebe pela análise do indicador é que a pressão exercida pelos países de renda elevada é expressivamente maior do que aquela exercida pelos países de renda média ou baixa. Assim, um indicador de desenvolvimento sustentável deve em algum grau penalizar esses países de renda elevada, pois por razões historicamente construídas, seu padrão de desenvolvimento é ecologicamente insustentável. Tal discrepância entre países é um sinal de que, se os países abaixo da linha da biocapacidade média mundial anseiam um crescimento com o mesmo padrão dos países de renda elevada, o cenário provável no futuro pode ser catastrófico.

A Pegada Ecológica é formada por uma série de subíndices (GFN, 2010) que captam, cada um, uma dimensão distinta da relação homem e meio ambiente expressa na provisão de serviços ecossistêmicos, quais sejam: 1) Terras de Absorção de CO<sub>2</sub> (*CO<sub>2</sub> Absorption*), 2) Terras de Pastagem (*Grazing Land*), 3) Terras de Floresta (*Forest*), 4) Áreas de pesca (*Fishing Grounds*), 5) Áreas de Cultivo (*Cropland*), 6) Áreas Construídas (*Built-up Land*). Isso significa que a Pegada Ecológica consegue captar uma série de impactos ambientais diferentes, tanto no lado do *input* (recursos naturais) quanto do *output* (degradação ambiental). O gráfico a seguir mostra a evolução da pegada ecológica global para os seis subsistemas apresentados.

Algo bastante perceptível pelo gráfico é a importância do item 1 apresentado no total da Pegada Ecológica, de magnitude cada vez mais importante no total ao longo do período apresentado. Isso revela a importância do problema da emissão de gás carbônico para a questão ambiental, mas também deixa claro que essa não é a única dimensão da questão ambiental. O indicador é calculado como um somatório de todas essas dimensões em um único número, o que facilita sua utilização como ferramenta prática de comparação e até de decisão política.

**Figura 1 – Evolução da Pegada Ecológica de forma desagregada para o mundo**



Fonte: WWF (2012)

A fórmula para o cálculo da Pegada Ecológica é composta do somatório para todas as dimensões da razão da estimativa do padrão de consumo pessoal médio de uma população *per capita* pela estimativa do rendimento médio do item consumido (padrão de eficiência), tudo isso multiplicado por um fator de equivalência, como segue:

$$EF_p = \sum_i (P_i/Y_{w,i}) \times EQF_i$$

Isso significa que a Pegada Ecológica será tanto maior quanto i) maior for o consumo médio por pessoa do país, ii) menor for a eficiência da gestão dos rejeitos desse consumo e iii) maior for o fator de equivalência, que é uma medida do padrão de consumo do país convertida para hectares produtivos de terra/água. Quanto mais ecologicamente insustentável for tal padrão, maior será este valor.

A informação final da Pegada Ecológica é dada em hectares produtivos globais. Por exemplo, um país que tenha um valor de 2,0 para o indicador significa que seus cidadãos “médios” necessitam de 2 hectares produtivos “médios” de terra e água por ano para satisfazerem suas necessidades e manterem seu padrão de consumo. É evidente que tal informação sofrerá influência de vários fatores, mas o resultado final é um valor de alto apelo intuitivo, pois é evidente que quanto maior a Pegada Ecológica, mais ambientalmente comprometedor é o padrão de desenvolvimento de um país.

Assim como a Pegada Ecológica, outros índices como o ESI (*Environmental Sustainability Index*), o EPI (*Environmental Performance Index*) ou o Barômetro de Sustentabilidade possuem uma alta complexidade por congregarem várias dimensões ambientais e se apresentam como boas ferramentas de comparação entre países. São índices complexos que apresentam resultados coerentes, mas que, por outro lado, são pouco difundidos e esbarram no problema da confiabilidade dos dados. Tal crítica é recorrente aos índices de sustentabilidade, que dependem fortemente de uma quantidade muito grande de dados confiáveis, o que os torna de certa forma vulneráveis.

Evidentemente que a Pegada Ecológica pode ser também alvo dessas críticas, mas a escolha de tal índice para o presente trabalho se dá por uma razão objetiva. Como Fuziki (2011, p.35) mostra, “a Pegada Ecológica, através de uma metodologia simples, faz um alerta para a importância de se proporem novos caminhos para a construção de uma economia mais limpa, sem que para isso se caminhe para o *overshoot*”. Esse índice apresenta um apelo intuitivo e de fácil percepção, capaz de fornecer uma base de comparação bastante visível e de se tornar uma boa ferramenta de política pública, assim como o IDH. Apesar de esbarrar em problemas de confiabilidade dos dados, ele possui um alto potencial (maior que os outros índices de sustentabilidade) de se tornar difundido e sempre melhorado. Aparentemente o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (UNDP) já percebeu isso, pois passou a incluir o índice em seus relatórios de Desenvolvimento Humano (UNDP, 2011).

Outra crítica à Pegada Ecológica, bem como aos outros indicadores, se dá no sentido de serem muito focados na questão ambiental, como mostra Comim (2008). De fato, tais indicadores não dão conta de uma dimensão ampla da questão da sustentabilidade, que engloba aspectos sociais, econômicos, demográficos e, claro, ambientais e biofísicos. Falta na literatura uma tentativa mais contundente de criar indicadores de sustentabilidade que também sejam capazes de incluir uma dimensão de desenvolvimento humano, pois aí se teria uma mensuração mais adequada da noção de desenvolvimento de uma nação. A tabela a seguir resume as principais vantagens do indicador destacadas no presente trabalho, bem como algumas de suas críticas, explicadas de forma mais aprofundada no trabalho de Moffatt (2000).

**Tabela 1 – Vantagens e Limitações da Pegada Ecológica**

Vantagens	Limitações
Mensagem não ambígua	Área como medida pode ser questionável
Simple de ser calculado	Análise estática (ignora fluxos)
Inclui comércio	Ignora mudança tecnológica
Variável de Estoque	Ignora recursos do subsolo
	Falta medida de equidade intergeracional
	Não apresenta prescrições políticas

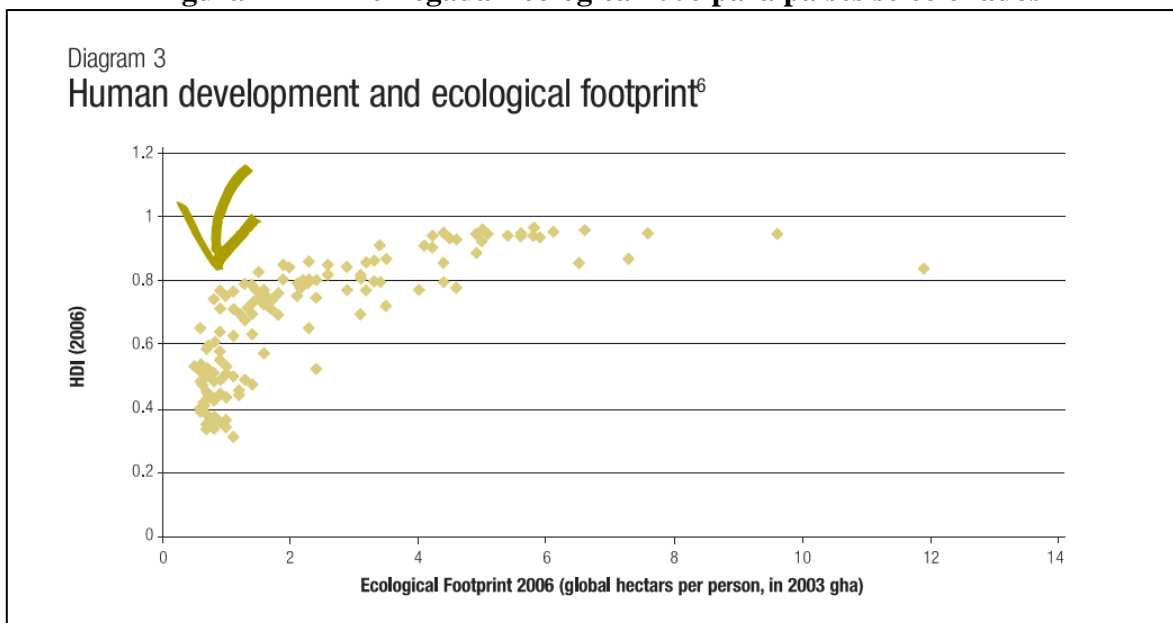
Fonte: Elaboração Própria a partir de Moffatt (2000)

Assim espera-se ter justificado a escolha da pegada ecológica para realizar o presente trabalho, apesar de suas deficiências. Falta responder como integrar os dois índices, o que será tentado na próxima seção.

