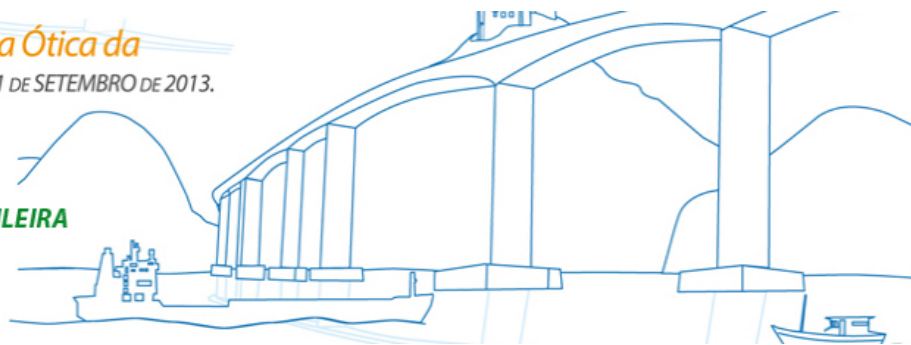


*Inovação e Sustentabilidade sob a Ótica da
Economia Ecológica.* VITÓRIA/ES, 17 A 21 DE SETEMBRO DE 2013.
Hotel Vitória Grand Hall

**X ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA
DE ECONOMIA ECOLÓGICA**



X ENCONTRO DA ECOECO

Setembro de 2013

Vitória - ES - Brasil

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE: CONSIDERAÇÕES ACERCA DO ESTADO DA ARTE
POR MEIO DA ANÁLISE DE TRÊS INDICADORES**

Marcos Henrique Godoi (Unicamp) - marcos_h_godoi@hotmail.com

Doutorando em Desenvolvimento Econômico - Unicamp

Daniel Caixeta Andrade (UFU) - caixetaandrade@yahoo.com.br

Professor Adjunto - UFU

Indicadores de Sustentabilidade: Considerações Acerca do Estado da Arte Por Meio da Análise de Três Indicadores

Eixo Temático: Crescimento e Meio-Ambiente, Indicadores ambientais

RESUMO: A questão do desenvolvimento sustentável, colocada em evidência após a década de 1970, torna premente a necessidade de mensuração da escala do sistema econômico, e essencial a obtenção de medidas capazes de refletir sua sustentabilidade ecológica a fim de se identificar se o estoque de capital natural está ou não se reduzindo e em que medida. A operacionalização do conceito de desenvolvimento sustentável, seja qual for a definição utilizada, exige instrumentos que possam fazer um diagnóstico da atual situação do sistema econômico. A fim de não correr o risco de elaborar análises vazias do ponto de vista de proposição de políticas públicas, é necessário que se tenha uma medida de sustentabilidade de uma determinada localidade a fim de que se possa elucidar a trajetória do seu estoque de capital (natural e produzido pelo homem). Para isto, foram criados os indicadores de sustentabilidade, que visam mostrar o quanto a economia é ecologicamente sustentável. Este artigo busca fazer uma revisão quanto ao estado da arte do desenvolvimento dos indicadores de sustentabilidade por meio da análise de três desses indicadores: o Índice de Sustentabilidade Ambiental, o Índice de Progresso Genuíno e a Pegada Ecológica.

Palavras-chave: Desenvolvimento Sustentável, Indicadores de Sustentabilidade

ABSTRACT: The need for a more sustainable development brings an operational problem with it: how to measure the scale of the economic subsystem. To do that, it becomes necessary some measures of natural capital stocks and its variation along time. Such measures are needed instruments for the assesment of the current situation of the economic subsystem in the containing global ecosystem, to the purpose of doing relevant analysis for the elaboration of public policies. These measures are called indicators of sustainability. This paper has as its objective the review of the state of the art in the delopment of such indicators. To do so, we will analyze three of the most used indicators of sustainability: the Environmental Sustainability Index, the Genuine Progress Index and the Ecological Footprint.

Keywords: Sustainable Development, Indicators of Sustainability

1 Introdução

A crescente preocupação com o chamado desenvolvimento sustentável vem sendo desencadeada pelos impactos negativos da atividade econômica sobre o meio ambiente. Se antes da Segunda Guerra Mundial o esgotamento de recursos naturais e a degradação ambiental ocorriam de forma localizada, o desenvolvimento das forças produtivas no pós-guerra atingiu uma escala suficiente para afetar todo o planeta, levando alguns autores a considerar os chamados *Golden Years* como o período de “Grande Aceleração”, no sentido de que houve um aumento exponencial da pressão das atividades econômicas sobre a estabilidade dos ecossistemas (ANDRADE et al., 2012).

Com a revolução industrial, o homem passou a ter meios cada vez maiores para transformar a natureza, meios estes potencializados pelos combustíveis fósseis que fornecem energia barata e abundante (pelo menos a princípio), fazendo com que os impactos sobre o meio ambiente, antes localizados, passassem a ser globais, influenciando na biosfera como um todo (ROMEIRO, 2010).

A escala da economia global (e de seus consequentes impactos sobre o meio ambiente) depende de dois componentes básicos: o tamanho da população e sua renda per capita, que reflete a produção material por pessoa (MUELLER, 2007). Pelos dois ângulos, a situação do meio ambiente vem piorando: a população do planeta atingiu 7 bilhões em 2011, tendo dobrado nos últimos 43 anos; e a renda per capita aumentou 83% em termos reais nos últimos 40 anos, em termos reais (BANCO MUNDIAL, 2011). Assim, o crescimento econômico contínuo esbarra em limites biofísicos, sendo necessária que a escala, ou seja, o tamanho deste sistema econômico permaneça dentro destes limites (ANDRADE & VALE, 2011).

Colocado o problema do desenvolvimento sustentável, torna-se premente a necessidade de mensuração da escala do sistema econômico, e essencial a obtenção de medidas capazes de refletir sua sustentabilidade ecológica a fim de se identificar se o estoque de capital natural está ou não se reduzindo e em que medida. A operacionalização do conceito de desenvolvimento sustentável, seja qual for a definição utilizada, exige instrumentos que possam fazer um diagnóstico da atual situação do sistema econômico. A fim de não correr o risco de elaborar análises vazias do ponto de vista de proposição de políticas públicas, é necessário que se tenha uma medida de sustentabilidade de uma determinada localidade a fim de que se possa elucidar a trajetória do seu estoque de capital (natural e produzido pelo homem). Para isto, foram criados os indicadores de sustentabilidade, que visam mostrar o quanto a economia é ecologicamente sustentável, no sentido de estar dentro da capacidade de suporte do ecossistema que a contém, conforme a visão pré-analítica da economia ecológica.

Este artigo apresentará, na seção seguinte, um breve histórico do desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade e algumas de suas características comuns. Em seguida, na seção 3, serão apresentados alguns exemplos de indicadores de sustentabilidade em uso na atualidade, começando pelo Índice de Sustentabilidade Ambiental (ESI) na seção 3.1, depois tratando do Índice de Progresso Genuíno (GPI) na seção 3.2, e na seção 3.3, a Pegada Ecológica. Por fim, algumas considerações sobre o estado da arte no desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade.

2 Breve Histórico do Desenvolvimento dos Indicadores de Sustentabilidade

Com a ascensão da problemática do meio-ambiente e da sustentabilidade para o centro do debate dentro da ciência econômica nos anos 70, começaram os esforços para desenvolver indicadores que pudessem mensurar estas questões. Neste primeiro momento, porém, o foco não era criar um indicador que refletisse a dimensão ambiental, mas sim um que pudesse ajustar as medidas de bem-estar, até então representadas apenas pelo PIB, para que incluísse outras dimensões além da econômica. Dentro destes esforços, podemos contar a Medida de Bem-Estar Econômico, de Nordhaus & Tobin (1972), o Índice de Bem-Estar Econômico Sustentável, de Daly & Cobb (1989), além de outros menos conhecidos, como Bem-Estar Nacional Líquido, desenvolvido pelo governo japonês (VEIGA, 2010). Assim, as primeiras tentativas de construções de indicadores não se referiam apenas à sustentabilidade ecológica, mas sim tentavam incluir fatores ambientais e sociais para ajustar indicadores de bem-estar.

