

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
ANNA ELOYR SILVEIRA VILASBOAS

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE: *GREEN ECONOMY INDEX*

Brasília

2016

ANNA ELOYR SILVEIRA VILASBOAS

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE: *GREEN ECONOMY INDEX*

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado à Universidade de Brasília como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador (a): Professor Emérito Joanílio Rodolpho Teixeira

Brasília

2016

ANNA ELOYR SILVEIRA VILASBOAS

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE: *GREEN ECONOMY INDEX*

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado à
Universidade de Brasília como exigência
parcial para obtenção do título de Bacharel em
Ciências Econômicas.

Aprovado em
___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Joánilio Rodolpho Teixeira

Prof. José Guilherme de Lara Resende

Agradecimento

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a Deus, que me auxiliou ao longo desse período e me preparou ótimas oportunidades de crescimento tanto pessoal quanto acadêmico. Agradeço, especialmente, ao professor Joãnlio Rodolpho Teixeira, quem, desde o meu terceiro semestre de graduação, me acolheu como orientanda, e permitiu minha participação em vários projetos e artigos. Sempre disposto a dividir seu vasto conhecimento acadêmico e grande experiência profissional. Agradeço aos meus pais, os pilares da minha vida, cujo apoio foi essencial para o cumprimento dessa etapa.

Também sou grata aos estudantes do Programa de Educação Tutorial do curso de Economia (PET-ECO). As apresentações de periódico e de conjuntura, com certeza, proporcionaram um grande crescimento da minha capacidade de argumentação e de oratória. Especialmente, agradeço ao tutor do programa, José Guilherme de Lara Resende, sempre apto a nos auxiliar em tudo e a dividir seu conhecimento conosco.

Gostaria de agradecer ao professor Carlos Rosano-Peña por seus comentários e sugestões, os quais contribuíram grandemente para o desenvolvimento desse trabalho.

Resumo

O objetivo dessa monografia é propor um novo indicador de sustentabilidade, denominado *Green Economy Index*, capaz de auxiliar, em conjunto com outros parâmetros, a tomada de decisões para um desenvolvimento mais sustentável. Para tanto, foram utilizadas três variáveis principais: PIB *per capita*, oferta de energia renovável e emissão de CO₂, cuja escolha teve como base os três pilares da economia verde. Em recentes décadas, o aumento global de consumo de recursos naturais, excesso de produção e poluição do meio ambiente estão se tornando assuntos relevantes na abordagem sobre desenvolvimento sustentável. Esse desencontro entre a taxa de regeneração de recursos do meio ambiente e a de seu consumo pela humanidade é fundamental para o entendimento de sustentabilidade. Nesse contexto, os indicadores de sustentabilidade são necessários para determinar políticas públicas adequadas, que podem incluir planos, programas e estratégias. (BASTIANONI *et al*, 2013).

Palavras-chave: desenvolvimento sustentável, economia verde, decrescimento, indicadores de sustentabilidade, Índice de Economia Verde, Triângulo Mágico.

ABSTRACT

The aim of this monograph is to provide a new index of sustainability, called Green Economy Index, which is capable of assisting, together with others parameters, in the decision-making process towards a sustainable development. For this purpose, three variables were used: GDP *per capita*, supply of renewable energy and CO₂ emissions, a choice based on the three pillars of the green economy. In the recent decade, the global increase in resource consumption, waste production, and environmental pollution has become a core aspect of the sustainable development framework. The mismatch between the earth's resource regeneration rates and humanity's consumption rates is fundamental to understanding sustainability. In this context, sustainable index are necessary to determine the most appropriate public policy, which may include plan, programs and strategy (BASTIANONI *et al*, 2013).

Keywords: sustainable development, green economy, indicators of sustainability, Green Economy Index, Magic Triangle.

Sumário

1. Introdução.....	7
2. Capítulo: Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável.....	9
2.1. Economia Verde.....	11
2.2. Decrescimento.....	14
2.3. Ecosocialismo.....	17
3. Capítulo: Indicadores de Sustentabilidade.....	18
3.1. Fronteiras Ecológicas.....	21
3.2. Pegada Ecológica.....	24
4. Capítulo: Triângulo Mágico- <i>Green Economy Index</i>	27
4.1. Formalização do Triângulo Mágico.....	29
5. Capítulo: Aplicação do <i>Green Economy Index</i> para o Brasil.....	34
5.1. Índice de Gini como pilar social.....	35
5.2. Hipercubo.....	37
5.3. Análise de Resultados.....	38
6. Conclusão.....	43
Referência.....	46

Introdução

O desenvolvimento sustentável suscita questões fundamentais, por exemplo: quais economias estão mais perto de atingir um nível verde? Como financiar essa transição? Como medir o grau de “esverdeamento” de uma economia? Qual é o papel do Estado nessa transição? Diante disso, o problema de pesquisa da monografia será propor uma forma de mensurar o avanço de uma economia rumo a um modelo de crescimento mais sustentável tanto socioeconômico quanto ambiental.

A busca pelo equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a manutenção dos recursos naturais fortalece o paradigma de desenvolvimento sustentável. Entretanto, a sustentabilidade não é algo que possa ser obtido de forma rápida. Ela é um processo de mudança, de aperfeiçoamento constante e de transformação estrutural de toda uma sociedade (BENETTI, 2006).

Por mais que o processo esteja em fase embrionária, ele garante a certeza de que qualquer caminho para um mundo sustentável só poderá ser efetivo com um número de ações globais. O problema é que a condução desse processo de desenvolvimento sustentável não pode resultar da mera coexistência de novas iniciativas de caráter ambiental e velhas ações de desenvolvimento, como ocorre desde a Conferência de Estocolmo em 1972. (VEIGA, 2013)

Esse tipo de desenvolvimento demanda um gênero de transformação que tem somente dois precedentes: a formação das sociedades agrícolas, a partir de grupos neolíticos baseados na caça e na coleta; e a bem mais veloz industrialização, iniciada há pouco mais de dois séculos. (VEIGA, 2013)

Nesse sentido, a construção de um novo modelo de crescimento mais socioambiental faz com que os agentes responsáveis por sua concepção necessitem de um amplo levantamento de dados e de informações representativas das diversas dimensões envolvidas nos processos produtivos. Além disso, torna-se preciso a condução de investigações que possibilitem um melhor entendimento dos sistemas ambientais (COUTO, 2007).

Para auxiliar nas avaliações sobre desenvolvimento sustentável surgem os indicadores de sustentabilidade, cujo papel é reunir e quantificar informações sociais, ambientais e econômicas de um modo que simplifique fenômenos complexos e tente melhorar o processo de comunicação entre os agentes (VAN BELLEN, 2006). Dessa

forma, é mediante o conjunto de dados obtidos a partir dos indicadores que poderão ser subsidiadas as etapas de planejamento, implantação e acompanhamento das políticas de gestão ambiental voltadas ao uso racional dos recursos naturais (KEMERICH, RITTER e BORBA, 2014).

Historicamente, é possível interpretar as crescentes dúvidas em relação ao futuro do meio ambiente como uma das consequências das várias transformações que marcaram a segunda metade do século XX. Entre os anos 60 e 80, vários desastres ambientais, como o da Baía de Minamata no Japão e o da usina nuclear de Chernobyl na extinta União Soviética, provocaram em todo o globo um avanço na conscientização sobre os problemas ambientais (VAN BELLEN, 2004). Diante disso, os indicadores de sustentabilidade começaram a se fortalecer nessa época através do *Index of Sustainable Economic Welfare* (ISEW) e do *Measure of economic welfare* (MEW), por exemplo.

Entretanto, esses indicadores receberam várias críticas, principalmente, relacionadas aos diferentes métodos adotados para a contabilidade de suas variáveis. Pelo fato de envolverem categorias não precificáveis no mercado em sua mensuração, por exemplo, dano ambiental de longo prazo, diferentes resultados podem ser obtidos para um mesmo país. Os pesquisadores decidem individualmente quais itens incorporar na metodologia do indicador e qual procedimento de valoração empregar, atribuindo grande parcela de subjetividade aos resultados (BEYS, 2008).

Portanto, os indicadores de sustentabilidade estão se consolidando como importantes instrumentos nos últimos anos, uma vez que eles possibilitam a análise conjunta das dimensões social, econômica e ambiental. Entretanto, devido ao elevado grau de subjetividade no processo de mensuração, não há ainda um indicador amplamente reconhecido. Assim, a monografia buscará propor um indicador de sustentabilidade com variáveis objetivas e com uma metodologia única para todos os países. Para tanto, ela está estruturada da seguinte forma: o Capítulo 2 discutirá o conceito de desenvolvimento sustentável e as principais teorias montadas para os países o alcançar; o Capítulo 3 fará uma revisão de literatura sobre os indicadores de sustentabilidade existentes; o Capítulo 4 introduzirá a formulação teórica do índice proposto, denominado Triângulo Mágico; o Capítulo 5 aplicará esse indicador ao contexto brasileiro, e a Conclusão retomará os pontos principais discutidos ao longo do trabalho.

Capítulo 2- Caminhos para o desenvolvimento sustentável

Mesmo que os impactos concretos ainda sejam poucos, têm sido inegáveis as mudanças de atitude que o conceito de desenvolvimento sustentável vem provocando tanto no comportamento das pessoas, enquanto cidadãos ou consumidores, como no âmbito educacional empresarial. Além disso, ocorre uma intensa movimentação da comunidade internacional sobre os cuidados exigidos para conservação do meio ambiente. Mesmo deixando de lado os acordos bilaterais, em apenas sete anos (2005-2011) foram assinados 22 acordos, 50 aditivos e 10 protocolos (VEIGA, 2013).