#### **4. PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DO IDH E DA PEGADA ECOLÓGICA**

Uma breve revisão bibliográfica permite perceber que a pegada ecológica tem se tornado cada vez mais difundida, inclusive nos relatórios de desenvolvimento humano da ONU, talvez exatamente pela sua característica de ser simples e capaz de agregar uma quantidade muito grande de informações em apenas um número. Já é prática corrente mostrar que países de alto IDH podem fazê-lo com uma baixa pegada ecológica, apesar da correlação entre os dois índices ser, em geral, positiva, como mostra a figura abaixo.

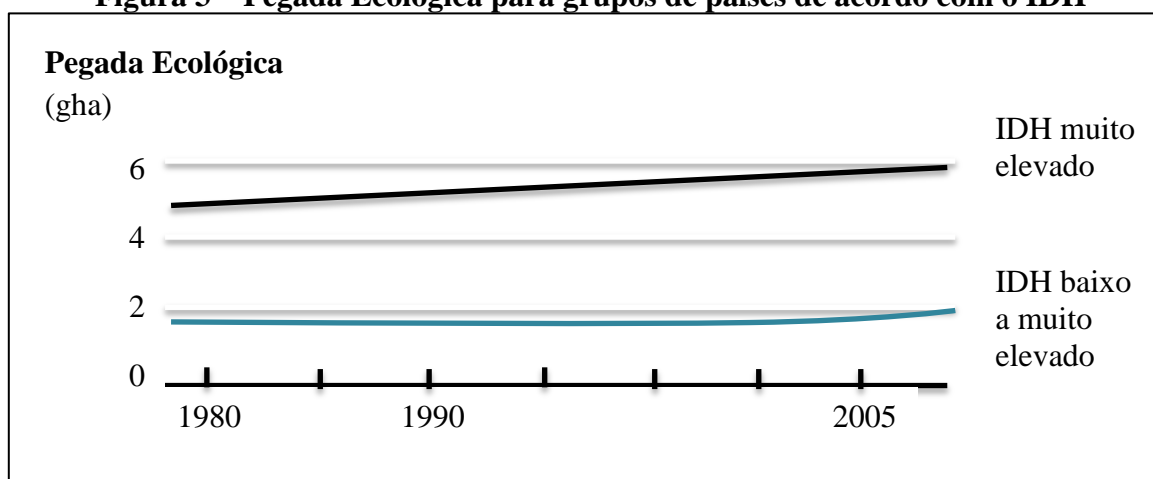
**Figura 2 – IDH e Pegada Ecológica 2006 para países selecionados**



Fonte: COMIM (2008, p.9)

Ora, o que isso revela? Isso mostra que há um problema a ser resolvido. Afinal, os países de alto desenvolvimento humano estão sendo sustentáveis do ponto de vista ecológico? O desafio é a criação de um indicador capaz de medir ao mesmo tempo o desenvolvimento humano de um país e sua capacidade de manter tais condições para as gerações futuras, o que pode ser mensurado pela Pegada Ecológica. É possível, pelo gráfico, apresentar um alto desenvolvimento humano e uma baixa Pegada Ecológica, mas a maioria dos países o fazem com um alto custo ambiental, como mostra a figura 3 abaixo e como sugere o coeficiente de correlação positivo entre os dois indicadores, que gira em torno dos 75%<sup>2</sup>. A ideia é criar um indicador capaz de penalizar esses países e ao mesmo tempo beneficiar aqueles que se encontram na região superior esquerda da figura.

**Figura 3 – Pegada Ecológica para grupos de países de acordo com o IDH**



Fonte: Elaboração Própria a partir de UNDP (2011, p.27).

Assim, falta ao IDH uma dimensão capaz de abarcar essa questão da sustentabilidade. Mas falta à Pegada Ecológica um entendimento amplo de desenvolvimento, pois foca em questões

<sup>2</sup> O coeficiente de correlação foi calculado no software Microsoft Excel com os dados do IDH 2011 (UNDP, 2011) e Pegada Ecológica de 2007 (UNDP, 2011) para uma seleção de 149 países. O valor obtido foi: 0,750696.



biofísicas. Percebe-se que a integração dos dois, em busca de suprir as deficiências de ambos por meio de sua complementariedade, parece uma alternativa lógica plausível. A possibilidade que parece mais intuitiva, nesse raciocínio, seria incluir a pegada ecológica como uma dimensão a mais no IDH, de maneira análoga ao que fizeram Martins, Ferraz e da Costa (2006) para o Índice de Sustentabilidade Ambiental.

Contudo, existem várias razões, segundo Neumayer (2001), para não incluir uma variável de sustentabilidade como uma dimensão a mais no IDH. Primeiro, não existem relações diretas entre exploração de recursos ou degradação ambiental com o desenvolvimento humano, uma vez que é possível ter alto IDH com muita ou pouca pressão sobre o meio ambiente. Segundo, enquanto as dimensões do IDH são do tipo “quanto maior, melhor”, as variáveis ambientais apresentam dinâmicas diferentes e apresentam certos limites, uma vez que se tem dificuldades em estabelecer uma meta do tipo “poluição zero”, por exemplo. Terceiro, as variáveis do IDH não são necessariamente comensuráveis e a inclusão de uma quarta dimensão tornaria tal situação ainda mais complicada. E quarto, qualquer alteração estrutural do IDH limita sua comparabilidade com os anos passados, que já é dificultada pela adoção dos postos variáveis.

Por essa razão, Neumayer (2001) entende é mais adequado e plausível fazer algum tipo de desconto nas demais dimensões (não incluindo a variável ambiental diretamente no IDH), penalizando os países que conseguem um alto desenvolvimento humano às custas do meio ambiente e beneficiando aqueles que o conseguem sem grandes danos. Isso deveria ser feito para todas as dimensões, mas ainda não existem dados nem formulações teóricas capazes de fazê-lo, pois ainda não se tem claro todas as interfaces entre educação, saúde, renda e meio ambiente. Por isso, o autor optou por fazer um desconto no índice renda, utilizando a depreciação do capital natural.

A ideia do presente trabalho segue a mesma linha, na medida em que procura ponderar a renda pela Pegada Ecológica, exatamente para penalizar os países que possuem uma alta pegada (mesmo que possuam alto desenvolvimento humano). A ideia é mostrar quais países conseguem um balanço adequado entre acesso ao conhecimento, à saúde, e a um padrão de vida decente e que mantém tais condições para o futuro. Trata-se não de uma medida de eficiência cujo significado seria ranquear países de acordo com sua capacidade de utilizar recursos da forma mais ambientalmente eficiente, mas trata-se de uma medida absoluta de pressão sobre o meio ambiente<sup>3</sup>. Mesmo que possua alto desenvolvimento humano, o país com alta pegada ecológica é entendido como não sustentável e deve, por isso, ser penalizado pelo índice.