A partir de 1995, a inexistência de indicadores ligados especificamente a sustentabilidade ecológica leva ao surgimento de três novas abordagens: construção de sistemas de indicadores, que são coleções de índices não relacionados, como dashboards; indicadores síntese, que buscam incluir em um mesmo indicador as várias dimensões da sustentabilidade; e índices focados no grau de sobreconsumo, subinvestimento ou excessiva pressão sobre recursos (VEIGA, 2010).

Quanto às primeiras duas abordagens, podemos dizer que os indicadores construídos pode ser classificados em três gerações: 1ª) indicadores isolados, como emissão de dióxido de carbono, desmatamento, etc.; 2ª) indicadores compostos de quatro dimensões (econômica, social, institucional e ambiental), mas ainda sem estabelecer inter-relações entre elas; 3ª) indicadores multidimensionais cujas várias dimensões são inter-relacionadas (QUIROGA-MARTINEZ, 2003).

Em geral, os indicadores de sustentabilidade possuem duas características: a agregação e a precificação, o que permite dividi-los em quatro categorias. Pelo lado da agregação, têm-se os sistemas de indicadores, os quais apresentam um grupo de variáveis isoladas, e os indicadores síntese, que agregam as variáveis em um único índice. Pelo lado da precificação, têm-se os indicadores monetários, que buscam atribuir um valor aos recursos naturais e aos serviços ecossistêmicos, em contraposição aos indicadores físicos, que tratam das variáveis ambientais em si. Os sistemas de indicadores, apesar de terem sua importância como fonte de dados para a construção de indicadores síntese, não são úteis em si, uma vez que dificilmente podem orientar metas para a governança ambiental. Quanto à segunda característica - a precificação - a opção por indicadores monetários ou físicos parte de concepções teóricas distintas de sustentabilidade: os primeiros ligados à sustentabilidade do desenvolvimento e os segundos à sustentabilidade ambiental. (VEIGA, 2009).

A abordagem monetária para a mensuração da sustentabilidade tem entre seus representantes tentativas de agregar variáveis ambientais às medidas já utilizadas de riqueza, como o PIB verde, que inclui uma conta satélite às contas já estabelecidas na metodologia do cálculo do PIB agregando a depleção mineral e os custos de controle da poluição. Há também a construção de medidas

alternativas, como o Índice de Progresso Genuíno (GPI), que será descrito adiante. Apesar de trazer avanços, como a noção de que o bem-estar e consequentemente o desenvolvimento estão ligados ao crescimento da riqueza per capita, e não do produto per capita, esta abordagem peca por trazer implícita a noção de substituíbilidade entre as categorias de capitais humano, material e natural (VEIGA, 2009), o que o aproxima do tratamento neoclássico da questão ambiental, conforme visto no capítulo anterior.

De fato, e ainda conforme o primeiro capítulo, a visão da economia ecológica, o aponta como fator principal para uma economia sustentável a preservação do estoque de capital natural. Contudo, enquanto a abordagem monetária, que ao lidar com o valor do capital natural tem a vantagem de traduzir as variáveis ambientais em uma medida comum, ou seja, valores monetários, de forma a poder integrá-las com facilidade a modelos econômicos, há a questão de que, como não há mercados para a grande parte dos serviços do capital natural, a valoração dos mesmos pode-se mostrar impossível.

Os defensores da abordagem monetária argumentam que não estão valorando a natureza e sim as preferências das pessoas quanto aos serviços ecossistêmicos. Ainda assim, estariam ignorando um aspecto moral importante das escolhas das pessoas, que não são incluídas na análise das preferências. Outra crítica à abordagem monetária é de que o valor atribuído pelas pessoas aos serviços ecossistêmicos é função da renda de que elas dispõem, não tendo relação direta com a viabilidade ecológica, sendo que o valor do estoque de capital natural pode mudar muito com uma mudança na distribuição de renda. Por fim, muitos métodos de valoração tem como pressuposto a racionalidade substantiva e perfeita informação dos agentes, o que não corresponde à realidade (OZKAYNAK et. al., 2004).

Já a abordagem física gerou indicadores com diferentes graus e formas de agregação que buscam fazer uma avaliação da situação ambiental. Apesar de descreverem adequadamente esta situação, as conclusões tiradas a partir destes índices são controversas, exatamente pelo fato de que se utilizam apenas de variáveis físicas, sendo necessário o seu uso associado a outras medidas de desempenho econômico e social. O estado da arte dos indicadores de sustentabilidade, conforme descritos no relatório Stiglitz-Sen-Fitoussi (CMEPSP, 2009) aponta nesta direção. O relatório foi produzido pela Comissão para a Mensuração de Performance Econômica e Progresso Social, formada pelo governo francês, então presidido por Nicolas Sarkozy, com o objetivo de identificar os limites do PIB como indicador de performance econômica e progresso social, considerar quais informações faltam ao PIB e que indicadores seriam necessários para corrigir estas lacunas (CMEPSP, 2012). No relatório final da comissão, há um consenso quanto à impossibilidade de se construir um índice que consiga refletir adequadamente e ao mesmo tempo o grau de sustentabilidade de uma economia e a qualidade de vida proporcionada por ela (CMEPSP, 2009).

3 Exemplos de Indicadores de Sustentabilidade

3.1 Índice de Sustentabilidade Ambiental

O Índice de Sustentabilidade Ambiental (ESI, na sigla em inglês) foi criado por um grupo de pesquisadores de Yale (ESTY *et. al.*, 2005), sendo um indicador síntese e físico para avaliação de sustentabilidade, e que foi adotado pelo Fórum Econômico Mundial em 2002 (VEIGA, 2009).

O ESI é composto de 76 variáveis que abrangem cinco dimensões, sendo que estas variáveis servem de base para a construção de 21 índices de desempenho ambiental (VEIGA, 2010). Estas dimensões são: sistemas ambientais; redução de estresse ambiental; redução da vulnerabilidade humana; capacidade social e institucional; governança global. A lógica de cada uma dessas dimensões é descrita no quadro 1:

Quadro 1 – Componentes da sustentabilidade ambiental no ESI

Dimensão	Lógica
Sistemas Ambientais	Um país é ambientalmente sustentável quando seus sistemas ambientais vitais são mantidos saudáveis, e se estes sistemas estão melhorando ao invés de se degradar.
Redução de Estresse Ambiental	Um país é ambientalmente sustentável se o estresse antropogênico é baixo o suficiente para não provocar danos demonstráveis aos sistemas ambientais.
Redução da Vulnerabilidade Humana	Um país é ambientalmente sustentável quando sua população e seus sistemas sociais não são vulneráveis (quanto à necessidades básicas como saúde e nutrição) a distúrbios ambientais.
Capacidade Social e Institucional	Um país é ambientalmente sustentável quando possui instituições e padrões sociais subjacentes de habilidades, atitudes e redes que promovem respostas eficazes aos desafios ambientais.
Governança Global	Um país é ambientalmente sustentável se coopera com outros países para gerenciar problemas ambientais comuns, e se reduz impactos ambientais negativos extraterritoriais em outros países de forma a não degradar os sistemas ambientais destes países.

Fonte: Esty *et. al.* (2005).