Uma indiscutível virada histórica ocorreu desde que começou a se tornar efetiva a influência do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). A iniciativa é vista como uma das mais importantes decisões da primeira cúpula mundial sobre a relação da humanidade com o meio ambiente e foi tomada na reunião de Estocolmo em 1972. Essa megaconferência tinha a proposta de facilitar a coordenação e a focalização dos países-membros nos problemas extremamente complexos relacionados ao meio ambiente. Assim, o sentido geral das decisões tomadas foi o de legitimar a tese de inexistência de conflito real entre desenvolvimento e meio ambiente, isto é, de que esses dois aspectos seriam integráveis e indivisíveis (VEIGA, 2013).

Antes da Conferência de Estocolmo, em 1971, ocorreu o “Grupo de Peritos sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente”, um dos encontros que mais ajudou a destravar os entendimentos sobre o meio ambiente e a sociedade. Esse evento se tornou conhecido como Conferência de Founex, Suíça, e resultou em um relatório que condicionaria quarenta anos de entendimentos multilaterais sobre a sustentabilidade do desenvolvimento. Suas principais teses foram: i) a degradação do meio ambiente nos países ricos derivam, principalmente, do modelo de desenvolvimento, enquanto a dos países subdesenvolvidos das consequências do subdesenvolvimento e da pobreza; ii) ameaças podem surgir para as exportações de países subdesenvolvidos em consequência das preocupações ambientais; iii) é necessário monitorar a criação de barreiras não tarifárias baseadas em preocupações ambientais; e iv) são necessários fundos adicionais para subsidiar pesquisas sobre problemas ambientais de países de terceiro mundo (VEIGA, 2013).

Muitas interpretações de sustentabilidade tiveram seu ponto inicial no consenso alcançado pela *World Commission on Environment and Development* (WCED) em 1987,

que definiu desenvolvimento sustentável como aquele capaz de atender às necessidades do presente sem comprometer as habilidades das futuras gerações de atender a delas (UNEP, 2011).

Economistas, geralmente estão confortáveis com essa interpretação de sustentabilidade, pois é fácil traduzir para termos econômicos: um aumento de bem-estar hoje não pode resultar na redução do bem-estar de amanhã. Ou seja, futuras gerações devem ter, pelo menos, as mesmas oportunidades disponíveis às gerações atuais (UNEP, 2011). Dessa forma, desenvolvimento econômico deve garantir que gerações futuras não fiquem em um pior estado do que as de hoje. Ou, como alguns economistas dizem, o bem-estar *per capita* não deve declinar ao longo do tempo (PEZZEY, 1989).

Diante disso, construído sobre um acumulado de duas décadas, a Rio 92 foi o ponto mais alto de gestão cooperativa dos recursos ambientais comuns, não apenas porque gerou cinco instrumentos normativos relevantes (as Convenções de Mudança do Clima, de Biodiversidade, e de Desertificação, a Declaração do Rio, e a Agenda 21), mas porque foi rodeada por um clima de otimismo em relação à evolução da governança global. O valor da Rio 92 é alto, ainda que os instrumentos por ela criados não tenham refletido de forma suficiente o consenso científico da época e tivessem poucos efeitos práticos nos anos sucessivos. Além disso, a chamada Cúpula da Terra consagrou o paradigma de desenvolvimento sustentável ao analisar a relação entre o meio ambiente e os seres humanos (VIOLA e FRANCHINI, 2012).

Durante os últimos 20 anos, o discurso do desenvolvimento sustentável representou a linguagem hegemônica, e supostamente consensual, para pensar a regulação entre ambiente e sociedade. Criticado pelos agentes econômicos que o percebiam como uma distorção do livre mercado, ou pela ecologia política que denunciava sua falta de consistência e sua defesa do modelo dominante, conseguiu apesar de tudo reunir atores com interesses divergentes para negociação. Após muitas conferências e protocolos, pode-se constatar que a situação do meio ambiente piorou e seu ritmo de degradação se acelerou de maneira mais veloz do que as medidas tomadas para o seu enfrentamento. (LÉNA & PINHEIRO, 2012)

Portanto, a urgência ambiental e a ineficácia dos processos de desenvolvimento sustentável provocaram dois tipos de reação e propostas. Uma é a economia verde, que aposta na tecnologia para voltar a criar riqueza, crescimento e empregos, isto é, restaurar as taxas de lucro e de acumulação. Outra é a saída do sistema econômico atual, do imaginário e dos seus valores de forma radical ou reformista, e com período variável de

transição. Nessa segunda teoria, encontra-se, em particular, o movimento a favor do decrescimento e do ecossocialismo. (LÉNA & PINHEIRO, 2012)

2.1 Economia Verde

No modelo de desenvolvimento atual, crescimento econômico e conquistas sociais são facilmente reconhecidos como complementares, entretanto o mesmo não ocorre ao se considerar crescimento e preservação do meio ambiente, que são geralmente vistos como contraditórios. Word Bank (2012) argumenta que um crescimento “verde” é necessário para resolver esses problemas, pois ele seria mais eficiente no uso de recursos naturais, menos poluente e mais preocupado com os impactos ambientais.

Segundo Viola e Bassos (2015), o termo economia verde foi primeiramente empregado em um relatório feito para o governo do Reino Unido, e seu conceito consiste em enquadrar um novo modelo econômico que deveria ser seguido no final da crise financeira global, sendo que não existe uma definição oficial para o termo. A mais comumente utilizada é de uma economia que resulta em melhorias do bem-estar humano e equidade social, enquanto são reduzidos significativamente riscos ambientais e escassez ecológica.

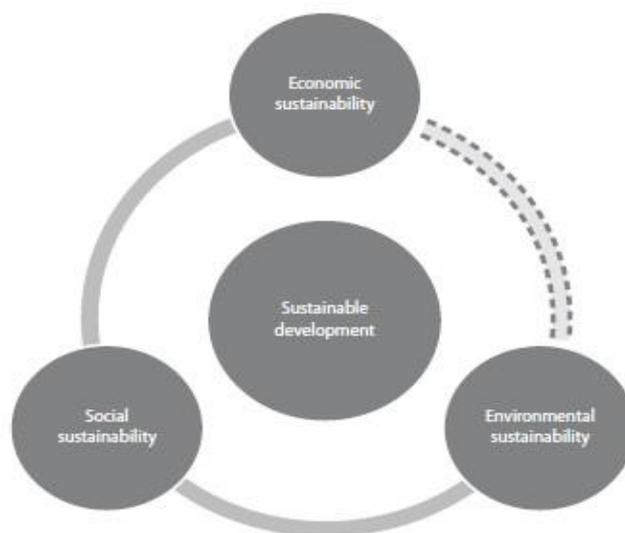
O conceito foi discutido durante a *United Nations Conference on Sustainable Development* (UNCSD), em 2012, mas não resultou em um acordo capaz de torná-lo mais prescritivo. O relatório final da Rio+20 declara que economia verde é uma das ferramentas mais importantes disponíveis para atingir o desenvolvimento sustentável, que pode fornecer alternativas para políticas governamentais, mas sem estabelecer regras muito rígidas. A conferência falhou no ponto de vista de progredir na construção de uma governança global climática¹ (VIOLA & BASSOS, 2015).

Nesse contexto, economia verde pode ser pensada como um tipo de crescimento econômico que é ambientalmente sustentável. Esse modelo não é um novo paradigma. Seu objetivo é operacionalizar o desenvolvimento sustentável através da conciliação da urgente necessidade dos países em desenvolvimento de crescer rápido e aliviar a pobreza com a precisão de evitar danos ambientais irreversíveis e onerosos para a sociedade (WORLD BANK, 2012).

¹ Segundo Viola & Franchini (2014), a abordagem de governança global do clima é apoiada, principalmente, pelo comportamento de *climate powers*, que seriam nações com capacidades singulares de alterar a forma de produção à nível global.

Crescimento econômico, desenvolvimento social e sustentabilidade ambiental são vistos não somente como compatíveis, mas também como complementares nessa abordagem. Porém, o modelo de crescimento econômico atual ocorre com base na destruição do meio ambiente. Assim, a economia verde possui como objetivo principal garantir que economia e sustentabilidade ambiental sejam compatíveis, por isso, o uso da linha tracejada na Figura 1 (WORLD BANK, 2012).

Figura 1: Três Pilares do desenvolvimento sustentável



Fonte: World Bank (2012)

Concomitantemente, é necessário notar que o crescimento verde não é inerentemente inclusivo. Seu produto será importante para os mais pobres, mas políticas específicas são essenciais para garantir que os mais carentes não serão excluídos dos benefícios e não serão prejudicados durante a transição para uma economia sustentável (WORLD BANK, 2012).

Como forma de tornar o crescimento mais verde e inclusivo, autores voltam para instrumentos básicos discutidos no começo dos 1950, por exemplo, impostos ambientais, normas e regulações, os quais eram vistos como medidas principais para uma possível economia verde. Atualmente, tecnologia torna mais fácil a implementação dessas políticas e o monitoramento de seus impactos. Porém, fazer essas ações funcionarem é complexo no mundo real marcado por falhas do governo e dos mercados, e por interesses e comportamentos culturais enraizados. Isso requer políticas complementares, incluindo investimentos públicos, inovação e políticas industriais, educação e treinamento, reformas no mercado de trabalho, e comunicação. Além disso, tecnologia não estará

disponível a menos que tenha demanda suficiente para dispô-la em escala. Países ou firmas podem ser levados a esperar por melhores e menos dispendiosas tecnologias se tornarem disponíveis (WORLD BANK, 2012).