#### 4.1. Metodologia do novo indicador

As dimensões do IDH tradicional são mantidas e a metodologia de cálculo sofrerá pequenas modificações. No que tange às dimensões saúde e educação, não há nenhuma modificação. Vale lembrar apenas que parte-se da nova metodologia do IDH (mostrada no item 2 do presente trabalho) aplicada desde 2010 para proceder com as transformações que serão aqui realizadas para a criação de um novo indicador.

A dimensão “padrão de vida decente” do IDH é calculada a partir da Renda Nacional Bruta *per capita* dos países, considerando a paridade de poder de compra (PPP) em dólares de 2005. Tendo em vista que a disparidade de renda entre os países é muito grande, é conveniente a transformação logarítmica da renda, que é o que o UNDP faz antes de normalizar a variável, o que é feito da seguinte forma (denominando a variável utilizada por Y e sendo “i” o país analisado):

$$\text{IDH-Renda}_i = \frac{\ln(Y_i) - \ln(Y_{\min})}{\ln(Y_{\max}) - \ln(Y_{\min})}$$

---

<sup>3</sup> Mais adiante serão usados coeficientes de ponderação para a Pegada Ecológica determinados por um cálculo de “Eficiência Ecológica” dos países. Isso não significa que o indicador *per se* seja um indicador de eficiência, mas que ele pode de alguma forma ser atenuado pela eficiência de um país em usar recursos naturais, por exemplo. Colocando de outra forma, um país ineficiente exerce relativamente mais pressão sobre o meio ambiente do que um país eficiente.

A transformação que se fará busca gerar um indicador que pondere essa dimensão da renda pela Pegada Ecológica. Poderia se pensar em dividir a renda pela Pegada Ecológica, o que equivale matematicamente a utilizar o logaritmo da Pegada, de modo a manter ambas variáveis na mesma escala. Logo, a nova dimensão renda pode ser apresentada subtraída da (e não dividida pela) Pegada Ecológica (EF):

$$\text{IDH-Renda/EF}_i = \frac{[\ln(Y_i) - \ln(EF_i)] - [\ln(Y) - \ln(EF)]_{\min}}{[\ln(Y) - \ln(EF)]_{\max} - [\ln(Y) - \ln(EF)]_{\min}}$$

Assim teremos um indicador da Renda do país descontada da sua pressão sobre o meio ambiente. Fica claro que quanto maior a Pegada Ecológica, menor será o indicador de renda modificada e, portanto, menor será o valor final do seu indicador (que será batizado aqui de IDHV = Índice de Desenvolvimento Humano Verde), que agrega, assim como o IDH, as três dimensões (educação, saúde e renda modificada) por meio de uma média geométrica, como segue:

$$\text{IDHV} = \sqrt[3]{\text{IDH-Educação} \times \text{IDH-Saúde} \times \text{IDH-Renda/EF}}$$

Essa é a ideia geral do índice. Todavia, durante o processo de criação do mesmo, vários problemas surgiram e algumas tentativas de falseamento foram realizadas a fim de entender se de fato o índice traz uma informação coerente de forma plausível, teórica e matematicamente. Uma questão importante que se levanta para o indicador é que ele possa de fato penalizar os países de alta Pegada Ecológica e que isso não possa ser compensado por um aumento nas demais variáveis. Ora, da maneira como foi exposta é exatamente isso que poderia acontecer.

Um exemplo ajuda a elucidar a questão. Imagine que um país A possua o logaritmo da renda igual a 10 e o logaritmo da pegada ecológica de 5. O seu indicador para a Renda antes da normalização será 5. Um outro país B possui o valor 7 para o logaritmo da renda e 2 para o logaritmo da pegada ecológica, o que faz com que seu indicador seja também 5. É evidente que o indicador final para ambos os países terá peso igual para essa dimensão, o que não faz muito sentido, porque o país A, de fato, pressiona mais o meio ambiente do que o país B e deve, por isso, ser penalizado pelo indicador, o que não está sendo feito. Isso pode ser corrigido atribuindo, para a Pegada Ecológica, um peso maior do que 1.

A justificativa para a adoção de um peso não unitário para a Pegada Ecológica é exatamente pelo fato de que o indicador se preza a ser uma medida de desenvolvimento humano com sustentabilidade ecológica e deve, portanto, valorizar aqueles que conseguem um alto IDH com baixa pegada ecológica ao mesmo tempo que deve trazer para baixo os países que, mesmo com alto desenvolvimento humano, apresentam alta pegada ecológica. Mas resta uma questão: que valor deve assumir este peso?

Essa resposta pode ser parcialmente obtida com a evidência empírica. Para os dados utilizados na seção de resultados, se se utiliza um peso maior que 2 na estimação é possível perceber uma anomalia gráfica em que o ranking torna-se completamente alterado, com países de alto IDH caindo para posições próximas das últimas. Isso acontece por que se a Pegada Ecológica tem um peso muito alto no índice, as outras dimensões perdem importância relativa e o indicador deixa de cumprir sua função de ser ao mesmo tempo indicador de Desenvolvimento Humano e de Sustentabilidade. Assim, temos uma justificativa empírica para manter o peso abaixo de 2.

Mas ainda assim, que valores este peso deve assumir? A alternativa proposta por este trabalho é que se coloquem pesos variáveis, ou seja, cada país assume um valor diferente para o  $\alpha$  em função de algum *benchmark*. Em busca de uma base teórica para este *benchmark*, foram estimados escores de eficiência relativa para todos os países usando o DEA (*Data Envelopment*

*Analysis*), um método não paramétrico de estimação de eficiência técnica relativa por meio da criação de uma fronteira de eficiência<sup>4</sup>. Nas palavras de Andrade *et al.* (2007, p.2):

A DEA é uma técnica matemática de programação linear. Sua aplicação aos dados visa à construção de uma fronteira eficiente composta pelas firmas com essa característica e à definição da posição das demais firmas em relação a essa fronteira. As firmas eficientes recebem um escore igual a um, enquanto àquelas ditas ineficientes são atribuídos escores positivos e inferiores à unidade. Cabe ressaltar que esses índices de eficiência são indicadores relativos, ou seja, comparam a firma em relação às demais da amostra.

No lugar das firmas citadas pela autora, utilizam-se os países, pois a técnica de programação permite que se façam estimações com qualquer conjunto de unidades comparáveis (no caso, os países). A variável de produção será representada pela renda *per capita* e a variável representativa do insumo será a Pegada Ecológica (entendida como se fosse um “custo ecológico de produção”). O valor de eficiência gerado pode ser entendido como a capacidade do país de gerar renda de forma ecologicamente eficiente, isto é, utilizando o mínimo possível de Pegada Ecológica. Este resultado será o *benchmark* da análise.

A partir deste valor gerado, é interessante traduzir a informação em valores que expressem a ineficiência (e não a eficiência) do país, isto porque a ideia é que o valor seja tanto maior quanto menos eficiente do ponto de vista ecológico for o país, o que constitui um “coeficiente de ineficiência ecológica”. Para isso, executa-se a seguinte transformação: cada país terá um escore distinto entre 0 e 1 definido como 1 menos o coeficiente de eficiência extraído da estimação pelo DEA. Esse escore será adicionado ao peso unitário da Pegada Ecológica no cálculo do indicador, fazendo com que  $\alpha$  se situe no intervalo entre 1 e 2. O país mais eficiente possuirá o coeficiente igual a 0 e portanto o  $\alpha=1$ . Do outro lado, um país será tanto mais ineficiente quanto mais o  $\alpha$  se aproximar de 2.