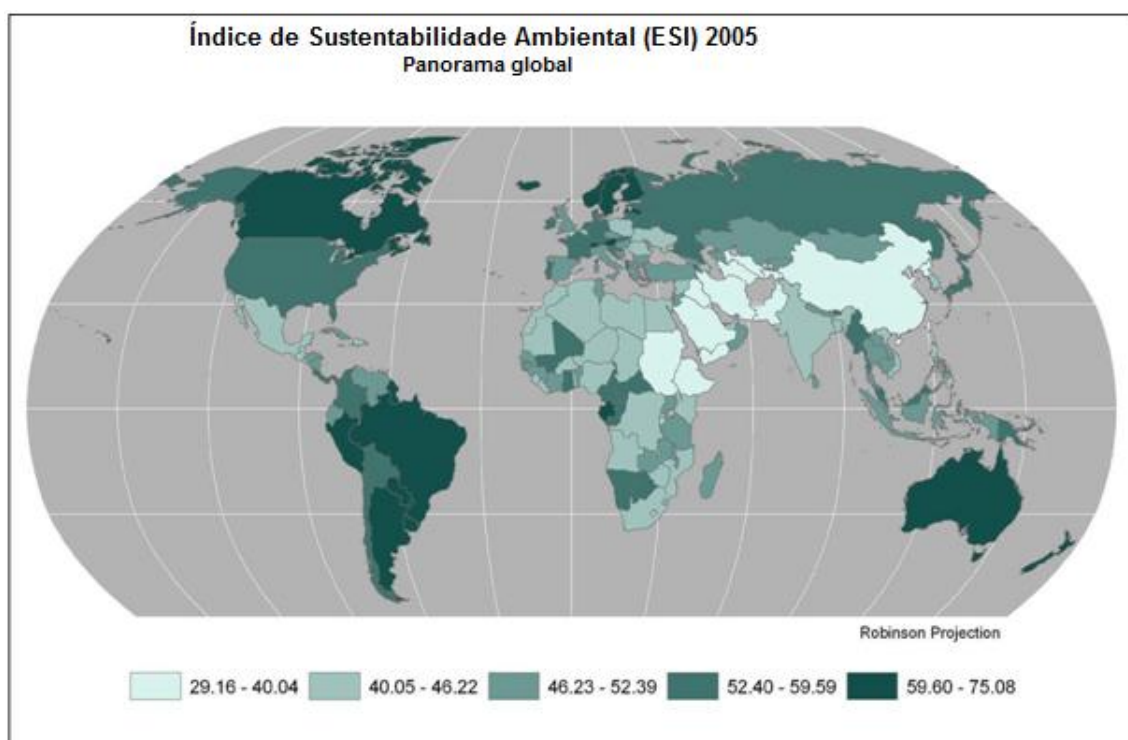
O índice é atualmente construído para 146 países, já que existem problemas de disponibilidade de informações necessárias, sendo, pois, calculado apenas para aqueles países que possuem mais de 100 mil habitantes, mais de cinco mil quilômetros quadrados, que possuam informações para pelo menos 45 das 76 variáveis e que com estas informações seja possível a construção de pelo menos 19 dos 21 índices de desempenho ambiental. O índice não inclui países muito pequenos devido ao fato de que estes países se comportam mais com cidades do que como os países maiores, não podendo ser diretamente comparados com estes, além de excluir aqueles cuja falta de informações dificultem a construção do índice (ESTY *et. al.*, 2005).

Uma vez selecionados os países para os quais o ESI será mensurado, é feita a padronização dos dados, quando esta for necessária para possibilitar a comparação entre países. Em seguida, as variáveis são tratadas matematicamente para reduzir vieses e heterocedasticidade das series de dados. A próxima etapa é realizar regressões que produzam estimativas para as variáveis para as quais não há dados disponíveis, de forma a possibilitar a comparação entre os países. Depois de estimadas estas variáveis, os dados são “Winsorizados”, ou seja, os dados nas extremidades da distribuição são limitados de forma a não distorcerem os resultados, evitando-se *outliers* espúrios. Após o tratamento dos dados, estes são agregados. As 76 variáveis consideradas são utilizadas para compor 21 indicadores, que por sua vez se constituem de uma soma ponderada, com pesos iguais, de 2 a 12 variáveis. Estes indicadores são então somados, também com pesos iguais, para a formação do ESI (ESTY *et. al.*, 2005).

A partir do ESI, análises estatísticas podem ser feitas com o intuito de subsidiar a elaboração de políticas públicas. Entre elas, pode-se citar: a análise do componente principal, usada para encontrar as variáveis chaves do modelo ou investigar as relações entre os 21 indicadores que compõem o ESI; regressão linear gradual, para identificar as variáveis que mais influenciam no resultado do ESI; e a análise de aglomerado, para agrupar as variáveis em subgrupos com características similares (ESTY *et. al.*, 2005).

Os resultados da estimativa de 2005 do ESI para os 146 países podem ser resumidos na figura 1 abaixo:

Figura 1 – Mapa do ESI por país



Fonte: Esty *et. al.*, 2005, p. 3.

Ao se ponderar as variáveis conforme descrito acima, o resultado é um índice que quanto mais alto, mais sustentável é o país considerado. O ESI pode ser lido como o potencial de um país de evitar um colapso ambiental. O ranking formado a partir dos resultados do ESI coloca nas primeiras posições os países escandinavos, o Canadá e o Uruguai. Com exceção do Uruguai, todos estes países são desenvolvidos, com abundância de recursos naturais e baixa densidade populacional. No caso do Uruguai, o baixo grau de industrialização somado a um país relativamente desenvolvido para os padrões dos países emergentes explicam sua boa posição. Na outra ponta do ranking, estão a Coreia do Norte, Taiwan, Turcomenistão, Iraque e Uzbequistão, com sérios problemas ambientais e respostas muito tímidas a estes problemas (ESTY *et. al.*, 2005). O ESI está positivamente relacionado tanto a uma maior renda quanto a uma maior dotação *per capita* de recursos naturais.

O ESI, como metodologia de mensuração da sustentabilidade associada à abordagem de pilares, ou seja, considerando variáveis tanto ambientais quanto sociais e econômicas, tem vantagens e desvantagens. Entre seus pontos fortes, pode-se elencar: cobertura ampla, indo além da pressão sobre os recursos; tem um objetivo claro, qual seja, o de verificar a possibilidade de uma economia de atingir a sustentabilidade; metodologia transparente; passível de comparação internacional. Entre as desvantagens, estão: potencial de sustentabilidade definido vagamente; pesos iguais para todas as variáveis; não a ligação direta com as questões do crescimento ou do desenvolvimento econômico (BARTELMUS, 2008). Outras críticas que podem ser feitas ao ESI são: o fato deste apresentar forte correlação com o PIB, por não considerar os impactos sobre o meio-ambiente provocados pelo consumo das economias mais ricas sobre as mais pobres; e a escolha das variáveis, que por sua abrangência, acaba se tornando muito subjetiva, refletindo mais aquilo que os criadores da metodologia acreditam ser importante do que algum critério objetivo (SICHE *et. al.*, 2008).

3.2 Índice de Progresso Genuíno

O Índice de Progresso Genuíno (*Genuine Progress Indicator – GPI*), foi criado com base em um indicador mais antigo, o Índice de Bem-Estar Econômico Sustentável (*Index of Sustainable Economic Welfare – ISEW*), este último desenvolvido por Daly e Cobb (1989). Ambos utilizam os mesmos dados que são utilizados para o cálculo do PIB pela ótica dos gastos, porém, diferentemente deste último, os primeiros realizam “deduções para contabilizar o nível de desigualdade de renda e custos do crime, a degradação ambiental e a perda de lazer e adições para contabilizar os serviços dos bens duráveis e da infraestrutura, além do trabalho doméstico” (TALBERTH *et. al.*, 2006. p. 3). Estes componentes são agregados aos índices para que este reflita o bem-estar propriamente dito, e não apenas o valor de mercado dos bens e serviços consumidos.

O GPI está relacionado à noção psicológica de renda, ou seja, à satisfação proporcionada pelo consumo e não apenas pelo fluxo de bens consumidos. Está ligado também à renda Hicksiana, ou seja, ao valor máximo que um agente pode consumir em um determinado período de tempo sem piorar sua condição em

relação ao início daquele período. (TALBERTH *et. al.*, 2006). Por estas razões, o GPI é um índice sintético e monetário.

Segundo Talberth *et. al.* (2006), no relatório de 2006 do GPI, o índice está associado à interpretação forte da sustentabilidade (conforme visto no primeiro capítulo), por contabilizar as perdas de terras agricultáveis, pântanos, e florestas nativas, desconsiderando a possibilidade destas terras serem substituídas de alguma forma. Porém, por se tratar de um índice monetário, (que tem como unidade de medida valores monetários), pode-se aplicar a este índice a crítica de Ozkaynak *et. al.* (2004), já citada na primeira seção deste capítulo, e cujo fundamento está em dizer que por se tratar de valores monetários, a possibilidade de substituição está implícita, uma vez que um aumento no bem-estar proveniente de fontes não relacionados ao meio-ambiente, desde que seja da mesma ordem da perda de capital natural, manterá o índice inalterado.