Segundo UNEP (2011), o maior desafio é conciliar as competitivas aspirações de desenvolvimento econômico de países ricos e pobres em um mundo que está enfrentando problemas relacionados a mudanças climáticas, a insegurança energética e a escassez ecológica. Uma economia verde pode resolver esse desafio ao oferecer um caminho para o desenvolvimento que reduz a dependência do carbono, promove o uso eficiente de energia e recursos naturais, e diminui a degradação ambiental. Em regiões de baixa renda *per capita*, esse aspecto é necessário, pois os produtos e serviços retirados da natureza são essenciais para o sustento de comunidades rurais carentes e promovem uma rede de segurança contra desastres naturais e choques econômicos. Além disso, esses países são os mais vulneráveis aos efeitos de aquecimento global, como a seca.

Ainda de acordo com o relatório desenvolvido pelo UNEP, para reverter o atual processo de desenvolvimento insustentável, três passos são importantes. O primeiro deles, defendido por Pearce *et al* (1989), seria realizar melhorias no modo de valorar recursos naturais, e incorporar políticas de custo e benefício totais dos impactos ambientais. Ou seja, valoração ambiental e contabilidade da depreciação do capital natural precisam ser totalmente incorporadas nas políticas e nas estratégias de desenvolvimento econômico.

Um segundo passo seria perceber que a função da política de controlar a excessiva degradação ambiental requer a implementação efetiva, informações apropriadas, incentivos, instituições, investimentos e infraestrutura. Por exemplo, melhor informação sobre a situação do ecossistema e da biodiversidade é essencial para o processo de decisões privado e público que determinam a alocação de capital natural para o desenvolvimento econômico. Entretanto, superar falhas institucionais e encorajar direitos de propriedade mais efetivos, boa governança e maior suporte para comunidades locais é também crítico.

Em terceiro, é necessário aumentar a colaboração entre cientistas ambientais, ecologistas e economistas para monitorar e analisar os impactos causados pela degradação ambiental e mudança no uso da terra (POLASKY & SEGERSON, 2009). Uma análise interdisciplinar ecológica e econômica é também necessário para identificar

as consequências ao bem-estar da atual e das futuras gerações diante do crescimento da escassez ecológica² (UNEP, 2011).

Em suma, a transformação para uma economia verde precisa de uma agenda econômica e de política estratégica voltada para atingir o desenvolvimento sustentável. A economia verde reconhece que o objetivo do desenvolvimento sustentável é promover a qualidade de vida dos seres humanos sem impor restrições à preservação do meio ambiente, o que inclui combater o aquecimento global, a insegurança energética, e a escassez ecológica. Entretanto, uma economia verde não pode ser focada exclusivamente em eliminar problemas ambientais e escassez de recursos. Ela também precisa abarcar a preocupação com o desenvolvimento sustentável, garantindo equidade, intergerações e erradicação da pobreza (UNEP, 2011).

2.2 Decrescimento

A tese de que a sustentabilidade do desenvolvimento é incompatível com a neurose obsessiva pela manutenção do crescimento econômico emergiu no âmbito científico a partir de 1966, nas contribuições simultâneas de Kenneth Boulding e de Nicholas Georgescu-Roegen (VEIGA e ISSBERNER, 2012).

A partir dessa tese, surge o conceito de decrescimento, cuja divulgação é frequentemente associada ao primeiro relatório do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) para o Clube de Roma em 1971, intitulado *Limits to Growth*. Esse relatório é essencialmente constituído por uma compilação de dados mundiais acerca dos recursos naturais, da população, da poluição e da qualidade de vida, os quais foram correlacionados por meio de simulação informática. A conclusão geral é que, cedo ou tarde, o crescimento enfrentará limitações (FLIPO, 2012).

Em 1973, a Universidade de Sussex publicou um relatório chamado *L'anti-Malthus*, que criticava o relatório do MIT por ter subestimado o potencial futuro da tecnologia e ter exagerado o caráter nefasto de alguns produtos, em particular os pesticidas (FLIPO, 2012).

Além disso, no mesmo ano, o economista William Nordhaus estimou que o problema se devia muito mais ao capital e ao trabalho do que ao recurso natural, uma vez

² Com base em uma perspectiva econômica, escassez ecológica é definida como a perda de vários benefícios e serviços ambientais devido à exploração do homem para suprir a demanda por insumos de suas atividades (BARBIER, 1989).

que aqueles possibilitam o acesso a recursos muito abundantes, tais como energia nuclear (Flipo, 2012). Nordhaus contou com o apoio do prêmio Nobel, Robert Solow (1974), em um artigo de síntese que traz à tona a “regra de Hotelling” que, desde 1931, preconiza a exploração de um recurso esgotável no ritmo que permitisse maximizar o lucro marginal líquido (Hotelling, 1931). A ideia geral era que a rarefação de alguns recursos naturais acarretaria a chegada de “tecnologias de ruptura” (*backstop technologies*), que superariam o problema.

Atualmente, a teoria de decrescimento é vista como uma maneira de diminuir os impactos ambientais causados pela busca constante por crescimento econômico. Entretanto, ela não trata de questionar todos os fenômenos causados pelo crescimento, mas sim a chamada “sociedade de crescimento”, a qual não é desejável por, pelo menos, três motivos: i) ela produz um aumento das desigualdades e injustiças; ii) ela cria um bem-estar amplamente ilusório; e iii) ela não suscita, mesmo para os que mais se beneficiam, uma sociedade amigável e sim uma antissociedade que padece de sua riqueza (LATOUCHE, 2012).

Assim, a política de decrescimento é algo cujo objetivo consiste em inverter a relação entre produção do bem-estar e PIB. Tratar-se-ia de desacoplar ou desconectar a melhoria da situação dos indivíduos do aumento estatístico da produção material, ou seja, promover a redução do “bem-ter” estatístico para melhorar o “bem-estar” vivenciado (LATOUCHE, 2012).

A transição para uma economia sem crescimento põe em xeque fundamentos da macroeconomia: trabalho e consumo. O aumento da produtividade do trabalho é, historicamente, a base da aceleração da economia. Sendo o trabalho um fator de produção oneroso para as empresas e o regime de concorrência cada vez mais acirrado, elas buscam minimizar este custo (VEIGA e ISSBERNER, 2012).

Crescer menos significa produzir menos e, conseqüentemente, consumir menos, sintomas usualmente associados à recessão e ao desemprego. Contudo, em nações que já atingiram altíssimo desenvolvimento humano³, é possível que tal percepção esteja ultrapassada e que o baixo crescimento possa ser compatível com estabilidade econômica e social. Foi o que demonstrou Peter Victor (2008) para o caso do Canadá (VEIGA e ISSBERNER, 2012).

³ De acordo com a síntese do Relatório de Desenvolvimento Humano 2015 publicado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, desenvolvimento humano significa alargar as escolhas humanas atribuindo maior destaque à riqueza da vida humana e não simplesmente à riqueza das economias.

A partir de um modelo de simulação dinâmica, Victor chegou a seis cenários sendo que em quatro deles a economia canadense reduziria gradualmente suas taxas de aumento do PIB para atingir, após dois decênios, uma situação de crescimento nulo. Situação semelhante àquela que os clássicos haviam chamado de “condição estacionária” (*steady state*) embora nenhum desses rótulos corresponda bem à essência da ideia: uma sociedade que prospera sem que aumente o tamanho da economia (VEIGA e ISSBERNER, 2012).

O que permite inferir que a prosperidade sem crescimento poderia ser um objetivo de médio prazo para cerca de 20 países centrais que já atingiram padrões de vida semelhantes ao do Canadá (VEIGA e ISSBERNER, 2012).

Outro modelo interessante dentro da teoria do decrescimento é o da macroeconomia ecológica. Jackson (2009) esboçou fundamentos para a elaboração de um modelo centrado no crescimento de investimento, tendo como contrapartida a diminuição da parcela da renda destinada ao consumo. Propõe que a variável investimento seja decomposta de tal forma que os investimentos em energia fóssil sejam tratados de forma diferente da energia renovável, discriminando o impacto de cada tipo de crescimento. Essa seria a pequena “janela de sustentabilidade” vislumbrada por D’Alessandro *et al* (2008). Entretanto, para isso, seria necessário, segundo Jackson (2009b), avançar no sentido de se apurar as respectivas taxas de produtividade dos fatores de produção, o que ainda não foi possível efetuar (VEIGA e ISSBERNER, 2012).

O investimento em energia seria desagregado em duas categorias: i) investimentos destinados à maior eficiência energética de uma dada capacidade instalada na economia; e ii) investimentos orientados para a substituição da capacidade instalada baseada em energia fóssil por outra baseada em energia renovável (VEIGA e ISSBERNER, 2012).