Um exemplo pode ajudar a clarificar a explicação. Imagine que para um país X, o método apresentado retorne um valor de eficiência da Renda *per capita* em relação à Pegada Ecológica igual a 0,3. O coeficiente de ineficiência ecológica relativa deste país é, por definição, igual a 0,7 (1-0,3). Este número significa que o país X é 70% menos eficiente ecologicamente do que o país mais eficiente da amostra. Logo, o peso de sua Pegada Ecológica no cálculo do indicador será acrescido de 0,7, resultando em  $\alpha=1,7$ . O objetivo dessa análise é exatamente penalizar o país que apresenta alta pegada ecológica (que tende a ser menos eficiente do ponto de vista ecológico).

Por fim, a inserção desse peso na equação poderia se dar de forma linear ou exponencial. No presente trabalho escolheu-se a forma exponencial, exatamente pela propriedade matemática desse tipo de curva (cresce a taxas decrescentes), que privilegia os valores menores (mais baixa Pegada Ecológica) em detrimento dos maiores (mais alta Pegada Ecológica). Desse modo, a nova equação será definida como (sendo  $\alpha$  o peso atribuído à Pegada Ecológica, que varia de país para país):

$$\text{IDH-Renda/EF}_i = \frac{[\ln(Y_i) - (\ln(\text{EF}_i))^\alpha] - [\ln(Y) - (\ln(\text{EF}))^\alpha]_{\text{mín}}}{[\ln(Y) - (\ln(\text{EF}))^\alpha]_{\text{máx}} - [\ln(Y) - (\ln(\text{EF}))^\alpha]_{\text{mín}}}$$

Outro problema que surgiu durante a criação do indicador foram os valores negativos para o logaritmo da Pegada Ecológica advindos dos valores do indicador que se encontravam entre 0 e 1. Isso comprometeria a utilização do peso, pois se poderia correr o risco de passar ao universo dos números complexos (raízes quadradas de valores negativos). Como o que importa para a análise é a diferença dos valores do indicador entre países, sugere-se que se faça uma mudança de escala do indicador, considerando que isso não implica em nenhum impedimento matemático que pudesse comprometer a análise. Assim, todos os valores da Pegada Ecológica devem ser necessariamente maiores do que um. Como o menor valor é de 0,4, acrescentou-se o valor de 0,6 a todos os valores

<sup>4</sup> Optou-se por não realizar uma descrição minuciosa da metodologia utilizada, pois ocuparia muito espaço do trabalho com uma questão que não é central para a análise. Uma descrição mais detalhada pode ser encontrada no trabalho de Andrade *et al.* (2007).

do indicador. Dessa forma, altera-se a escala da Pegada Ecológica para que o trabalho opere apenas com números positivos.

Na próxima seção são mostrados os resultados da aplicação empírica da metodologia acima descrita, utilizando os dados dos relatórios de Desenvolvimento Humano do UNDP, do Banco Mundial, do Global Footprint Network e dos relatórios Living Planet da WWF.

## 5. RESULTADOS

A primeira tentativa de estimar o novo indicador foi realizada com os dados do IDH de 2011, já com as novas variáveis utilizadas para Educação e Renda, bem como com as mudanças metodológicas retratadas na seção 2. Os dados mais recentes encontrados para a Pegada Ecológica foram os de 2008. A amostra conta com uma seleção de países do globo para o qual se obtiveram os dados para todas as variáveis<sup>5</sup>.

Vale ressaltar alguns pontos da análise empírica. Os limites máximos das variáveis utilizadas para normalização são definidos pelo país que possua valor máximo no ano de 2011. Os valores mínimos foram definidos de forma fixa pelo próprio UNDP. Para a expectativa de vida (saúde), o valor mínimo definido foi 20. Para os anos médios de escolaridade e os anos esperados de escolaridade (educação) foram definidos os limites de 0. Para a Renda, foi definido o limite de 100, cujo logaritmo é aproximadamente igual a 4,6.

A tabela abaixo mostra os resultados para a estimação do indicador, assim como os rankings de Pegada Ecológica e IDH. A divisão em grupos se deu apenas para facilitar a análise e o critério utilizado foi: IDHV Muito Elevado > 0,75; IDHV Elevado, entre 0,65 e 0,75; IDHV Médio, entre 0,5 e 0,65; e IDHV Baixo < 0,5. O que se pode ver é que o novo índice apresenta um ranking diferenciado, privilegiando os países que conseguem alto desenvolvimento humano com Pegada Ecológica mais baixa, como é o caso da Coreia do Sul, que desponta em primeiro no Ranking, pois possui o 12º IDH e uma Pegada de apenas 1,3. Países como Japão, Alemanha, Cuba, França e Argentina (em negrito) aparecem bem no IDHV, também por possuírem alto desenvolvimento humano e relativamente baixa Pegada. Por outro lado, países como os Estados Unidos, os Países Baixos, a Dinamarca e o Canadá (em itálico) foram penalizados pelo índice, por possuírem alta Pegada. O Brasil subiu pouco no ranking, tendo em vista que possui uma Pegada mediana e um Desenvolvimento Humano próximo da média, mas pode-se perceber que o país foi favorecido com o novo índice.

**Tabela 2 – Classificação da amostra de países com base na Pegada Ecológica, no IDH de 2011 e no novo indicador, o IDHV, separado por grupos.**

Pegada Ecológica	Valor	IDH	Valor	IDHV	Valor
<i>Desenvolvimento Humano Sustentável Muito Elevado</i>					
Qatar	11,68	Norway	0,943	<b>South Korea</b>	0,962
Kuwait	9,72	Australia	0,929	Norway	0,878
United Arab Emirates	8,44	<i>Netherlands</i>	0,910	<b>Japan</b>	0,854
<i>Denmark</i>	8,25	<i>United States</i>	0,910	New Zealand	0,848
<i>United States</i>	7,19	New Zealand	0,908	Israel	0,847
Belgium	7,11	<i>Canada</i>	0,908	<b>Germany</b>	0,843
Australia	6,68	Ireland	0,908	Switzerland	0,826
<i>Canada</i>	6,43	<b>Germany</b>	0,905	<b>Cuba</b>	0,810
<i>Netherlands</i>	6,34	Sweden	0,904	Italy	0,810
Ireland	6,22	Switzerland	0,903	<b>France</b>	0,807

<sup>5</sup> Só foi colocado no trabalho o resultado final do indicador. As tabelas com os dados utilizados, bem como os resultados dos cálculos intermediários e as rotinas do software não puderam ser colocadas no trabalho devido ao escopo do mesmo. No entanto, tudo isso pode ser disponibilizado a partir de um contato com o autor.