Para o cálculo do GPI, toma-se os dados de consumo pessoal, uma vez que estes compõem a maior parte das despesas da economia e está diretamente relacionado a um maior bem-estar, ao contrário das despesas com investimento privado e com o setor público. Leva-se em consideração também dados referentes à distribuição de renda, especificamente o índice de Gini¹, pois uma renda concentrada pode levar a diminuições do bem-estar por meio do aumento da criminalidade e da redução da produtividade dos trabalhadores, além do fato de que, devido ao princípio da utilidade marginal decrescente, um dado aumento de renda em uma sociedade com renda mais concentrada levará a um aumento menor de bem-estar relativamente à uma sociedade mais justa. As despesas pessoais de consumo são então ponderadas pelo índice de Gini, compondo a base do cálculo do GPI (TALBERTH *et. al.*, 2006).

O próximo passo para o cálculo do GPI é a valoração do trabalho doméstico, que por não ter preço de mercado, é ignorado no cálculo do PIB. Além do trabalho doméstico, são valorados também as externalidades positivas derivadas de uma população mais educada, o trabalho voluntário, os serviços prestados pelos bens duráveis e pela infraestrutura, que são adicionados às despesas pessoais por contribuírem ao bem-estar. Já o custo do crime, a perda de tempo de lazer, o custo do subemprego, o custo dos bens duráveis (uma vez que seus serviços já são contabilizados, este custo é deduzido do GPI, mostrando o aspecto negativo da obsolescência planejada²), o custo de transporte de casa para o trabalho (não só o custo propriamente dito, mas também o custo de oportunidade relacionado ao tempo perdido no transporte), o custo de controle da poluição (para evitar danos à saúde das pessoas ou para tratar danos já ocorridos), o custo de acidentes automobilísticos, os custos da poluição da água, do ar e sonora, os custos de perda de mangues, terra agricultável e de florestas primárias, a depleção de recursos energéticos não renováveis, os danos provocados pelas emissões de carbono, pela redução da camada de ozônio, são valorados e

¹ O índice de Gini é uma medida de concentração, comumente aplicado a renda para dar uma medida da desigualdade de sua distribuição. O índice varia entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo de 1, mais concentrada a distribuição das variáveis consideradas (no caso da renda, mais desigual sua distribuição).

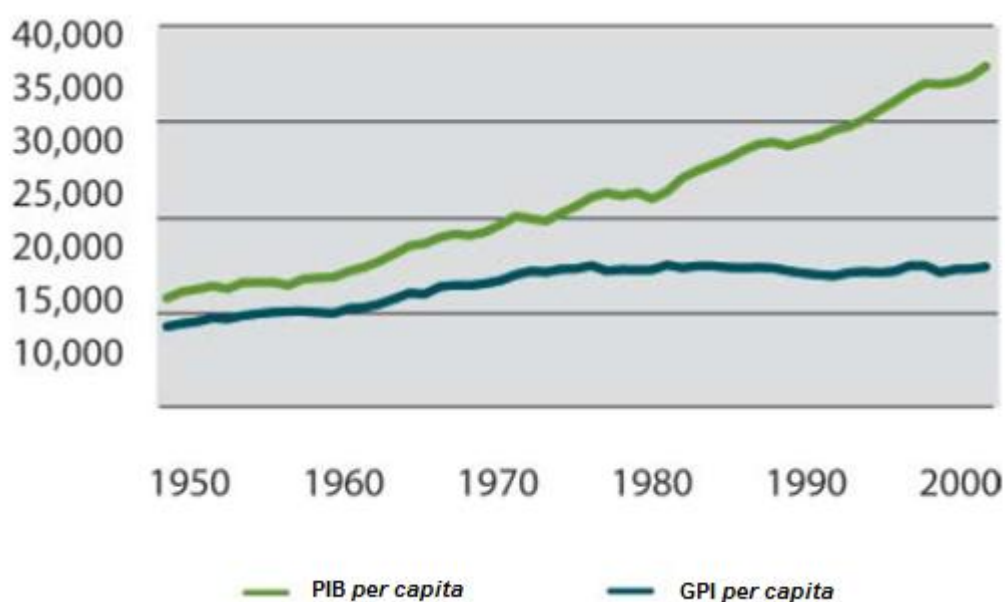
² Obsolescência planejada é uma estratégia empresarial que consiste em produzir uma mercadoria com um tempo de vida útil limitado, menor do que o que seria tecnicamente possível, para “forçar” o consumidor a substituí-la logo.

deduzidos do total, pelo efeito negativo que possuem sobre o bem-estar presente e futuro. Por fim, soma-se o investimento líquido e deduz-se o endividamento externo líquido (TALBERTH *et. al.*, 2006).

Os resultados do relatório de 2006 da aplicação do GPI mostra que desde 1978, este tem se mantido praticamente constante para os EUA. No período entre 1950 e 2004, para este mesmo país, enquanto o PIB *per capita* cresceu a uma taxa de 3,81% ao ano, o GPI *per capita* cresceu apenas 1,33% ao ano. Enquanto as taxas anuais de crescimento do PIB flutuaram em torno de um patamar positivo, a evolução do GPI aponta para dois períodos distintos: entre 1950 e 1980, o crescimento do GPI acompanhou de perto o crescimento do PIB, mantendo-se em média positivo; após 1980, a variação do GPI é em média negativa, embora próximo de zero. Estes resultados implicam um crescimento deseconômico a partir da década de 80, ou seja, um crescimento do produto, mas não do bem-estar proporcionado por este produto (TALBERTH *et. al.*, 2006). Tal resultado corrobora a hipótese de Daly (1999) de que a partir de certo ponto o crescimento econômico implica em custos de oportunidade que não são considerados pela macroeconomia convencional, que tem por medida fundamental de bem-estar o PIB, uma vez que esta não considera a economia como parte de um sistema maior, e sim o inverso: para a macroeconomia convencional, a economia é o todo e o meio ambiente é apenas parte dele, compartimentalizado nas áreas de economia da poluição e dos recursos naturais, conforme descrito no capítulo 1.

Entre as principais causas dessa disparidade entre os dois índices (PIB e GPI), está a depleção do capital natural, que representa uma perda 3,8 trilhões de dólares frente ao PIB, cujo componente mais importante são as emissões de carbono, responsáveis por uma dedução de 1,18 trilhões de dólares no PIB (TALBERTH *et. al.*, 2006). A figura 2 mostra a evolução dos dois índices (em termos *per capita*) para os EUA no período considerado:

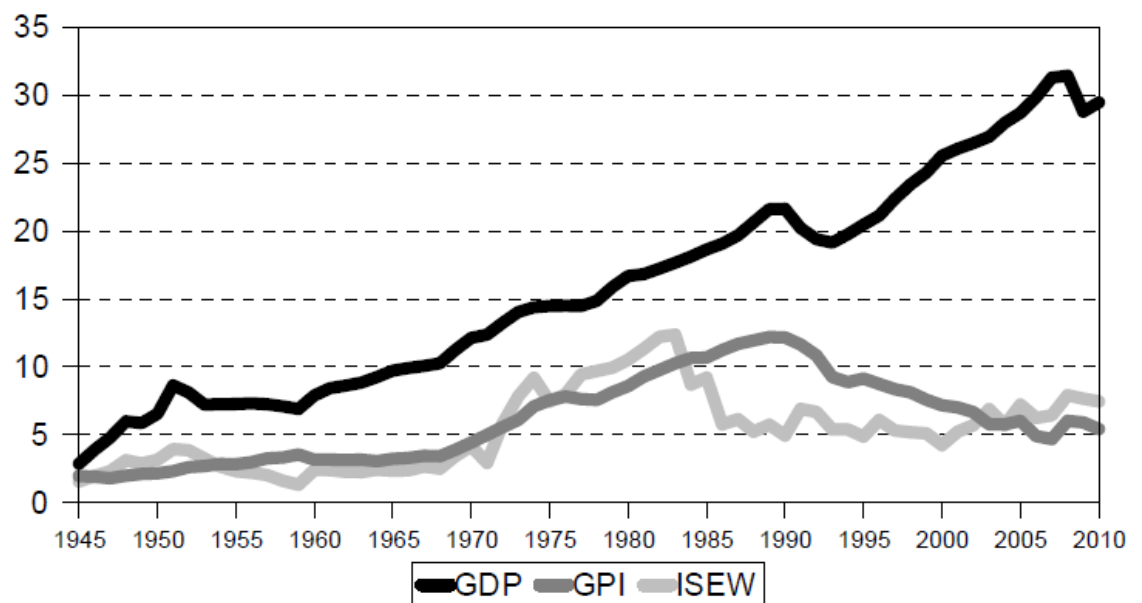
Figura 2 – Evolução do GPI e do PIB per capita dos EUA, 1950-2004



Fonte: Talberth *et. al.*, 2006, p. 19.