Do ponto de vista da inovação, trata-se de duas linhas de desenvolvimento tecnológico. O primeiro tipo de investimento seria fundamentado em inovações incrementais, enquanto o segundo tipo em inovações radicais. Diferentemente das inovações incrementais, as radicais irão demandar um grande aporte de recursos, longo período de amortização de investimentos e implicarão riscos maiores. Fica assim implícito, que um maior comprometimento do setor público será imprescindível para alavancar os altos investimentos requeridos na mudança da base energética, pois a taxa de retorno requerida não seria condizente com as taxas de mercado devido ao longo tempo do retorno financeiro (VEIGA e ISSBERNER, 2012).

Embora Tim Jackson advirta que seu modelo ainda requer aprimoramentos, ele já permite vislumbrar uma macroeconomia bem diversa. Nela, a estabilidade não é mais baseada no

aumento crescente do consumo, mas emerge a partir de investimentos estratégicos em empregos, infraestrutura social, tecnologias sustentáveis e a manutenção e proteção dos ecossistemas (JACKSON, 2009).

2.3 Ecosocialismo

Segundo Löwy (2012), a crise econômica e a crise ecológica são aspectos interligados de uma crise mais geral, a crise da civilização capitalista industrial moderna. O processo de mudança climática não resulta do excesso de população, como dizem alguns, nem da tecnologia em si. Trata-se de algo muito concreto, das consequências do processo de acumulação do capital.

É necessário pensar, portanto, em alternativas radicais, que coloquem outro horizonte histórico, das regras capitalistas de acumulação, e da lógica do lucro e da mercadoria. Uma alternativa seria o ecosocialismo, uma proposta estratégica que resulta da divergência entre a reflexão ecológica, socialista e marxista. Ao mesmo tempo, é uma reflexão crítica. Em primeiro lugar, crítica a ecologia não socialista, capitalista ou reformista, pois considera possível reformar o capitalismo ao desenvolver um crescimento mais verde, mais respeitoso ao meio ambiente. Também é uma crítica ao socialismo não ecológico ao se opor às experiências e às concepções tecnocráticas, burocráticas e não ecológicas de construção do socialismo (LÖWY, 2012).

As forças produtivas são vistas como não neutras. Elas são capitalistas em sua dinâmica e seu funcionamento e, portanto, são destruidoras da saúde do trabalhador, bem como do meio ambiente. O capitalismo teria que ser, senão destruído, ao menos radicalmente transformado. Um dos motivos seria o seu sistema produtivo funcionar com base em fontes de energia fósseis, responsáveis pelo aquecimento global de modo que um processo de transição ao socialismo só será possível quando houver a substituição dessas formas de energia pelas energias renováveis, que são a água, o vento e, sobretudo, a energia solar. Mas, não basta transformar o aparelho produtivo, é necessário transformar também todo o modo de vida em torno do consumo (LÖWY, 2012).

Uma reorganização do conjunto do modo de produção e de consumo é necessária, baseada em critérios exteriores ao mercado capitalista, nas necessidades reais da população e na defesa do equilíbrio ecológico. Isto significa uma economia de transição ao socialismo, na qual a própria população decide, em um processo de planificação democrática, as prioridades e os investimentos (LÖWY, 2012).

Capítulo 3- Indicadores de Sustentabilidade

Durante a Segunda Guerra Mundial, o Produto Interno Bruto (PIB) foi introduzido para medir a capacidade produtiva desse período bélico (COBB *et al*, 1995). Desde então, o PIB tornou-se o indicador mundial de progresso econômico mais usado. Ele é comumente utilizado por políticos, economistas, agências internacionais e mídia como parâmetro de desempenho de saúde econômica e bem-estar social de um país (TALBERTH *et al*, 2007).

O crescimento do PIB anda junto com uma pressão crescente sobre a biodiversidade, mudanças climáticas e destruição dos recursos que permitem aos homens sobreviver em áreas localizadas fora do eixo de mercado. Ou seja, o consumismo excessivo das pessoas de classe alta e média não é apenas uma ameaça para outras espécies e gerações futuras de seres humanos. Tal comportamento já está privando os pobres do acesso a uma divisão justa dos recursos e do espaço ambiental (MARTÍNEZ-ALIER, 2012).

Qualquer avaliação razoável da prosperidade tenderá a exigir não somente uma medida de desempenho econômico que supere as anacrônicas e obsoletas medidas de produto bruto. Exigirá também a utilização simultânea de mais dois indicadores: um sobre a qualidade de vida autorizada pelo desempenho econômico, e outro sobre a sustentabilidade ambiental desse processo (VEIGA e ISSBERNER, 2012).

De acordo com Castañeda (1999), discussões sobre efeitos do crescimento econômico no bem-estar social e no meio-ambiente ocorrem desde 1960. Algumas questões importantes são abordadas, tais como: se o crescimento econômico poderia contribuir para aumentar o bem-estar, e se ele seria limitado pela escassez dos recursos naturais e pelos altos níveis de poluição. Nesse sentido, economistas ligados à área de ecologia propuseram uma hipótese chamada de “*threshold hypothesis*” (MAX-NEEF, 1995), indicando que o crescimento econômico contribui para o bem-estar humano apenas até certo ponto, *threshold point*. A partir desse conceito, muitos indicadores foram construídos para medir a relação entre progresso, bem-estar e sustentabilidade, por exemplo, ISEW e GPI (*Genuine Progress Indicator*) (BEYS, 2008).

O debate científico sobre indicadores de sustentabilidade foi desencadeado pelo capítulo “*Is growth obsolete?*”, publicado em 1972 por William D. Nordhaus e James

Tobin, no quinto volume da série *Economic Research: Retrospect*, do *National Bureau of Economic Research* (NBER). Mesmo o foco do trabalho não sendo indicadores, mas sim a discussão sobre uma hipotética obsolescência do crescimento econômico, os autores não deixaram de abordar a inevitabilidade da perda de recursos naturais causada pelo progresso econômico. Entretanto, foi a questão da qualidade das medidas usadas para avaliar o crescimento da economia que teve relevância. Nordhaus e Tobin queriam demonstrar que o progresso indicado pelas medidas resultantes da contabilidade nacional, como PIB, pode se tornar inexistente ao ser comparado com medidas mais voltadas ao bem-estar social (VEIGA, 2009). Dessa forma, eles construíram o denominado MEW a partir de uma série de correções no método de cálculo do produto nacional, por exemplo, retirar componentes que não contribuem para o bem-estar.

Ao contrário de MEW, o *Index of sustainable economic welfare* (ISEW) proposto por Daly e Cobb (1989) teve grande repercussão prática ao ser calculado para muitos países, tais como: Canadá, Alemanha, Reino Unido e Escócia. Um dos problemas encontrados para o indicador é a precificação de danos ambientais, de ganhos de lazer e de trabalho doméstico ou voluntário presente em sua fórmula. Segundo Lawn (2003), o ISEW foi desenvolvido para aproximar de uma forma mais precisa o bem-estar social e a sustentabilidade do progresso econômico de um país. Para isso, foram considerados um número significativo de benefícios, e de custos sociais e ambientais, que escapam invariavelmente da valoração feita pelos mercados. Além disso, pouco esforço é destinado à realização de aprimoramentos na metodologia base desse indicador. Assim, a consolidação do índice ficou prejudicada, já que ficou reconhecido por sua fraca fundamentação teórica. Dessa forma, em 2004, o ISEW foi transformado em *Genuine Progress Indicator* (GPI), pela ONG norte-americana *Redefining Progress*, por não ser capaz de permitir a avaliação do aumento sustentável de bem-estar.

A partir de 1995, surgiram duas novas abordagens: i) índices compostos ou sintéticos, com várias dimensões; e ii) indicadores focados no grau de sobreconsumo, subinvestimento ou excessiva pressão sobre recursos. Na primeira categoria, a iniciativa de maior destaque foi a criação do *Environmental Sustainability Index* (ESI) e do *Environmental Performance Index* (EPI) pelos pesquisadores de Yale e Columbia (ESTES et al, 2005). O primeiro contém 76 variáveis que cobrem cinco dimensões enquanto o segundo é constituído pelas mesmas variáveis, mas separadas em 21 indicadores intermediários. Apesar de reunir um grande número de informações, os

indicadores são precários estatisticamente ao misturarem aspectos objetivos com os subjetivos, por exemplo, nota atribuída à qualidade das agências ambientais de um país.

Na segunda categoria, dois índices adquiriram grande visibilidade: *Adjusted Net Savings* (ANS) e *Ecological Footprint* (Pegada Ecológica). A ANS, também conhecida como poupança genuína, está voltada à avaliação de riqueza ao invés de fluxo de renda (WORLD BANK, 2006). Ela é baseada na abordagem de que a sustentabilidade precisa da manutenção de um constante estoque de riqueza formado por recursos naturais, capital físico e humano. Entretanto, o indicador possui um problema metodológico devido à dificuldade de precificação de ativos, como os de recursos naturais. Assim, seus resultados não são considerados muito persuasivos (VEIGA, 2009).

Por outro lado, o indicador *Ecological Footprint*, que será discutido mais detalhadamente ainda nesse capítulo, busca mostrar a pressão do consumo das populações humanas sobre os recursos naturais. Proposto, inicialmente, por Wackernagel e Rees (1995), permite comparar diferentes padrões de consumo e verificar se estão dentro da capacidade ecológica do planeta. Entretanto, esse indicador também possui incoerências metodológicas, por exemplo, as ponderações intrínsecas de seus componentes realizadas em sua mensuração, que atribuem maior relevância a algumas áreas em detrimento de outras.