Finland	6,21	<b>Japan</b>	0,901	Spain	0,804
Singapore	6,1	<b>South Korea</b>	0,897	<b>Argentina</b>	0,802
Sweden	5,71	<i>Denmark</i>	0,895	United Kingdom	0,798
Oman	5,69	Israel	0,888	Austria	0,796
TFYR Macedonia	5,36	Belgium	0,886	Sweden	0,795
Austria	5,29	Austria	0,885	Slovenia	0,787
Czech Republic	5,27	<b>France</b>	0,884	Georgia	0,786
Slovenia	5,21	Slovenia	0,884	Chile	0,785
Uruguay	5,08	Finland	0,882	Hungary	0,785
Switzerland	5,01	Spain	0,878	Greece	0,778
Greece	4,92	Italy	0,874	Romania	0,777
<b>France</b>	4,91	Singapore	0,866	Albania	0,776
Norway	4,77	Czech Republic	0,865	<i>Netherlands</i>	0,774
Spain	4,74	United Kingdom	0,863	Serbia	0,774
Estonia	4,73	Greece	0,861	Australia	0,773
United Kingdom	4,71	United Arab Emirates	0,846	Ireland	0,769
Slovakia	4,66	Estonia	0,835	Poland	0,768
<b>Germany</b>	4,57	Slovakia	0,834	Trinidad and Tobago	0,768
Mauritius	4,55	Qatar	0,831	<i>Canada</i>	0,767
Italy	4,52	Hungary	0,816	Jamaica	0,767
Russian Federation	4,4	Poland	0,813	Czech Republic	0,762
Lithuania	4,38	Lithuania	0,810	Panama	0,760
New Zealand	4,31	Portugal	0,809	Slovakia	0,760
Croatia	4,19	Latvia	0,805	Singapore	0,760
<b>Japan</b>	4,17	Chile	0,805	Portugal	0,760
Kazakhstan	4,14	<b>Argentina</b>	0,797	Latvia	0,756
Portugal	4,12	Croatia	0,796	Armenia	0,755
Saudi Arabia	3,99	Uruguay	0,783	Costa Rica	0,753
Belarus	3,99	Romania	0,781	Peru	0,752
Turkmenistan	3,98	<b>Cuba</b>	0,776	Finland	0,752
Israel	3,96	Bulgaria	0,771	Estonia	0,752
<b><i>Desenvolvimento Humano Sustentável Elevado</i></b>					
Latvia	3,95	Saudi Arabia	0,770	Mexico	0,749
Poland	3,94	Mexico	0,770	Sri Lanka	0,748
Malaysia	3,9	Panama	0,768	Colombia	0,746
Hungary	3,59	Serbia	0,766	<i>United States</i>	0,745
Bulgaria	3,56	Malaysia	0,761	Lithuania	0,744
Mexico	3,3	Trinidad and Tobago	0,760	Libyan Arab Jamahiriya	0,743
Chile	3,24	Kuwait	0,760	Algeria	0,739
Libyan Arab Jamahiriya	3,19	Libyan Arab Jamahiriya	0,760	Croatia	0,738
Ukraine	3,19	Belarus	0,756	Dominican Republic	0,737
Venezuela	3,02	Russian Federation	0,755	Lebanon	0,736
Paraguay	2,99	Kazakhstan	0,745	Bulgaria	0,736
Panama	2,97	Costa Rica	0,744	Tunisia	0,735
<b><u>Brazil</u></b>	2,93	Albania	0,739	Ecuador	0,733
Mauritania	2,86	Lebanon	0,739	Saudi Arabia	0,731

Lebanon	2,85	Venezuela	0,735	Bosnia and Herzegovina	0,730
Romania	2,84	Bosnia and Herzegovina	0,733	Azerbaijan	0,729
Botswana	2,84	Georgia	0,733	Venezuela	0,724
Bosnia and Herzegovina	2,74	Ukraine	0,729	Jordan	0,718
Trinidad and Tobago	2,72	Mauritius	0,728	Belgium	0,716
Argentina	2,71	TFYR Macedonia	0,728	Malaysia	0,715
Papua New Guinea	2,68	Jamaica	0,727	Iran	0,710
Iran	2,66	Peru	0,725	<b><u>Brazil</u></b>	0,710
Bolivia	2,61	Ecuador	0,720	China	0,709
South Africa	2,59	<b><u>Brazil</u></b>	0,718	Gabon	0,708
Serbia	2,57	Armenia	0,716	Philippines	0,708
Turkey	2,55	Colombia	0,710	Turkey	0,708
Costa Rica	2,52	Iran	0,707	Belarus	0,707
Thailand	2,41	Oman	0,705	Ukraine	0,701
Ecuador	2,37	Azerbaijan	0,700	El Salvador	0,700
Niger	2,30	Turkey	0,699	Thailand	0,693
Jordan	2,13	Tunisia	0,698	Russian Federation	0,690
China	2,13	Jordan	0,698	Kazakhstan	0,684
Moldova	2,1	Algeria	0,698	Uruguay	0,681
Egypt	2,06	Sri Lanka	0,691	Syrian Arab Republic	0,677
Peru	2,03	Dominican Republic	0,689	Tajikistan	0,675
Namibia	2,03	China	0,687	Indonesia	0,673
El Salvador	1,99	Turkmenistan	0,686	<i>Denmark</i>	0,672
Azerbaijan	1,97	Thailand	0,682	Uzbekistan	0,671
Myanmar	1,94	El Salvador	0,674	Kyrgyzstan	0,668
<b>Cuba</b>	1,9	Gabon	0,674	Moldova	0,666
Chad	1,89	Paraguay	0,665	Egypt	0,666
Mali	1,86	Bolivia	0,663	United Arab Emirates	0,660
Uzbekistan	1,82	Moldova	0,649	Bolivia	0,659
Albania	1,81	Philippines	0,644	Honduras	0,658
Gabon	1,81	Egypt	0,644	Mauritius	0,656
<b><i>Desenvolvimento Humano Sustentável Médio</i></b>					
Colombia	1,8	Uzbekistan	0,641	Namibia	0,648
Guatemala	1,78	Botswana	0,633	Paraguay	0,644
Tunisia	1,76	Syrian Arab Republic	0,632	Viet Nam	0,639
Ghana	1,74	Namibia	0,625	Botswana	0,631
Armenia	1,73	Honduras	0,625	Nicaragua	0,628
Honduras	1,73	South Africa	0,619	Morocco	0,627
Jamaica	1,72	Indonesia	0,617	Turkmenistan	0,627
Guinea	1,72	Kyrgyzstan	0,615	South Africa	0,624
Algeria	1,65	Tajikistan	0,607	Iraq	0,615
Sudan	1,63	Viet Nam	0,593	Oman	0,608
Uganda	1,57	Nicaragua	0,589	India	0,604
Nicaragua	1,56	Morocco	0,582	Guatemala	0,603
Senegal	1,53	Guatemala	0,574	TFYR Macedonia	0,603
Burkina Faso	1,53	Iraq	0,573	Congo	0,583