O cálculo do GPI foi realizado pelo instituto de estatísticas da Finlândia, para o período de 1945 a 2010 (sendo a aplicação mais recente da metodologia), com resultados semelhantes aos dos EUA, como pode ser visto na figura 3:

Figura 3 – Evolução do GPI e do PIB per capita da Finlândia, 1945-2010



Fonte: Hoffrén, 2011, p. 309.

Como se pode ver, também para a Finlândia há um ponto de inflexão, por volta de 1990, a partir do qual passa-se a ter crescimento deseconômico, ou seja, um crescimento do produto que não aumenta o bem-estar da sociedade. O ISEW, mostrado no gráfico, é o antecessor do GPI, como citado no início do capítulo. Apesar de não haver muitos estudos disponíveis utilizando a metodologia do GPI, há trabalhos estimando o ISEW para o Reino Unido, Alemanha, Países Baixos, Japão, Áustria, Canadá, Suécia, Chile e Tailândia (TALBERTH *et. al.*, 2006).

Apesar das muitas críticas que podem ser feitas ao GPI como índice de sustentabilidade, principalmente por de reduzir diversas variáveis a uma única dimensão monetária, ele tem como grande vantagem o fato de que se usa de dados de consumo pessoal já estimados pela metodologia do PIB há muito tempo, sendo possível obter estimativas deste para longos períodos de tempo com dados do passado, algo que não é possível para a maioria dos indicadores de sustentabilidade. Além disso, também é compatível com a abordagem de pilares do desenvolvimento sustentável, por considerar em conjunto variáveis econômicas, sociais e ambientais.

3.3 Pegada Ecológica

A Pegada Ecológica (*Ecological Footprint*) é um índice sintético e físico de sustentabilidade, cujo primeiro esboço foi dado por Rees (1992), sendo este trabalho a base para as sucessivas melhorias pelas quais passou a metodologia da Pegada Ecológica. A versão mais atual da metodologia se encontra no trabalho de Ewing *et al.* (2010a). A metodologia consiste em mensurar a demanda pelo capital natural e seu respectivo estoque, com a vantagem de que por meio dela é possível distinguir entre depleção de capital natural e o simples uso dos serviços provenientes deste capital (WACKERNAGEL *et al.*, 2005, p. 2). Segundo Ewing *et al.* (2010a), a Pegada ecológica é baseada em seis hipóteses fundamentais: a maioria dos recursos que as pessoas consomem e os rejeitos que geram podem ser rastreados e quantificados; um importante subconjunto dos fluxos de recursos e rejeitos pode ser medido em termos de área biologicamente produtiva necessária para manter estes fluxos, excluindo do cálculo fluxos de recursos e rejeitos que não podem ser mensurados; ponderando cada área em proporção à sua bioprodutividade, diferentes áreas podem ser convertidas em uma unidade comum de hectares globais, hectares com a bioprodutividade média do mundo; como um único hectare global corresponde a um único uso, e cada hectare global em um ano dado representa a mesma quantia de bioprodutividade, elas podem ser somadas para se obter um indicador agregado da Pegada Ecológica ou da biocapacidade; a demanda humana, expressa como Pegada Ecológica, pode ser diretamente comparada com a oferta natural, biocapacidade, quando ambas são expressas em hectares globais; a área demandada pode superar a ofertada se a demanda em um ecossistema excede a capacidade de regeneração deste ecossistema.

O cálculo da bioprodutividade média global para a construção da unidade hectare global foi feito com base em dados disponíveis em órgãos de pesquisa como a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, na sigla em inglês). O cálculo leva em conta que um hectare de alta produtividade equivalerá a mais hectares globais que um de baixa produtividade, mas o método foi construído de forma a que a soma dos hectares globais equivallesse à soma dos hectares efetivamente existentes (WACKERNAGEL *et al.* 2005). Os diferentes tipos de uso da terra são convertidos em unidade padrão, no caso os hectares globais, por meio dos fatores de equivalência, cujo critério é a capacidade de produção de recursos úteis aos seres humanos, e não apenas a biomassa que produzem (EWING *et al.*, 2010a). Os tipos de uso da terra, nesta metodologia, se dividem em: área de culturas agrícolas, pastos, florestas, áreas de pesca, área construída (considerada tão produtiva quanto as áreas agrícolas, uma vez que geralmente são construídas sobre elas) e áreas de sequestro de carbono, necessárias para evitar que os rejeitos da combustão fóssil tenham impacto sobre o meio ambiente (EWING *et al.*, 2010a). É interessante notar que a Pegada Ecológica é uma medida apenas dos componentes biológicos do consumo, não incluindo os componentes minerais, não-renováveis. Se à primeira vista isto pode parecer um erro, esta opção metodológica é acertada, uma vez que o consumo de recursos não-renováveis só é sustentável se parte deste consumo for destinado ao

desenvolvimento de uma alternativa renovável a este recurso não-renovável (DALY, 1990). Esta alternativa renovável e sustentável seria contabilizada na biocapacidade.

A Pegada Ecológica é uma medida física da demanda pelos serviços do capital natural, em termos de hectares globais. Isto significa que a Pegada Ecológica tenta mostrar a quantidade de terra necessária para produzir os serviços ecossistêmicos necessários à produção e ao consumo (considera-se como hipótese implícita a não substituíbilidade do capital natural pelo capital produzido). Porém, esta quantidade de terras é medida em hectares globais, uma medida abstrata que busca colocar em uma unidade comum terras com diferentes usos e produtividades. Juntamente à mensuração da Pegada Ecológica é realizada a mensuração da Biocapacidade do local, que corresponde a oferta de serviços ecossistêmicos disponíveis. Assim, pela comparação entre a oferta e a demanda, pode-se averiguar o grau de sustentabilidade do consumo da população local, sendo possível distinguir o que é depleção do capital natural do simples uso dos serviços ecossistêmicos (WACKERNAGEL *et al.*, 2005).

A unidade utilizada pela metodologia da Pegada Ecológica é o hectare global, que é construído a partir do cálculo da bioprodutividade média global para a construção da unidade hectare global, que será feito com base em dados disponíveis em órgãos de pesquisa como a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, na sigla em inglês). O cálculo leva em conta que um hectare de alta produtividade equivalerá a mais hectares globais que um de baixa produtividade, mas o método foi construído de forma a que a soma dos hectares globais equivalesse à soma dos hectares efetivamente existentes (WACKERNAGEL *et al.* 2005). Os diferentes tipos de uso da terra são convertidos em unidade padrão, no caso os hectares globais, por meio dos fatores de equivalência (já fornecidos pelos autores da metodologia), cujo critério é a capacidade de produção de recursos úteis aos seres humanos, e não apenas a biomassa que produzem. Os tipos de uso da terra, nesta metodologia, se dividem em: área de culturas agrícolas, pastos, florestas, áreas de pesca, área construída (considerada tão produtiva quanto as áreas agrícolas, uma vez que geralmente são construídas sobre elas) e áreas de sequestro de carbono, necessárias para evitar que os rejeitos da combustão fóssil tenham impacto sobre o meio ambiente (EWING *et al.*, 2010a).