Rockstrom *et al* (2009) inauguraram uma nova forma de abordar os problemas ambientais globais, a qual será abordada de forma mais aprofundada na sessão seguinte. Essa nova abordagem, chamada de fronteiras planetárias ou espaço de operação segura para a humanidade, aparece como um instrumento fundamental para avaliar a trajetória da governança global do ambiente e, em um sentido mais profundo, para refletir sobre o rumo civilizatório da humanidade. A tese central dos autores é a de que os humanos se tornaram o principal vetor de mudança global sistêmica, de forma que a crescente pressão antrópica sobre o planeta ameaça desestabilizar sistemas biofísicos críticos, com consequências deletérias ou mesmo catastróficas para o nosso bem-estar (VIOLA e FRANCHINI, 2012).

Em Young (2011), exercícios analíticos são realizados para estudar o impacto de um “esverdeamento” da economia brasileira. A partir de resultados de um modelo insumo-produto, o autor chega à conclusão de que uma abordagem mais verde da economia brasileira pode trazer resultados melhores para a geração de emprego e renda do que o atual modelo de especialização em exportações de recursos naturais explorados

predatoriamente ou de bens industriais com elevado grau de poluição em seus processos produtivos.

Para Veiga e Issberner (2012), a medida de desempenho econômico que tenderá a substituir o PIB será a da “renda real líquida disponível por domicílio”, algo que ainda nem pode ser bem calculado pelas mais sofisticadas agências de estatísticas dos países centrais. Essa foi uma das principais recomendações do relatório produzido pela Comissão Stiglitz-Sen-Fitoussi (2009), formada, em 2008, pelo ex-presidente da França, Nicholas Sarkozy, em resposta aos crescentes receios sobre a eficácia das atuais medidas de desempenho econômico, em particular, àquelas relacionadas ao PIB . Assim, essa comissão internacional teve como objetivo alinhar os indicadores de bem-estar social que realmente contribuem para a qualidade de vida (STIGLITZ *et al*, 2010).

3.1 Fronteiras Ecológicas

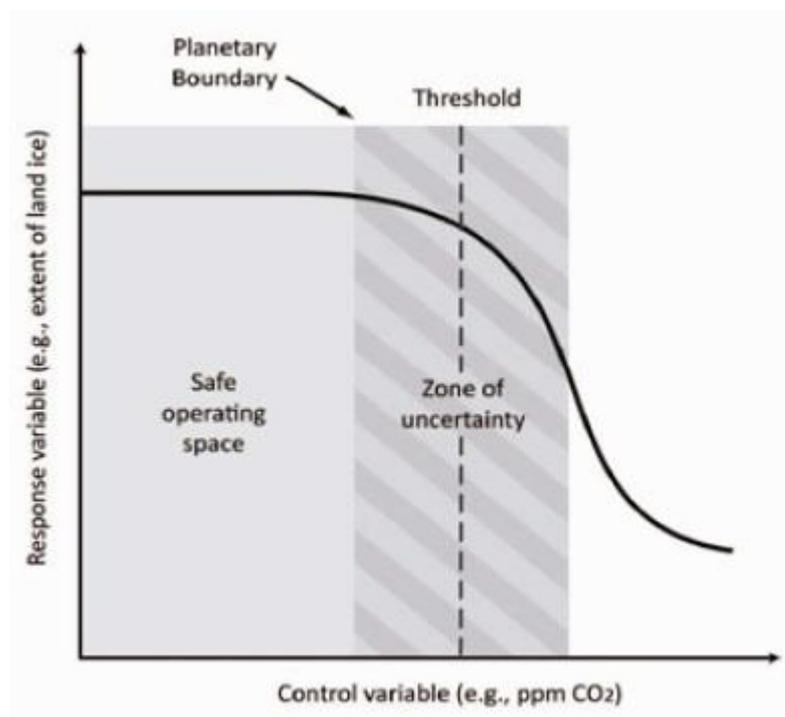
Rockström *et al* (2009) propõem uma nova abordagem para a sustentabilidade global, em que são definidas fronteiras ecológicas onde a humanidade pode operar de maneira segura. Ultrapassar um ou mais desses limites pode ser prejudicial ou até catastrófico devido ao risco de desencadear uma mudança não linear e abrupta em escala planetária. Os autores conseguiram identificar nove fronteiras e quantificar sete delas por meio de conhecimento científico: i) mudança climática; ii) acidificação dos oceanos; iii) camada de ozônio; iv) ciclo do nitrogênio; v) ciclo do fósforo; vi) uso de água potável; vii) mudança do uso da terra; viii) quantidade de aerossol na atmosfera; e ix) poluição química, sendo que esses dois últimos ainda não foram quantificados. Além disso, eles estimam que a humanidade já ultrapassou três desses limites (perda de biodiversidade, ciclo de nitrogênio e mudanças climáticas), o que traz à tona um perigo iminente para a humanidade, pois as fronteiras ecológicas são, de acordo com Rockström *et al* (2009), interdependentes, assim, transgredir uma pode resultar impactos negativos em outras, levando-as a também serem ultrapassadas.

Os autores fizeram um primeiro esforço para identificar os processos chaves do sistema terrestre e tentar quantificar, para cada processo, limites máximos que não poderiam ser transgredidos na busca de evitar mudanças globais drásticas do meio ambiente. Até o momento, a ciência apenas forneceu advertências sobre o risco de ultrapassar limiares das mudanças climáticas e da camada de ozônio. Entretanto, devido à pressão do crescimento da população sobre o planeta, é necessário dar atenção para outros processos biofísicos significantes para o funcionamento de subsistemas da Terra

(HOLLING, 1973) e do sistema terrestre como um todo. A erosão desses mecanismos se manifesta quando longos períodos de aparentes condições estáveis são seguidos de tempos de abruptas e não-lineares mudanças refletidas em transições críticas de um domínio estável para outro em que fronteiras são ultrapassadas (SCHEFFER *et al*, 2001).

Entretanto, há muita incerteza referente à mensuração de cada fronteira devido à falta de conhecimento científico sobre a natureza dos limites biofísicos, do complexo comportamento dos sistemas, da maneira como outros processos biofísicos interagem com a variável de controle, e do tempo permitido de ultrapassagem de uma variável crítica no sistema terrestre antes de o limite máximo ser realmente transgredido. Diante disso, Rockström *et al* (2009) definem certos intervalos para corresponder a zonas de incerteza que devem ser levadas em consideração na análise das fronteiras, como pode ser visto na Figura 2. Cada fronteira proposta assume que nenhuma outra foi transgredida.

Figura 2: Representação de intervalos de incerteza para a mensuração de fronteiras ecológicas



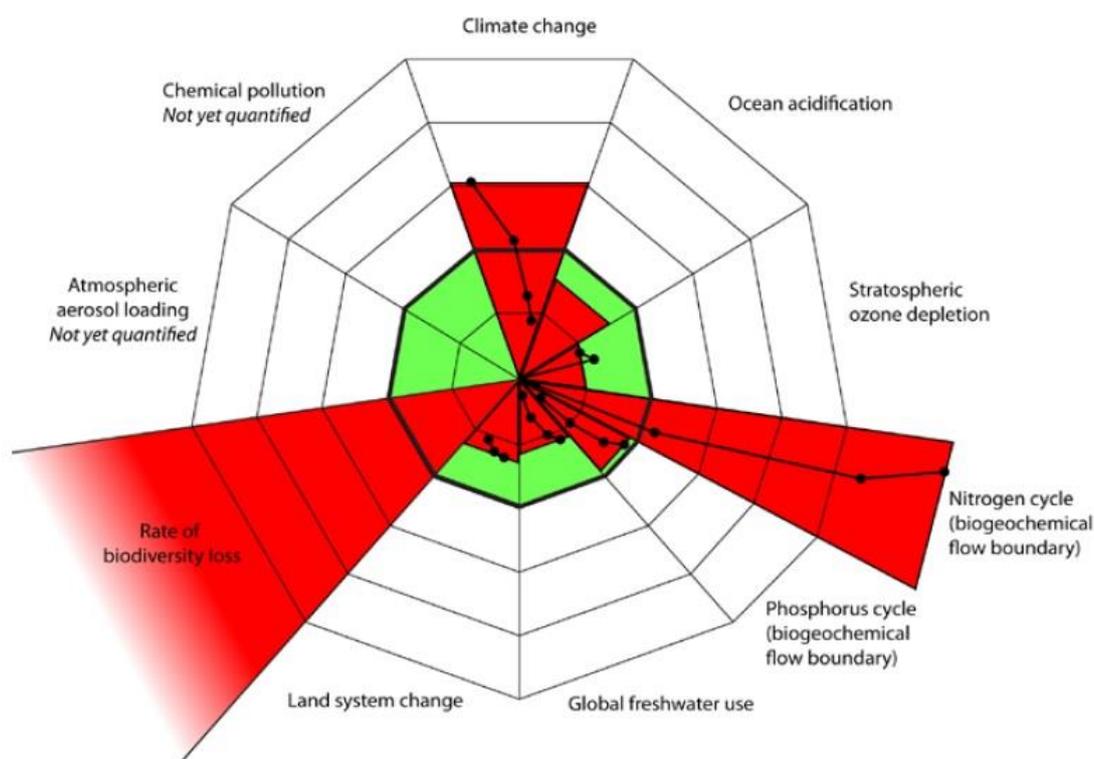
Fonte: Rockström *et al* (2009)

A abordagem das fronteiras planetárias é baseada em três métodos científicos. O primeiro aborda a escala de ação humana em relação à capacidade da Terra de suportá-

la, o que é uma ferramenta significativa da agenda de pesquisa da economia ecológica orquestrada para trabalhar no essencial papel de equilibrar a preservação da natureza com a manutenção do bem-estar social e da expansão da economia (COSTANZA, 1991). O segundo trata de trabalhos que buscam entender os processos essenciais do planeta Terra, que permitem seu equilíbrio, incluindo pesquisas da evolução das mudanças globais e de desenvolvimento sustentável (CLARK & DICKSON, 2003). Por último, há a abordagem de resiliência e sua relação com complexos dinâmicos e autorregulação dos sistemas, enfatizando efeitos causados pela transgressão dos limiares globais.