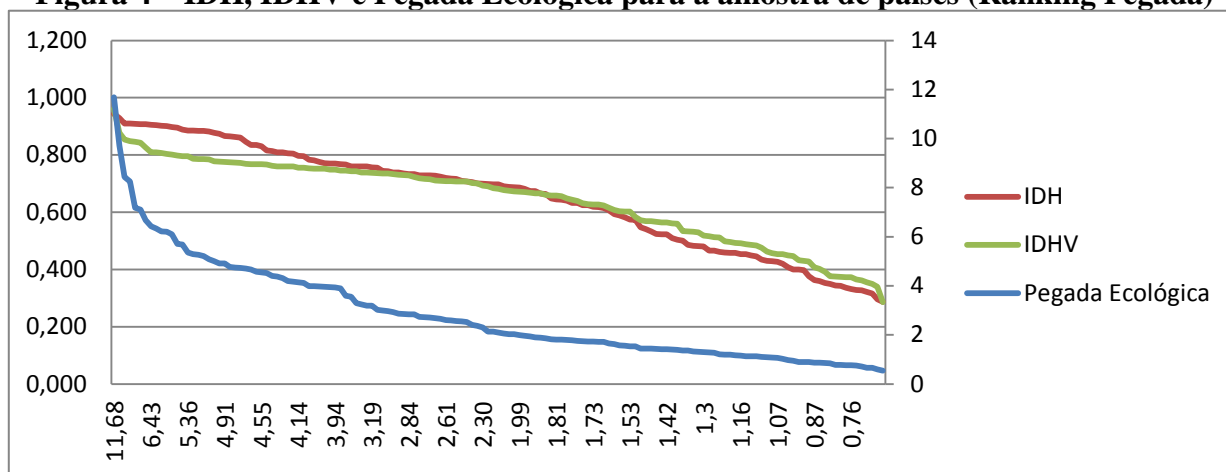
Syrian Arab Republic	1,45	India	0,547	Cambodia	0,572
Swaziland	1,45	Ghana	0,541	Ghana	0,569
Nigeria	1,44	Congo	0,533	Lao People's Dem. Rep.	0,568
Georgia	1,43	Lao People's Dem. Rep.	0,524	Kenya	0,567
Dominican Republic	1,42	Cambodia	0,523	Qatar	0,564
Iraq	1,42	Swaziland	0,522	Bangladesh	0,564
Gambia	1,41	Kenya	0,509	Pakistan	0,561
Viet Nam	1,39	Pakistan	0,504	Swaziland	0,559
Benin	1,36	Bangladesh	0,500	Angola	0,535
Central African Rep.	1,36	Angola	0,486	Madagascar	0,533
Morocco	1,32	Myanmar	0,483	Kuwait	0,532
<b>South Korea</b>	1,31	Cameroon	0,482	Cameroon	0,530
Lao People's Dem. Rep.	1,3	Madagascar	0,480	Nepal	0,518
Kyrgyzstan	1,29	Tanzania	0,466	Haiti	0,516
Liberia	1,28	Papua New Guinea	0,466	Yemen	0,513
Sri Lanka	1,21	Yemen	0,462	Tanzania	0,512
<i>Desenvolvimento Humano Sustentável Baixo</i>					
Cambodia	1,19	Senegal	0,459	Myanmar	0,499
Tanzania	1,19	Nigeria	0,459	Lesotho	0,496
Zimbabwe	1,17	Nepal	0,458	Nigeria	0,493
Madagascar	1,16	Haiti	0,454	Senegal	0,491
Indonesia	1,13	Mauritania	0,453	Togo	0,488
Ethiopia	1,13	Lesotho	0,450	Rwanda	0,486
Sierra Leone	1,13	Uganda	0,446	Zambia	0,483
Guinea-Bissau	1,1	Togo	0,435	Uganda	0,476
Cameroon	1,09	Zambia	0,430	Benin	0,463
Congo	1,08	Rwanda	0,429	Malawi	0,457
Lesotho	1,07	Benin	0,427	Gambia	0,454
Togo	1,03	Gambia	0,420	Papua New Guinea	0,453
Philippines	0,98	Sudan	0,408	Afghanistan	0,449
Kenya	0,95	Côte d'Ivoire	0,400	Côte d'Ivoire	0,447
Tajikistan	0,9	Malawi	0,400	Sudan	0,433
Côte d'Ivoire	0,90	Afghanistan	0,398	Mauritania	0,430
Angola	0,89	Zimbabwe	0,376	Zimbabwe	0,428
India	0,87	Ethiopia	0,363	Eritrea	0,408
Yemen	0,87	Mali	0,359	Ethiopia	0,402
Burundi	0,85	Guinea-Bissau	0,353	Guinea-Bissau	0,393
Zambia	0,84	Eritrea	0,349	Liberia	0,376
Malawi	0,78	Guinea	0,344	Sierra Leone	0,375
Mozambique	0,78	Central African Rep.	0,343	Central African Rep.	0,375
Nepal	0,76	Sierra Leone	0,336	Mali	0,373
Congo Dem. Rep.	0,76	Burkina Faso	0,331	Burundi	0,373
Pakistan	0,75	Liberia	0,329	Mozambique	0,366
Rwanda	0,71	Chad	0,328	Guinea	0,362
Bangladesh	0,66	Mozambique	0,322	Burkina Faso	0,355
Eritrea	0,66	Burundi	0,316	Congo Dem. Rep.	0,349

Haiti	0,6	Niger	0,295	Chad	0,339
Afghanistan	0,54	Congo Dem. Rep.	0,286	Niger	0,286

Fonte: Elaboração Própria a partir de dados do UNDP (2011) e WWF (2012).

O gráfico logo a seguir ajuda a entender a visualização da tabela, mostrando, no eixo horizontal, os valores ranqueados da Pegada Ecológica. No eixo vertical esquerdo, encontram-se os valores do IDH e do IDHV, representados pelas curvas vermelha e verde respectivamente. No eixo vertical direito encontram-se os valores da Pegada Ecológica.

**Figura 4 – IDH, IDHV e Pegada Ecológica para a amostra de países (Ranking Pegada)**

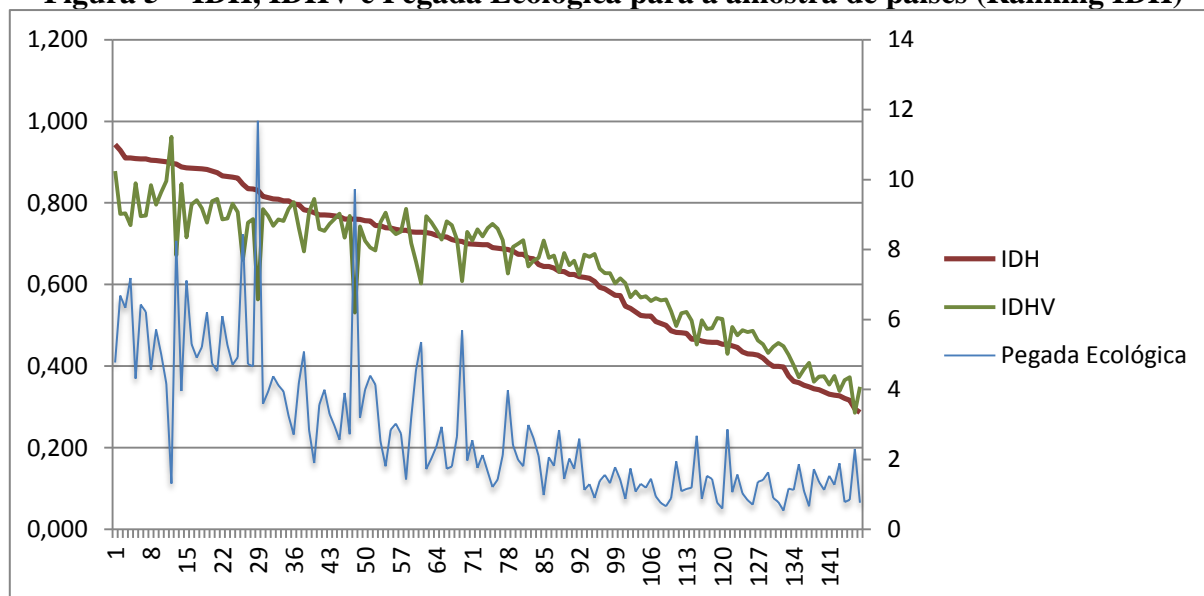


Fonte: Elaboração Própria a partir de dados do UNDP (2011) e WWF (2012).

A figura mostra um fato interessante do novo indicador. Para uma região do gráfico onde se encontram os países de alta Pegada Ecológica, percebe-se que o IDHV apresenta valores menores que o IDH, enquanto que na região dos países de baixa Pegada, o IDHV é superior ao IDH. Isso mostra a propriedade interessante do indicador de penalizar os países com alta pressão ecológica, beneficiando aqueles que possuem baixa pressão.

No gráfico acima não é possível visualizar as mudanças de ranking que ocorreram, pois ambos índices estão ranqueados do maior para o menor. A figura abaixo mostra os dois indicadores segundo o ranking do IDH, de modo a entender qual foi a variação dos países de um indicador para o outro.