Todas as demandas são calculadas em termos de hectares de produtividade média mundial para o tipo de uso da terra correspondente, dividindo-se a demanda física pela produtividade média mundial. São convertidas em área necessária para suprir esta demanda em termos de hectares globais, multiplicando-se pelos fatores de equivalência para o determinado tipo de uso de terra. Por exemplo, toma-se a demanda por carne bovina em toneladas, divide-se pela produtividade média mundial dos pastos em termos de toneladas por hectares e multiplica-se pelo fator de equivalência dos pastos (WACKERNAGEL *et al.*, 2005). O quadro 2 resume o processo.

Quadro 2– Estrutura do Cálculo da Pegada Ecológica

Consumo	Medida do consumo		Produtividade média mundial		Fator de equivalência		Pegada Ecológica
Produtos Agrícolas	t/ano	/	t/ha/ano	X	2,51	=	gha
Produtos Pecuários	t/ano	/	t/ha/ano	X	0,46	=	gha
Pescados	t/ano	/	t/ha/ano	X	0,37	=	gha
Produtos Florestais	m ³ /ano ou t/ano	/	m ³ /ha/ano ou t/ha/ano	X	1,26	=	gha
Área Urbana	ha	/	Produtividade média regional das áreas agrícolas (t/ha/ano)	X	2,51	=	gha
Emissões de gases do efeito estufa	t/ano	/	t/ha/ano	X	1,26	=	gha

Fonte: Elaboração própria a partir de Wackernagel *et. al.* (2005, p. 10)

Já o cálculo da biocapacidade em nível nacional ou sub-nacional (regiões, estados, municípios), que corresponde à oferta ecológica, é feito por meio do cálculo de fatores de produtividade. De acordo com Ewing *et al.* (2010a), estes fatores de produtividade são específicos às unidades nacionais ou subnacionais, e são calculados da seguinte forma:

Equação 1 - Biocapacidade

$$YFl = Yn/Yw \quad (2)$$

Em que YFl é o fator de produtividade nacional para um dado tipo de uso da terra, Yn e Yw são respectivamente o rendimento nacional e global por hectare do mesmo tipo de uso de terra. O fator de produtividade é calculado para cada produto, como por exemplo, bananas: toma-se a produtividade média nacional (ou regional, como no caso do presente trabalho) de bananas por hectare, e divide-se pela produtividade média mundial de bananas por hectare. Assim, obtém-se o fator de produtividade nacional, que mostra o quanto a região é produtiva em relação ao resto do mundo. Uma vez obtido o fator de produtividade nacional, este é multiplicado pelo fator de equivalência correspondente ao uso da terra e pela área produtora deste produto considerado para que se obtenha a estimativa de biocapacidade em termos de hectares globais para este mesmo produto. Este processo é repetido para todos os produtos de cada tipo de uso de terra, e por fim a estimativa de biocapacidade em hectares globais para cada produto é somada de forma a fornecer a biocapacidade total da região. O quadro 3 abaixo resume o processo.

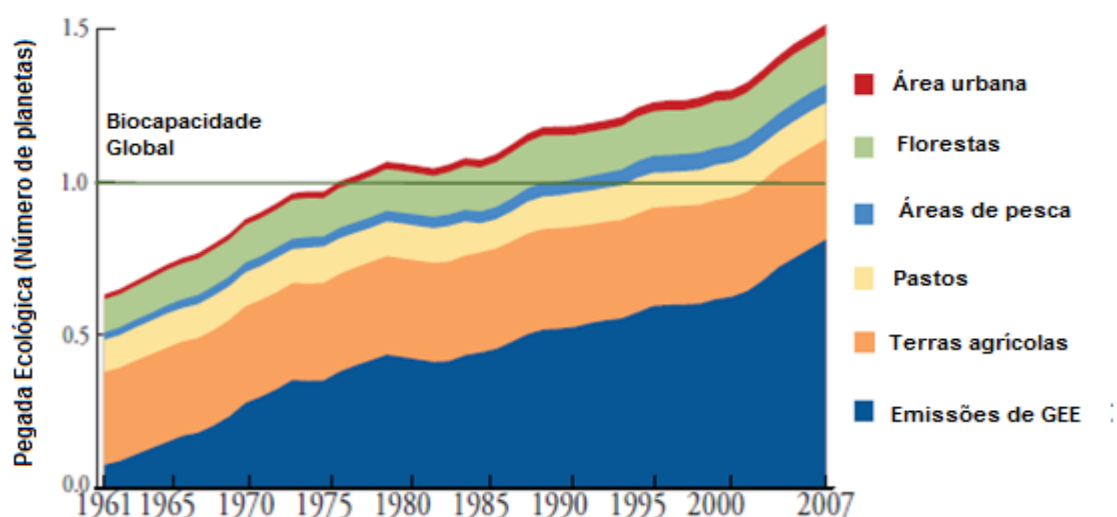
Quadro 3– Estrutura do cálculo da biocapacidade

Área disponível (ha)	Fator de produtividade		Fator de equivalência		Biocapacidade (gha)
Produtos Agrícolas	X	YFI	X	2,51	=
Produtos pecuários	X	YFI	X	0,46	=
Pescados	X	YFI	X	0,37	=
Produtos Florestais		YFI	X	1,26	=
Área Urbana	X	YFI	X	2,51	=
Áreas de sequestro de carbono	X	YFI	X	1,26	=

Fonte: Elaboração própria a partir de Wackernagel, 2005, p. 10

A Pegada Ecológica é adotada pelo *World Wildlife Fund* (WWF) para mensuração da sustentabilidade ecológica, sendo divulgados relatórios bienais com os resultados para o planeta como um todo e para os países, individualmente. O último relatório lançado, de 2010, traz os resultados da aplicação da metodologia para o período de 1961 a 2007 (EWING *et. al.*, 2010b). A figura 4 resume a situação:

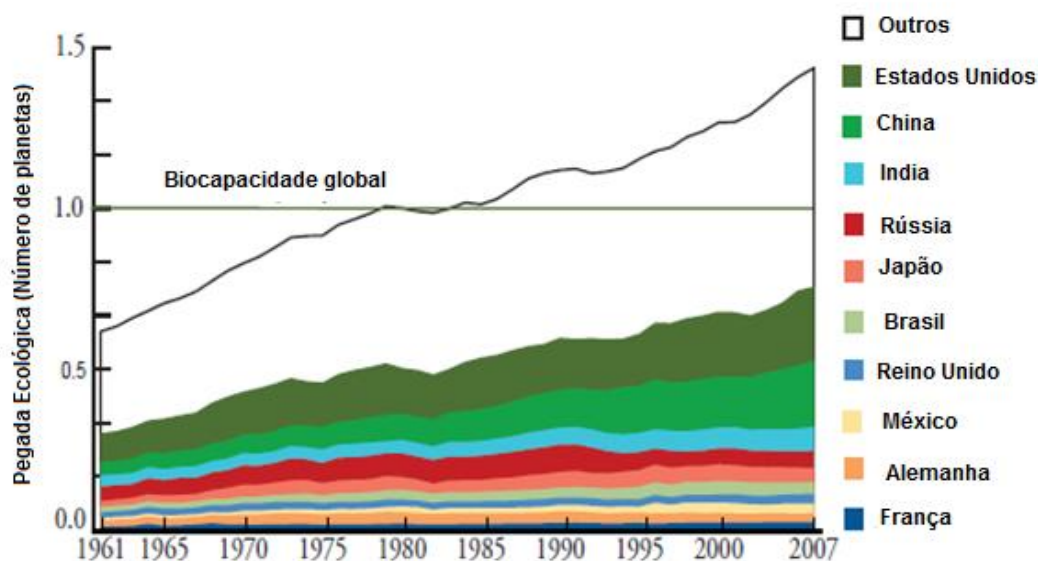
Figura 4 – Pegada Ecológica mundial, discriminada por tipo de uso da terra



Fonte: Ewing *et. al.*, 2010b, p. 18.