Pela Figura 3, é possível notar as estimativas da evolução quantitativa para as variáveis de controle de sete fronteiras ecológicas de níveis pré-industriais até o atual. A parte verde significa o intervalo em que é seguro a humanidade operar, sendo a fronteira representada pela linha em negrito. A extensão da clivagem de cada limite mostra a estimativa da posição atual de cada variável de controle. Os pontos e a parte vermelha correspondem à trajetória de cada uma no período de 1950 até 2008.

Figura 3: Fronteiras Ecológicas



Fonte: Rockström *et al* (2009).

Dessa forma, a teoria construída por Rockström *et al* (2009) não oferece um guia para se alcançar o desenvolvimento sustentável, mas apenas fornece o primeiro passo para identificar as fronteiras biofísicas em escala planetária sem as quais a humanidade não teria a flexibilidade de escolher uma miríade de caminhos para a obtenção de bem-estar social e desenvolvimento.

3.2 Pegada Ecológica

Por biocapacidade, entende-se a capacidade dos ecossistemas de produzir materiais biológicos úteis e absorver rejeitos gerados pelas populações humanas. De acordo com os atuais padrões tecnológicos e de manejo, desde os anos 1970, essa biocapacidade foi globalmente ultrapassada pela quantidade de terra e de água biologicamente produtivas, requeridas para produzir tudo que é consumido pelos humanos e para absorver seus rejeitos, também de acordo com as usuais tecnologias e práticas de manejo. A ideia de chamar essa pressão sobre biocapacidade de “pegada” surgiu no início dos anos 1990, durante o processo de elaboração de tese de doutorado sobre planejamento urbano sustentável, defendida em 1994 por Mathis Wackernagel, sob a orientação de William Rees (VEIGA, 2013).

De acordo com Veiga (2013), a proposta inicial era calcular qual seria a “apropriada capacidade de carga” de áreas urbanizadas. Logo, a ideia saltou para o âmbito incomparavelmente mais amplo de estimar o impacto humano sobre o planeta Terra, como diz o subtítulo do livro que a dupla lançou em 1996, dando origem à dinâmica Rede Global da Pegada (GFN, Global Footprint Network).

A pegada ecológica pode ser considerada uma ferramenta de mensuração com uma base biofísica e termodinâmica, fornecendo um montante de área de produção biológica direta e indiretamente necessária para proporcionar a energia e o fluxo de recursos usados e para assimilar o lixo gerado pela demanda do ser humano. Essa abordagem não é capaz de responder a todas as questões sobre sustentabilidade, mas proporciona uma contabilidade dos fluxos e da utilização excessiva dos recursos pela humanidade. O desequilíbrio entre demanda por recursos pelos seres humanos e capacidade da natureza de produzir é uma parte do problema da sustentabilidade, e a pegada ecológica pode responder à questão principal sobre quantopoder de regeneração da Terra consegue acompanhar a procura do ser humano por recursos naturais (BASTIOANONI *et al*,2013).

Devido às limitações de base de dados, a pegada ecológica nacional considera apenas emissões de dióxido de carbono gerados por queima de combustível fóssil vistos como dejetos convertido em áreas florestais equivalentes necessárias para remover o excesso de CO₂ da atmosfera, dada a taxa de sequestro da floresta. Outros fluxos de resíduos podem ser incluídos se a base estiver disponível (BASTIOANONI *et al*,2013).

Assim, a pegada ecológica de uma nação, EF_N , é uma função do número de habitantes, Pop , e da pegada do consumo de cada pessoa, $EF_{C,i}$, associada ao i^{th} produto e resíduo:

$$EF_N = Pop * \sum_{i=1}^n EF_{C,i} \quad (1)$$

onde a pegada *per capita* do consumo é a soma das pegadas *per capita* da produção ($EF_{P,i}$) e importações ($EF_{I,i}$) menos a pegada das exportações ($EF_{E,i}$) para o i^{th} produto ou resíduo:

$$EF_{C,i} = EF_{P,i} + EF_{I,i} - EF_{E,i} \quad (2)$$

Da equação, pode ser concluído que a pegada ecológica de uma população é a função de quatro fatores principais: i) o número de habitantes; ii) a média do padrão de vida; iii) a média da produtividade da terra e da água do ecossistema; e iv) a eficiência de extrair, processar e usar (BASTIOANONI *et al*,2013).

Biocapacidade é uma medida agregada do montante de terras bioprodutivas disponíveis ponderada por sua produtividade. E representa a habilidade da biosfera de produzir plantações, pastos, produtos de madeira e peixes, assim como, de absorver carbono por meio de florestas. Para Bastioanoni *et al* (2013), a biocapacidade pode ser calculada da seguinte forma:

$$BC_N = \sum_{j=1}^6 A_{N,j} * YF_{N,j} * EQF_j \quad (3)$$

onde $A_{N,j}$ representa a área bioprodutiva expressa em hectares da nação específica que está disponível.

Ainda segundo Bastioanoni *et al* (2013), a pegada ecológica de um lugar pode ser diretamente comparada com a biocapacidade da área, onde a população reside, da mesma forma que é feito para gastos e renda em termos financeiros. O resultado, chamado de

balanço de biocapacidade, em termos líquidos, revela em qual situação o modo de vida das pessoas está com relação aos recursos disponíveis na área em que habitam.

A Pegada Ecológica e a biocapacidade são expressas em uma unidade padronizada, hectares globais (gha), que representa um hectare com relação a uma média global de produtividade biológica. Essa medida é normalizada, assim a quantidade de hectares de terras e oceanos biologicamente produtivos no planeta é igual ao montante em escala mundial em cada ano. Devido ao comércio internacional e a dispersão do dióxido de carbono, áreas demandadas podem ser fisicamente localizadas em qualquer lugar do mundo. Assim, uma unidade global possibilita a comparação entre a demanda ecológica dos países e dos produtos em escala mundial (BASTIOANONI *et al*, 2013).

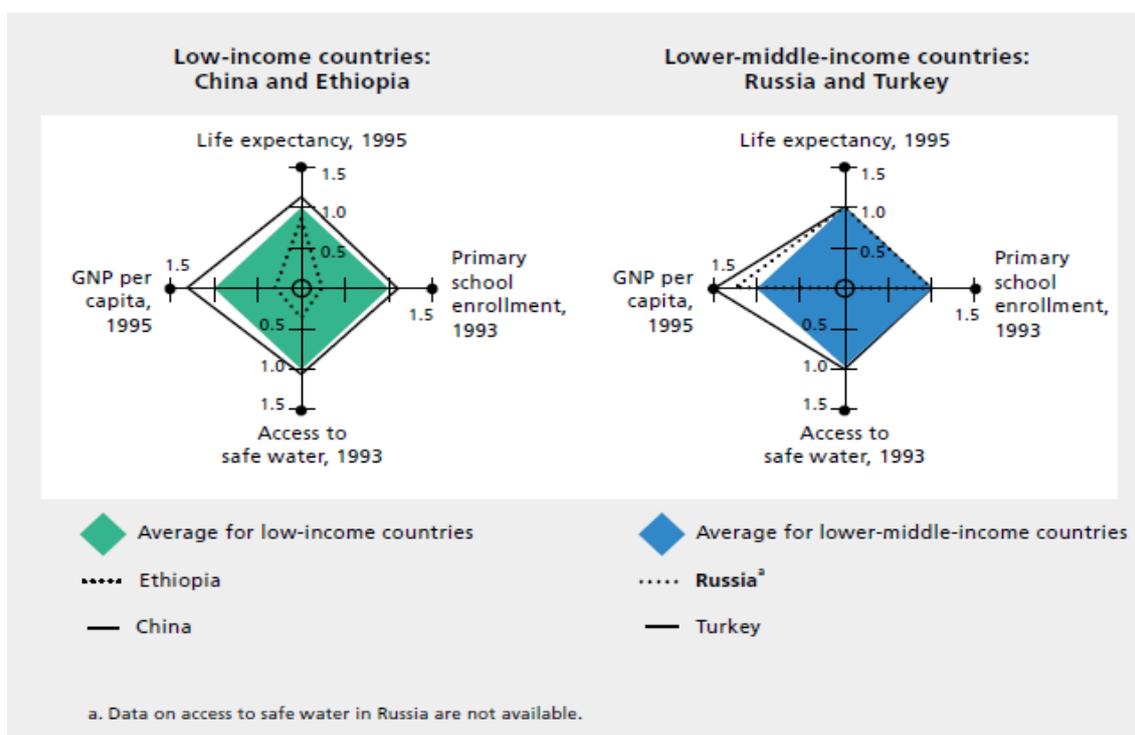
Dessa forma, ao considerar uma grande quantidade de atividades humanas, a pegada ecológica é capaz de monitorar o impacto combinado de pressões antropogênicas, que são mais comumente avaliadas de maneira individual. Isso pode ser usado para entender, de diferentes ângulos, as consequências das atividades humanas no meio ambiente. O principal ponto dessa metodologia é a sua habilidade de explicar, em termos simples, o conceito de limites ecológicos, ajudando a proteger a capacidade da biosfera, no longo prazo, de suportar a humanidade e entender como as questões relacionadas aos recursos naturais estão ligadas aos problemas sociais e econômicos (BASTIOANONI *et al*, 2013).