**Figura 5 – IDH, IDHV e Pegada Ecológica para a amostra de países (Ranking IDH)**



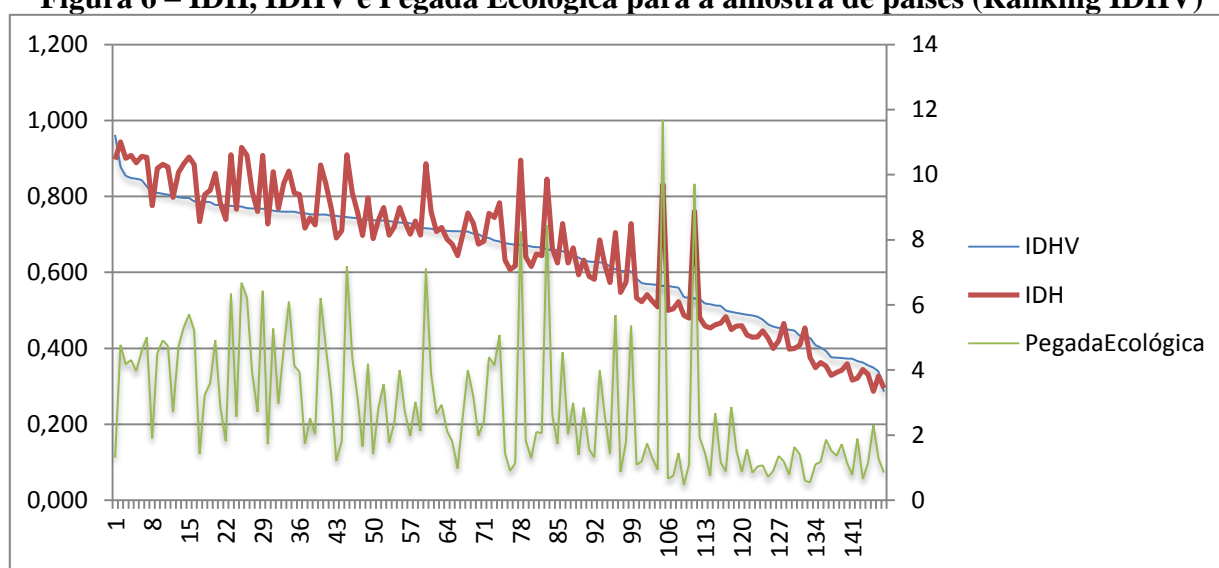


Fonte: Elaboração Própria a partir de dados do UNDP (2011) e WWF (2012).

Pela figura é possível perceber que o país com alta pegada é puxado para baixo no IDHV em relação ao IDH, assim como o país com baixa pegada é puxado para cima. A observação deste gráfico torna mais clara a evidência de que o índice penaliza os países que não conseguiram Desenvolvimento Humano com Sustentabilidade de acordo com seu parâmetro de ineficiência calculado pelo DEA. Quanto maior o peso  $\alpha$ , mais penalizados esses países seriam, tornando a diferença entre as curvas de IDH e IDHV cada vez maior.

Outra forma de enxergar essa questão é observando, a partir do ranking do IDHV, como estão se comportando os países pelo seu IDH e qual a relação disso com sua Pegada Ecológica. A Figura 6 abaixo mostra que os países com alto IDH e alta Pegada Ecológica perderam posições no ranking do IDHV. Nesse gráfico fica evidente a correlação positiva entre IDH e Pegada Ecológica, o que é um argumento a mais para que o primeiro seja descontado do segundo e o novo ranking de países seja factível.

**Figura 6 – IDH, IDHV e Pegada Ecológica para a amostra de países (Ranking IDHV)**

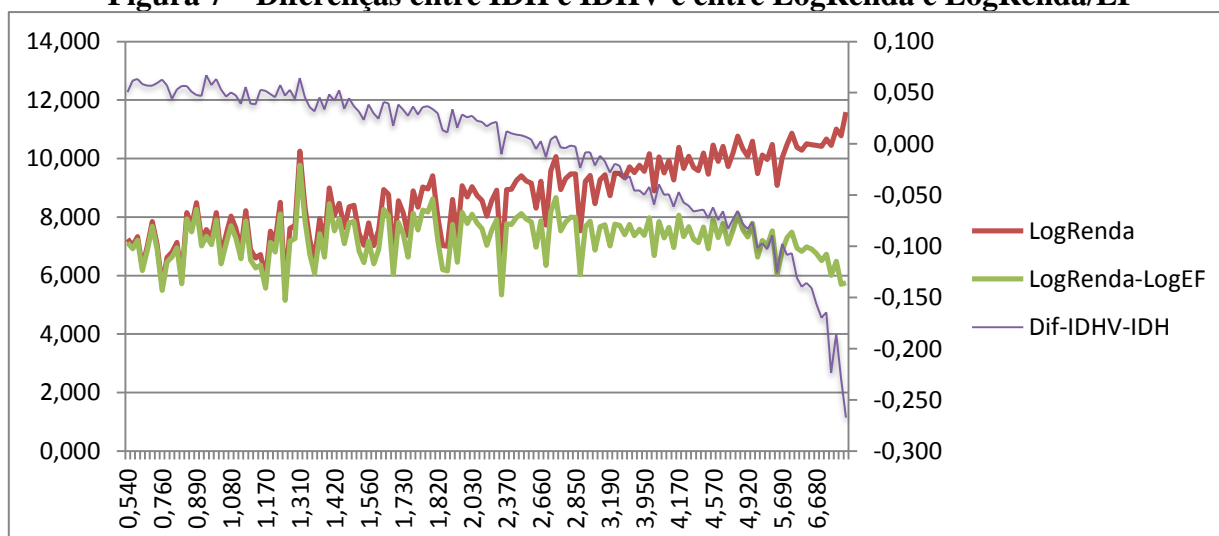


Fonte: Elaboração Própria a partir de dados do UNDP (2011) e WWF (2012).

Por fim, a figura 7 mostra a diferença na dinâmica do logaritmo da Renda (linha verde) e do logaritmo da Renda descontado do logaritmo da Pegada Ecológica (linha vermelha). No eixo horizontal encontra-se o valor da Pegada Ecológica enquanto que os valores dos logaritmos encontram-se no eixo vertical esquerdo. Percebe-se que o novo indicador de Renda é significativamente diferente para os países de alta Pegada Ecológica, mas não altera muito a dinâmica dos países de baixa Pegada.

Ainda, no eixo vertical direito é medida a diferença entre o IDHV e o IDH (linha roxa). Percebe-se que a diferença é em geral positiva para os países de baixa Pegada (foram beneficiados) e negativa para os de alta Pegada (foram penalizados). A ideia desse novo indicador está claramente expressa no gráfico: ele busca atribuir novos valores que identifiquem penas para os países que conseguiram alto desenvolvimento humano com altos custos ambientais sem alterar drasticamente a identificação dos países com baixo desenvolvimento humano e baixa Pegada. Isso foi possível graças ao refino da análise utilizando um peso variável para cada país de forma exponencial.

**Figura 7 – Diferenças entre IDH e IDHV e entre LogRenda e LogRenda/EF**



Fonte: Elaboração Própria a partir de dados do UNDP (2011) e WWF (2012).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Espera-se com o presente trabalho ter feito uma contribuição para a elaboração de indicadores de Desenvolvimento e Sustentabilidade por meio de uma integração possível entre dois indicadores simples e de alto apelo prático: o IDH e a Pegada Ecológica. Foi mostrado como o segundo pode ser incluído no primeiro como um “desconto” da dimensão Renda, ou como um valor que aparece para penalizar os países que, mesmo com alto Desenvolvimento Humano, apresentam alta pressão sobre os fluxos ecológicos com o ecossistema terrestre, tanto em termos de recursos quanto de degradação.

Evidentemente que se trata de uma tentativa ainda em forma de esboço, que ainda precisa de refinamento e robustez para se tornar um indicador capaz de entrar da agenda da política pública e que seja de conhecimento geral da sociedade. A principal contribuição do trabalho é mostrar que é possível integrar os dois indicadores em um número capaz de expressar uma informação simples.

A utilização do DEA para estimação dos pesos que a Pegada Ecológica teria para cada país foi um refino da análise, pois assim cada país terá seu peso determinado pela sua própria capacidade de gerar renda de forma ecologicamente eficiente. De outra forma poder-se-ia cair no erro de estabelecer o peso arbitrariamente, o que seria completamente não científico. O processo de criação do indicador passou por uma fase de busca de um fundamento teórico para esses pesos por meio de métodos de programação linear não paramétricos. Talvez a aproximação dessa metodologia com a área dos indicadores de sustentabilidade seja também uma contribuição do trabalho.