Na figura 4, a linha horizontal do gráfico mostra a biocapacidade do planeta como um todo. Como se pode ver, esta biocapacidade, ou seja, a oferta de serviços ecossistêmicos, foi ultrapassada pela demanda por volta de 1975, estando o planeta em déficit ecológico desde esta data. E a situação nos anos posteriores só piorou. Outra conclusão que se pode chegar a partir da figura acima é que o principal responsável pelo aumento da Pegada Ecológica tem sido as emissões de carbono. É interessante também considerar a evolução da Pegada Ecológica no tempo para alguns países. A figura 5 traz esta evolução para os Estados Unidos, China, Índia, Rússia, Japão, Brasil, Reino Unido, México, Alemanha e França:

Figura 5 – Pegada Ecológica para países selecionados



Fonte: Ewing *et. al.*, 2010b, p. 18.

Na figura 5, novamente a linha horizontal corresponde a biocapacidade do planeta como um todo, e a linha crescente superior a Pegada Ecológica do mundo. Como se pode ver, com exceção da Rússia, cuja Pegada Ecológica se reduziu entre 1990 e 1998 (possivelmente devido à forte crise econômica), para nenhum desses países a Pegada se reduz, embora em alguns o crescimento tenha sido mais forte (como Estados Unidos e, de forma ainda mais acentuada, China).

Uma vez considerada a situação do planeta como um todo, a figura 6a mostra a situação de cada país para o ano de 2007. Como se pode ver, a maioria dos países apresenta déficits ecológicos, ou seja, uma Pegada Ecológica superior a sua própria biocapacidade. Em muitos casos, o saldo ecológico negativo é mantido por meio de importação de biocapacidade de outros países. Confirmando esta hipótese, a figura 6b mostra o mesmo mapa utilizando a Pegada Ecológica da produção, ao invés da do consumo, o que retira o comércio internacional da análise. O resultado, como se pode ver, é que a situação de muitos países piora, o que ocorre por não considerar a importação de biocapacidade, deixando o país dependente apenas da sua própria biocapacidade.

Além de seus relatórios bienais para os países, há também outros trabalhos desenvolvidos para mensurar a Pegada Ecológica e a biocapacidade de unidades

subnacionais. No Brasil, o WWF já fez a estimativa da Pegada Ecológica de Campo Grande, capital de Mato Grosso do Sul. A conclusão obtida foi que a cidade de Campo Grande tem uma Pegada Ecológica de 3,14 hectares globais por pessoa, superior à média mundial de 2,7 hectares globais por pessoa apresentadas no mesmo estudo (WWF, 2011). Este trabalho utilizou dados da última Pesquisa do Orçamento Familiar (POF), de 2008, referindo-se, portanto, a este ano. Além dos estudos do WWF, outros pesquisadores desenvolveram trabalhos para unidades subnacionais no Brasil. Um dos primeiros trabalhos realizados com esta metodologia no Brasil foi o de Leite e Viana (2001), que calcularam a Pegada Ecológica da região metropolitana de Fortaleza para o ano de 1996, cujo resultado foi uma Pegada de 2,94 hectares globais *per capita*, resultado este correspondente a 22,4 vezes a biocapacidade disponível na área da região metropolitana de Fortaleza-CE. Outro trabalho que se pode citar é o de Cervi (2008), que realizou o cálculo para a cidade do Rio de Janeiro no ano de 2003, chegando à conclusão de que a Pegada Ecológica do município do Rio de Janeiro era de 3,11 hectares globais *per capita*, enquanto sua biocapacidade era de apenas 0,11 hectares globais por pessoa, sendo necessários portanto 27,35 vezes a biocapacidade em termos de hectares globais disponível na área da cidade do Rio de Janeiro para sustentar seu consumo. A discrepância entre os resultados nacionais e municipais se dá devido ao fato de que grandes centros populacionais têm grande densidade demográfica, tendo sempre de “importar” biocapacidade de outras regiões.

A Pegada Ecológica tem sido amplamente utilizada como índice de sustentabilidade, por apresentar resultados intuitivos, de fácil interpretação, devido ao fato de se utilizar de uma medida de área (o hectare global), não havendo dificuldade para uma pessoa sem grande conhecimento da área entender afirmações como “para que todos no mundo pudessem consumir como um americano, seriam necessários quatro planetas e meio” (EWING *et. al.*, 2010b).

Figura 6a – Saldo Ecológico dos países, 2007

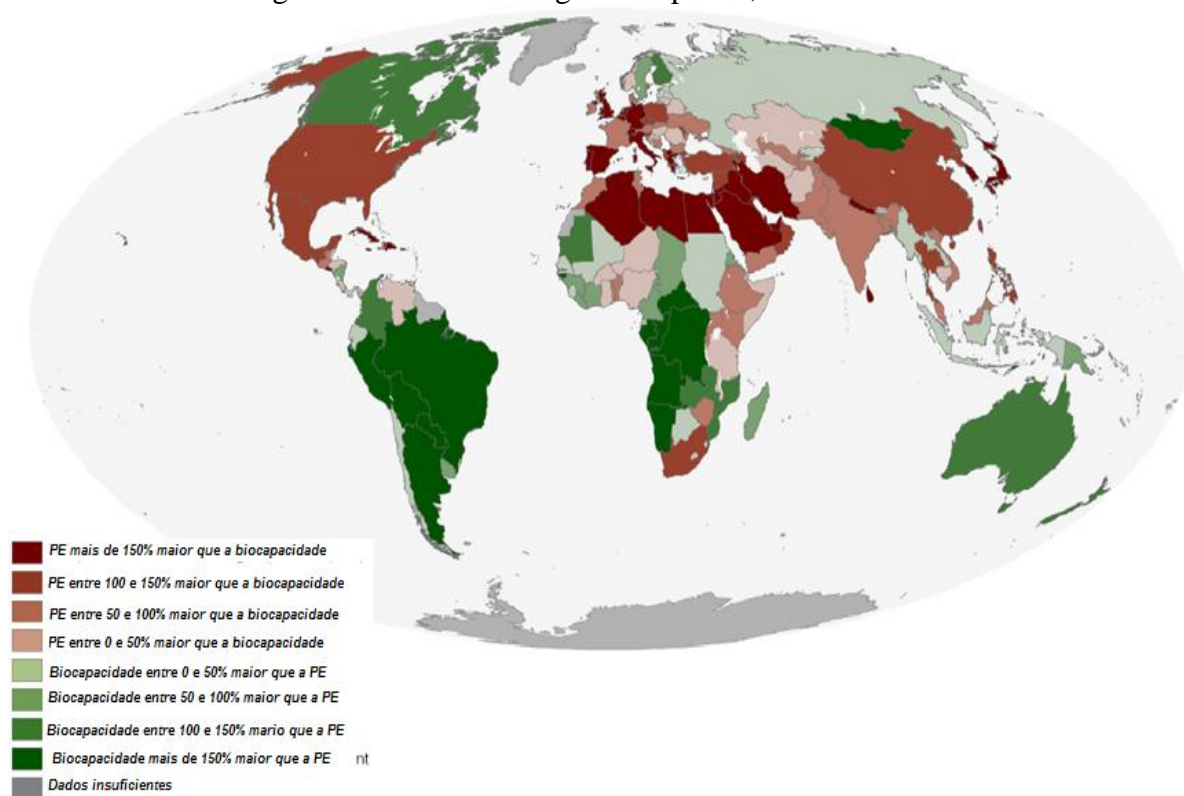
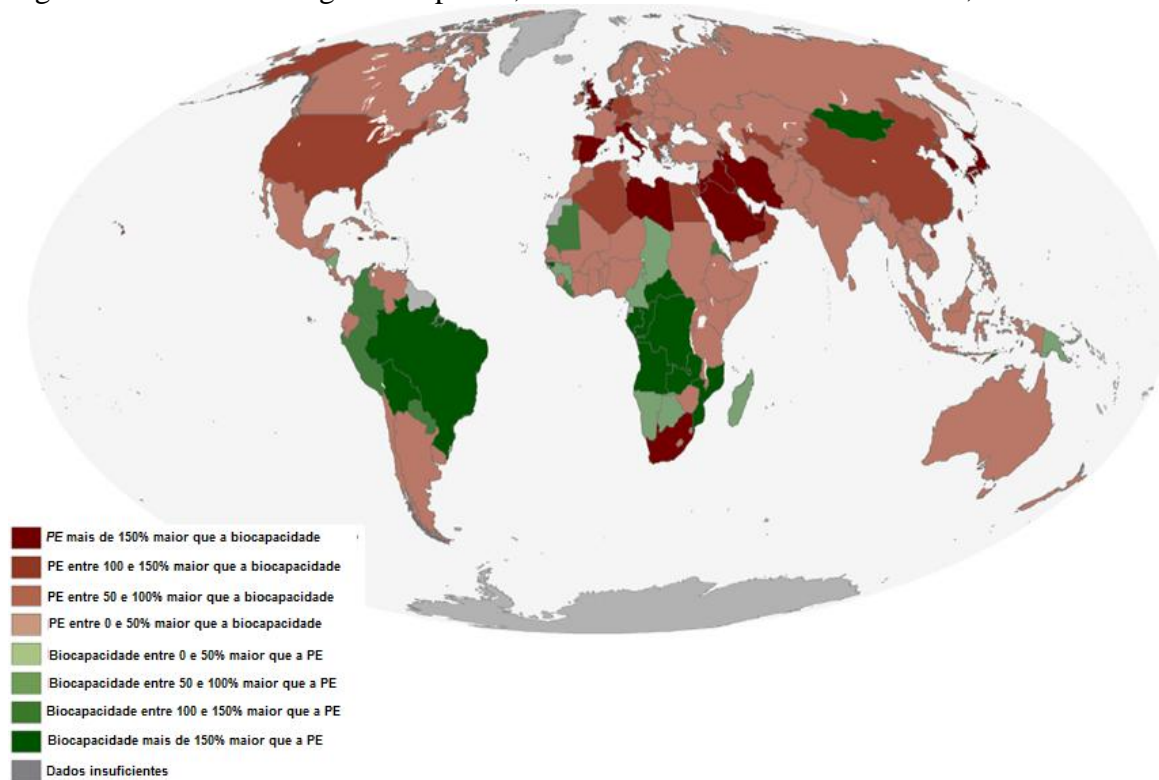