Capítulo 4 – Triângulo Mágico: *Green Economy Index*

Segundo um trabalho desenvolvido pelo *World Bank*, chamado *Beyond Economic Growth* de 2000, pesquisadores da instituição utilizam o chamado *development diamond* (diamantes de desenvolvimento) para descrever as relações entre quatro indicadores socioeconômicos para um dado país relativo às médias do grupo de países com o mesmo nível de renda. São considerados quatro tipos de renda: baixa, baixa-média, média-alta e alta.

Expectativa de vida ao nascer, acesso à água potável, taxa bruta de matrículas, e PIB *per capita* estão presentes, um em cada eixo, então conectados com uma linha em negrito para formar um polígono, como, por exemplo, na Figura 1. A forma desse “diamante” pode facilmente ser comparada com um diamante referencial, o qual representa a média dos indicadores dos grupos de países, cada um indexado em 100 % e pode ser visto nos diamantes verde e azul da figura. Qualquer ponto fora do diamante de referência mostra que o desempenho está melhor do que o da média dos países com a mesma renda, enquanto que qualquer ponto dentro sinaliza que o país está atuando abaixo do esperado.

Figura 4: Diamante de Desempenho



Fonte: World Bank (2000).

É possível notar na Figura 4 que os diamantes de desenvolvimento para China e Etiópia, e para Rússia e Turquia foram construídos usando índices baseados na média dos indicadores para os dois grupos diferentes de países, baixa renda e baixa-média renda. Esse método torna impossível comparar visualmente os desempenhos dos dois pares de países, o que é uma das desvantagens da metodologia. Ou seja, não permite a comparação entre países de diferentes níveis de renda (WORLD BANK, 2000).

Em busca de contribuir nessa área de mensuração por meio de indicadores multi-variados, o uso do Quadrado Mágico de inspiração kaldoriana surge como um adequado instrumento analítico, pois permite a comparação de resultados entre países de diferentes níveis de desenvolvimento. Ele permite o estudo de diversas variáveis simultaneamente e uma comparação mais direta do desempenho socioeconômico e ambiental na questão de desenvolvimento sustentável.

A ideia de avaliar e comparar performances econômicas de países surgiu em um artigo seminal de Kaldor (1971), em que o autor estudou o desempenho macroeconômico do Reino Unido. A análise foi realizada através de quatro variáveis (inflação, balanço de pagamentos, desemprego e renda), porém não possuía fundamentos matemáticos nem diagramas. Tendo isso em vista, Karl Schiller introduziu uma representação gráfica das ideias de Kaldor ao longo da década de 1970, a qual foi aplicada por pesquisadores da OCDE. Esse diagrama foi chamado de “Quadrado Mágico”. Essa visão geométrica foi estendida por Medrano-B e Teixeira (2013) ao possibilitarem uma avaliação numérica da área da figura, o que antes não podia ser feito devido às diferentes unidades dimensionais das variáveis. A partir dessa nova possibilidade de análise, o indicador de bem-estar social foi introduzido pelos dois autores.

Entretanto, o uso do “Quadrado Mágico” como instrumento analítico não fica limitado a macroeconomia. O índice pode favorecer diferentes interpretações, dependendo das variáveis escolhidas para compô-lo. Essa teoria foi testada no artigo de Teixeira, Pinheiro e Vilasboas (2015). Tal instrumento foi utilizado para comparar a performance da China e dos EUA em relação a um desenvolvimento sustentável. As variáveis escolhidas pelos mencionados autores foram: emissão de CO₂, acesso à saneamento básico, IDH e porcentagem de recursos renováveis na matriz energética.

O índice proposto por Medrano e Teixeira (2013) a partir do Quadrado Mágico é baseado no país ideal (*wonderland*). Esse conceito é construído por meio de intervalos que estabelecem valores de máximo e de mínimo para cada variável. Nesse sentido, quanto maior a área do país no quadrado mágico, melhor serão os resultados obtidos e

mais perto estará o país em relação ao desempenho ideal. Como mencionado por Alouini (2012), é muito difícil para uma nação alcançar um bom resultado em todos os parâmetros presentes na figura geométrica. Dessa forma, a definição de um país ideal, mesmo sendo um ótimo critério quantitativo de comparação, é difícil de ser alcançado.

Em um recente trabalho de Saavedra-Rivano & Teixeira (2016), foi observado um problema na ordenação das variáveis, que, caso alteradas, podem gerar diferentes resultados para o índice. Os autores propuseram uma solução por meio do “Hípercubo Mágico”. Nessa abordagem, são utilizadas quatro variáveis. Entretanto, como a figura geométrica escolhida possui mais de três dimensões, sua representação gráfica torna-se difícil.

Devido a essas limitações, no presente trabalho, foi escolhida uma forma alternativa para calcular o índice denominada Triângulo Mágico. Nessa nova forma geométrica, optou-se por apenas três variáveis, o que torna os resultados do índice indiferentes a sua ordenação, pois fornece um valor único para o indicador, como demonstrado em Saavedra-Rivano & Teixeira (2016). A escolha de uma figura simples, o triângulo, acarretou também um ganho gráfico, uma vez que sua análise é quase intuitiva.

4.1 Formalização do Triângulo Mágico

Nesse sentido, para avaliar o grau de evolução de uma economia de baixo carbono no Brasil ao longo dos últimos anos, é proposto um índice denominado *green economy index*. De acordo com o estudo *The Brazilian Financial System and the Green Economy* (2014) realizado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) e pela Federação Brasileira de Bancos (FEBRABAN), o desenvolvimento sustentável é definido por três aspectos principais: o econômico, o ambiental e o social. Em suma, um sistema sustentável economicamente deve ser capaz de continuar produzindo produtos e serviços ao mesmo tempo em que mantém uma base estável de recursos, evitando a degradação ambiental, e estabelece uma distribuição justa de renda e oportunidades.

A economia verde surge como a base do desenvolvimento sustentável ao ser capaz de alinhar esses três aspectos em um mesmo contexto. Ela é caracterizada por ser de baixo carbono, eficiente na utilização de recursos, tanto econômicos quanto ambientais, e socialmente inclusiva. Como a forma de representação dessas características pode variar, por exemplo, uma economia de baixo carbono pode ser medida por meio da emissão de

gás carbônico por habitante ou, simplesmente, das inovações tecnológica capazes de diminuir a poluição, foi escolhida uma *proxy* para cada aspecto mencionado. A emissão de CO₂ representará o aspecto de baixo carbono, enquanto a quantidade de recursos renováveis presentes na matriz energética será uma *proxy* do uso eficiente de recursos. Por último, a evolução da renda *per capita* representará a parte social.

Em busca de estabelecer o *green economy index* por meio do cálculo da área do Triângulo, e uma análise gráfica correta, foi necessário normalizar as unidades das variáveis escolhidas, pois cada uma delas possui uma dimensão diferente. A normalização consistiu em padronizar todas as variáveis (eixos) a uma só unidade para, a partir disso, ser possível calcular a área do gráfico formado pela interação entre as variáveis escolhidas. Dados do Brasil referentes aos períodos de 2000-2007 e 2008-2014 foram utilizados para estabelecer os valores de mínimo e máximo da renda per capita (γ), emissão de CO₂ (τ) e a oferta de energia renovável (φ).

A base de dados utilizada nesse trabalho foi obtida através do *database* do IBGE, do Balanço Energético Nacional pela Empresa de Pesquisa em Energia e da Tabela Geral de Emissões da ONG Observatório do Clima. A taxa de crescimento da renda per capita (γ) foi considerada com base em preços constantes. Para todas as variáveis, foi calculada a média da taxa de crescimento baseada nos valores absolutos disponíveis nas bases de dados. A Tabela 1 apresenta os referidos dados.

Tabela 1- Taxa de variação das Variáveis Verdes (%)

Período	Renda <i>per capita</i> (γ)	Emissão de CO ₂ (τ)	Oferta de Energia Renovável (φ)
2001-07	10,96	-1,33	1,68
2008-14	9,64	-2,31	-2,01

Fonte: IBGE, Empresa de Pesquisa em Energia, Observatório do Clima.