No entanto, uma ampla agenda de pesquisa se abre diante desta temática. O mais evidente a se fazer seria realizar estimações utilizando a mesma metodologia para diferentes anos. Isto não foi feito aqui por um motivo bastante prático: não foram encontrados dados para se produzir um indicador baseado na nova metodologia do IDH. Foram encontrados dados apenas para alguns países, de modo que a amostra seria muito pequena e possivelmente viesada. Talvez um busca mais incessante torne possível a estimação do indicador para vários anos de modo a tornar possível a comparabilidade dos países ao longo do tempo, além de funcionar como um teste de consistência do indicador.

Além disso, como mostrado nas seções iniciais do trabalho, tanto o IDH quanto a Pegada Ecológica são passíveis de uma série de críticas. Essas críticas rebatem no novo indicador, de modo que o avanço dos dois indicadores usados se refletiria numa melhora do IDHV. Logo, a própria agenda de pesquisa dos indicadores de Desenvolvimento Humano de um lado e dos indicadores de Sustentabilidade de outro se refletem em melhorias para as possibilidades de integração de ambos.

No que tange especificamente à metodologia utilizada para a elaboração dos pesos atribuídos à Pegada Ecológica no cálculo do indicador, algumas propostas para pesquisa futura

podem ser feitas. Primeiramente, no processo de estimação dos escores de ineficiência via DEA, seria interessante separar aqueles países que possuem baixo coeficiente em decorrência de outros fatores (ex: grande parcela da população é pobre) que não estão necessariamente relacionados com a produtividade. Isso pode ser feito excluindo esse grupo de países da estimação da fronteira de eficiência relativa, atribuindo posteriormente a estes um coeficiente igual ao coeficiente mínimo de ineficiência estimado, uma vez que esses países possuem uma pegada ecológica muito baixa (decorrente não de ineficiência no uso dos recursos ambientais, mas do seu estado de pobreza monetária). No fundo trata-se de uma tentativa de retirar do processo de estimação da eficiência ecológica fatores relacionados à pobreza, que poderiam desvirtuar a análise de produtividade do DEA.

Ainda, a fronteira de eficiência relativa é sensível aos dados, uma vez que se trata de um método não paramétrico. Como não é sempre possível aumentar a amostra, uma forma de obter escores que retratem de forma mais fidedigna a eficiência ecológica dos países seria incluindo variáveis de insumo da renda para a estimação (relacionados aos fatores de produção, por exemplo, estrutura de capital *per capita*, salário médio, etc...), que funcionariam como variáveis de controle no cálculo. Isso tornaria a análise ainda mais refinada.

Ao fim e ao cabo, este trabalho é uma tentativa de responder ao desafio de criar indicadores de Desenvolvimento Humano e Sustentável e é com certeza apenas um primeiro passo rumo à criação de um indicador capaz de, de fato, mensurar dimensões tão agregativas e complexas quanto estas duas. Cabe lembrar da citação de Amartya Sen colocada na primeira seção do trabalho e mostrar que um indicador simples e capaz de traduzir uma informação mais próxima da questão do desenvolvimento do que o PIB já é algo bastante desejável. Espera-se que a partir deste e de outros tantos trabalhos os esforços possam se traduzir em resultados cada vez mais factíveis e aplicáveis à realidade.

## 7. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M.V. *et al.* (2007). *Análise de Eficiência Hospitalar No Estado de Minas Gerais*. Secretaria de Saúde do Estado de Minas Gerais. Produção Técnica.
- COMIM, F. (2008). *Poverty & Environment Indicators*. Prepared for UNDP-UNEP, Capability and Sustainability Centre, Poverty and Environment Initiative. St Edmund's College, Cambridge.
- COMPÊNDIO SUSTENTABILIDADE (2012). *Compêndio de Indicadores de Sustentabilidade de Nações: uma contribuição ao diálogo da sustentabilidade*. Disponível em: <http://www.compendiosustentabilidade.com.br/compendiodeindicadores/>. Acesso em: 17 Nov. 2012.
- FUZIKI, S. F. *Desenvolvimento Sustentável e Indicadores de Sustentabilidade: Algumas Considerações Críticas e Perspectivas*. Monografia. Instituto de Economia, Universidade Federal de Uberlândia, 2011;
- GEORGESCU-ROEGEN, N. (1971). *The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge, USA: Harvard University Press. 457p.;
- GLOBAL FOOTPRINT NETWORK – GFN (2010). *Ecological Footprint Atlas 2010*. Disponível em: <http://www.footprintnetwork.org>. Acesso em: 16 nov. 2012.
- HAQ, M. ul. (1995). *Reflections on Human Development*. New York: Oxford University Press
- MARTINS, A.R.P.; FERRAZ, F.T.; DA COSTA, M.M. (2006). Sustentabilidade Ambiental como Nova Dimensão do Índice de Desenvolvimento Humano dos Países. *Revista do BNDES*, Rio de Janeiro, v.13, n.26, p.139-162, dez.
- MEADOWS, D.H., *et al.* (1972). *Limits to growth*. Nova York: Universe Books.

- MOFFATT, I. (2000). Ecological Footprints and sustainable development. *Ecological Economics* 32, p.359-362. Disponível em: <http://faculty.washington.edu/jhannah/geog270aut07/readings/population/Moffatt%20-%20Ecolog%20Footprint%20and%20Sustain%20Dev.pdf>. Acesso em 18 nov. 2012.
- NEUMAYER, E. (2001). The human development index and sustainability – a constructive proposal. *Ecological Economics* 39, p.101-114. Disponível em: [http://www2.lse.ac.uk/geographyandenvironment/whoswho/profiles/neumayer/pdf/article%20in%20ecological%20economics%20\(hdi\).pdf](http://www2.lse.ac.uk/geographyandenvironment/whoswho/profiles/neumayer/pdf/article%20in%20ecological%20economics%20(hdi).pdf). Acesso em 16 nov. 2012.
- NUSSBAUM, M. (2011). *Creating Capabilities*. Cambridge: Cambridge University Press.
- RAWLS, J. (1971). *A Theory of Justice*. Oxford: Oxford University Press.
- SEN, A. (1999). *Development as Freedom*. Oxford/New York, Oxford University Press.
- UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP) (1999). *Human Development Report 1999*. Disponível em: [http://hdr.undp.org/en/media/HDR\\_1999\\_EN.pdf](http://hdr.undp.org/en/media/HDR_1999_EN.pdf). Acesso em 17 nov. 2012.
- UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP). (2011) *Human Development Report 2011: Sustainability and Equity: A Better Future for All*. Disponível em: <http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2011/>. Acesso em 26 aug. 2012.
- WACKERNAGEL, M; REES, W. (1995). *Our ecological footprint: reducing human impact on the Earth*. The new catalyst bioregional series, v.9. New Society Publishers, Gabriola Island, B.C., Canada. 160 pp.
- WCED (World Commission on Environment and Development). *Our Common Future* (The Brundtland Report), Oxford University Press, Oxford, 1987. Disponível em: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>. Acesso em 20 nov.2011.
- WWF – World Wide Fund for Nature - Brasil. *Relatório Planeta Vivo*, 2010. Disponível em: [http://assets.wwf.org.br/downloads/08out10\\_planetavivo\\_relatorio2010\\_completo\\_n9.pdf](http://assets.wwf.org.br/downloads/08out10_planetavivo_relatorio2010_completo_n9.pdf). Acesso em 17 nov. 2012.
- WWF – World Wide Fund for Nature (2012). *Living Planet Report 2012: biodiversity, biocapacity and better choices*. Disponível em: [http://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/lpr\\_2012.pdf](http://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/lpr_2012.pdf). Acesso em 17 nov. 2012.