Figura 6b – Saldo Ecológico dos países, excluindo o comércio internacional, 2007



Fonte: Ewing *et. al.*, 2010b, p. 37.

4 – Considerações Finais

Os indicadores apresentados neste trabalho são alguns dos mais difundidos para a mensuração da escala do sistema econômico e sua pressão sobre os ecossistemas que o contém. Cada uma apresenta vantagens e desvantagens próprias. Do ponto de vista do relatório Stiglitz-Sen-Fitoussi, a Pegada Ecológica se mostra o mais adequado, por não tentar mensurar simultaneamente as diferentes dimensões do desenvolvimento sustentável, concentrando-se na pressão sobre os recursos naturais. Porém, isto não significa que os outros indicadores devam ser descartados, uma vez que diferentes enfoques podem ser utilizados em consonância com diferentes objetivos. O GPI tem entre seus méritos a capacidade de mostrar claramente que o crescimento econômico nem sempre se traduz em melhoria do bem-estar, enquanto o ESI é mais adequado para tratamentos econométricos. O desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade com o propósito de nortear políticas públicas deve prosseguir, e enquanto nenhum indicador alcança a primazia sobre os outros (como por exemplo, o PIB alcançou sobre outros possíveis indicadores de crescimento econômico), é mister utilizar de todas as ferramentas disponíveis para tratar da questão da sustentabilidade ecológica, fundamental para a continuidade do processo de desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Daniel Caixeta, SIMÕES, Marcelo Silva, ROMEIRO, Ademar Romeiro. *From an Empty to a Full World: a nova natureza da escassez e suas implicações*. **Economia & Sociedade**, v. 21, p. 695-722, Campinas, 2012.

ANDRADE, Daniel Caixeta; VALE, Petterson Molina.; **Fronteiras planetárias e limites ao crescimento: algumas implicações de política econômica**. IX Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, 2011, Brasília-DF. Anais... Brasília-DF, 2011.

BANCO MUNDIAL; World dataBank. Disponível em: <<http://databank.worldbank.org/ddp/home.do?Step=12&id=4&CNO=2>> Acessado em 13/12/11

BARTELMUS, P. **Quantitative Eco-Nomics**. Springer Science + Business Media B.V., 2008.

CERVI, Jaison Luís; **A Pegada Ecológica do Município do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Dissertação de Mestrado, 2008.

COMMISSION ON THE MEASUREMENT OF ECONOMIC PERFORMANCE AND SOCIAL PROGRESS. Welcome to the website of the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress Disponível em: <http://www.stiglitz-sen-fitoussi.fr/en/index.htm> Acessado em: 27/12/12

DALY, Herman E.; COBB, J. **For the common good: Redirecting the economy towards community the environment, and a sustainable future.** Boston: Beacon Press, 1989.

DALY, Herman.E. Toward some operational principles of sustainable development. **Ecological Economics**, v.2, pp. 1-6, 1990.

ESTY, Daniel C.; LEVY, Marc; SREBOTNJAK, Tanja; SHERBININ, Alexander de. **2005 Environmental Sustainability Index: Benchmarking National Environmental Stewardship.** New Haven: Yale Center for Environmental Law & Policy, 2005.

HOFFRÉN, Jukka. **Future Trends Of Genuine Welfare In Finland.** IN: Lakkala, Hanna; Vehmas, Jarmo (editors) Trends And Future Of Sustainable Development: Proceedings of the Conference “Trends and Future of Sustainable Development”. Tampere, Finland, 9-10 June 2011

LEITE, Ana Maria Feitosa; VIANA, Manuel Osório de Lima; **Pegada Ecológica: Instrumento de Análise do Metabolismo do Sócio-ecossistema Urbano.** Fortaleza: UFC, 2001.

MUELLER, Charles C.; **Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente.** Brasília: Editora da UNB, 2007.

NORDHAUS, William; TOBIN, James. **Is Growth Obsolete?** IN: Economic Growth, National Bureau of Economic Research. New York: Columbia University Press, 1972.

OZKAYNAK, B; DEVINE, P.; RIGBY, D. Operationalising strong sustainability: definitions, methodologies and outcomes. **Environmental Values** 13, pp. 279-303, 2004.

QUIROGA-MARTINEZ, R. Los indicadores de desarrollo sostenible: estado del arte. **Curso-Taller Indicadores de Desarrollo Sostenible para América Latina y el Caribe.** Santiago, sede de CEPAL, jun. 2003.

ROMEIRO, Ademar.Ribeiro. **Economia ou economia política da sustentabilidade.** In. MAY, P.H. (org.) Economia do Meio Ambiente: teoria e prática. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010

SICHE, J. R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, Enrique; ROMEIRO, Ademar. Sustainability of nations by indices: Comparative study between environmental sustainability index, ecological footprint and the emergy performance indices. **Ecological Economics**, v. 66, pp.628-637, 2008.

TALBERTH, John; COBB, Clifford; SLATTERY, Noah. **The Genuine Progress Indicator 2006: A Tool for Sustainable Development.** Oakland: Redefining Progress, 2006.

VEIGA, José Eli da; Indicadores Socioambientais: Evolução e Perspectivas in **Revista de Economia Política**, vol. 29, n. 4, pp. 421-35, outubro-dezembro/2009.

VEIGA, José Eli da; Indicadores de Sustentabilidade. **Estudos Avançados** vol. 24 n. 68 pp. 39-52, São Paulo: 2010.

WORLD WILDLIFE FUND; **A Pegada Ecológica de Campo Grande – Resumo Executivo.** Campo Grande: 2011. Disponível em: http://assets.wwf.org.br/downloads/resumo_executivo_pegada_campo_grande_11_04_11.pdf Acessado em 24/11/2011.