Para normalizar as variáveis, foi necessário estabelecer limites de variação para os parâmetros individualmente. Os intervalos foram definidos segundo a análise da série histórica brasileira de cada variável presente na Tabela 1, na qual percebe-se que os valores ficaram todos entre -1 e 1, como mostrado na seguinte expressão:

$$-1 \leq \gamma \leq 1; \quad -1 \leq \tau \leq 1; \quad -1 \leq \varphi \leq 1. \quad (4)$$

Em busca de simplificação, foi definido que o índice variaria entre -1 e 1, de modo que a seleção de uma constante numérica, escolhida arbitrariamente, poderia normalizar a unidade da área. Como o processo de normalização requer uma transformação das expressões em (4), então os novos limites são:

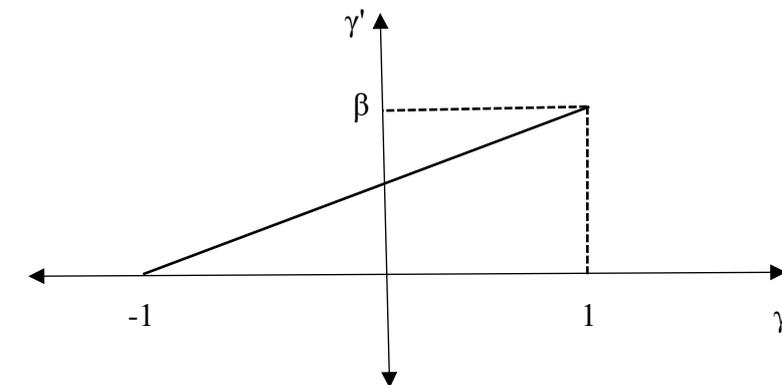
$$0 \leq \gamma' \leq \beta; \quad 0 \leq \tau' \leq \beta; \quad 0 \leq \varphi' \leq \beta. \quad (5)$$

O processo de normalização foi baseado na transformação linear proposta por Medrano-B e Teixeira (2013). Dessa forma, é possível descrever o desempenho de cada variável através de uma função linear da reta obtidas da seguinte forma:

$$\begin{array}{l} \gamma \quad -1 \text{ |-----| } 1 \\ \gamma' \quad 0 \text{ |-----| } \beta \end{array} \quad (6)$$

De acordo com a Figura 4, conclui-se que qualquer ponto no eixo γ' corresponde a um ponto no eixo γ .

Figura 4: Processo de Normalização



Fonte: a autora.

Assim, a equação da reta para renda *per capita* é:

$$\gamma' = \frac{\beta(\gamma + 1)}{2} \quad (7)$$

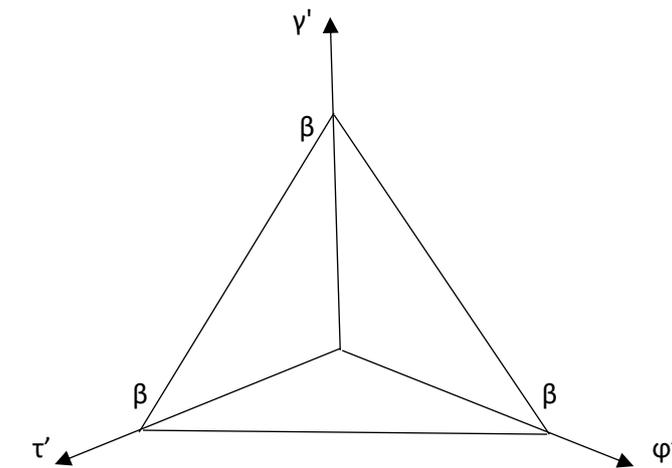
Pelo mesmo processo, são obtidas as outras equações:

$$\tau' = \frac{\beta (1 - \tau)}{2} \quad (8)$$

$$\varphi' = \frac{\beta (\varphi + 1)}{2} \quad (9)$$

Após o processo de normalização, todas as variáveis são expressas na mesma unidade. Assim, é possível mensurar a área do Triângulo Mágico definida, como pode ser percebido pela Figura 5.

Figura 5: Área do Triângulo Mágico



Fonte: a autora.

A área do triângulo, a qual será denominada ($A'w$), na Figura 5, representa o índice de um país ideal. Supondo que a relação de um eixo com outro, por exemplo, γ' e τ' , formam triângulos equiláteros, pode-se calcular $A'w$ da seguinte forma:

$$A'w = 3 x \frac{h \beta}{2} \quad (10)$$

onde h é a altura e β é o lado da Figura 5.

Sabendo que a altura do triângulo equilátero é dada por $h = \frac{\beta\sqrt{3}}{2}$ e considerando o valor máximo ideal para $A'w$, que foi determinado ser igual 1, encontra-se:

$$\begin{aligned} A'w &= 1 \\ 3 \times \frac{h \beta}{2} &= 1 \\ \frac{3 \times \beta^2 \sqrt{3}}{4} &= 1 \\ \beta^2 &= \frac{4}{3 \times \sqrt{3}} \times \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}} \end{aligned}$$

Dessa forma,

$$\beta^2 = \frac{4\sqrt{3}}{9}$$

Ao utilizar a mesma abordagem para a área geométrica de um triângulo constituído pelos valores reais de uma economia, chamada de A' , o desempenho de um país hipotético pode ser calculado a partir dos valores normalizados de cada variável encontrados em (7) a (9). :

$$A' = \frac{\sqrt{3}}{4} (\gamma'\tau' + \tau'\varphi' + \varphi'\gamma') \quad (11)$$

sendo que $0 \leq A' \leq 1$. Assim, o índice proposto teria a mesma interpretação de indicadores atuais consolidados, como o IDH (Índice de Desenvolvimento Humano), no qual o melhor desempenho é 1, e o pior 0.

CAPÍTULO 5 – Aplicação do *Green Economy Index* para o Brasil

O objetivo desse capítulo é aplicar o método do Triângulo Mágico para calcular o *green economy index* para o Brasil. Primeiramente, as variáveis escolhidas foram normalizadas com base nos valores da Tabela 1 e nas expressões (7) a (9). Os resultados são apresentados nas Tabelas 2 e 3 abaixo.

Tabela 2- Variáveis normalizadas

Período	Renda <i>per capita</i> (γ)	Emissão de CO2 (τ)	Oferta de Energia Renovável (φ)	Ideal
2001-07	0,487	0,445	0,446	0,877
2008-14	0,481	0,449	0,430	0,877

Fonte: a autora.

Com os dados contidos na Tabela 2, pode-se calcular a área do Triângulo Mágico, o que corresponde ao valor do *green economy index* brasileiro.

Tabela 3- *Green Economy Index* (Brasil)

Período	<i>Green Economy Index</i>	Ideal
2001-07	0,274	1,000
2008-14	0,267	1,000

Fonte: a autora.

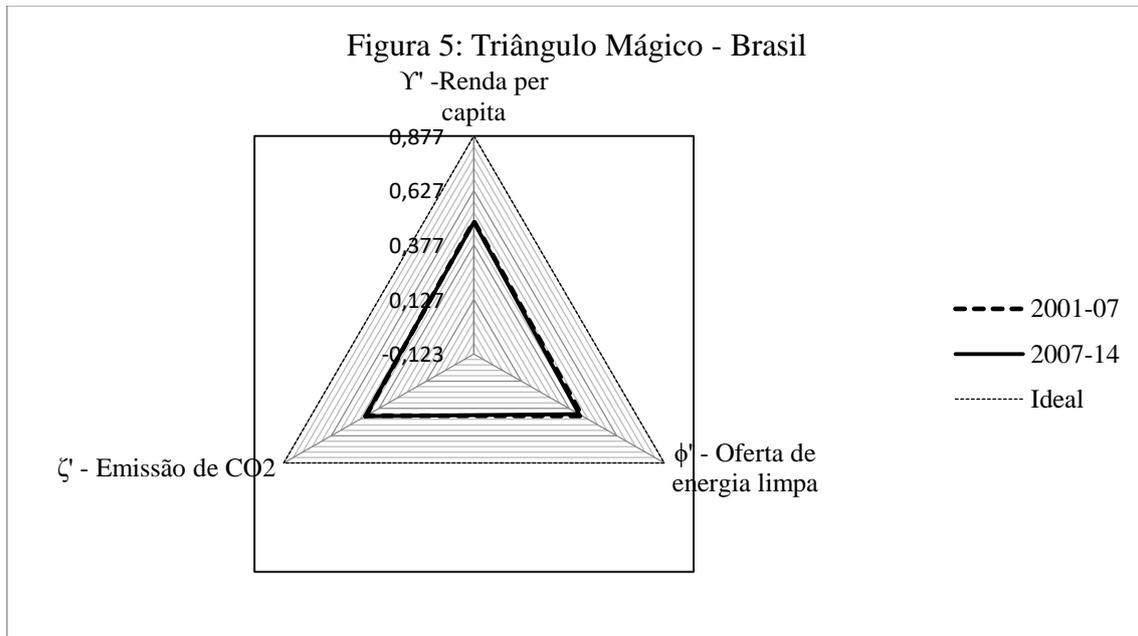
Como os resultados de cada ano do índice dependem daqueles alcançados anteriormente, a fórmula geométrica para a taxa de variação foi considerada:

$$taxa\ de\ varia\c{c}\tilde{a}\tilde{o} = 100 \cdot \left(\sqrt[n]{\frac{green\ index_{2008}^{2014}}{green\ index_{2001}^{2007}}} - 1 \right) \quad (12)$$

Portanto, a taxa de variação anual para o período estudado é:

$$\text{taxa de variação} = 100 \cdot \left(\sqrt[7]{\frac{0,267}{0,274}} - 1 \right) = -0,370\%$$

Na Figura 5, o Triângulo Mágico foi utilizado para visualizar os resultados obtidos.



Fonte: a autora.

. Entretanto, como os desempenhos nos períodos foram muito próximos, os triângulos da representação gráfica estão sobrepostos.

5.1 Índice de Gini como pilar social

Segundo Kuznets (1934), o PIB não pode ser visto como uma medida de bem-estar. Esse indicador de crescimento apenas registra o montante de produtos e serviços produzidos e vendidos, sem distinção entre transações que melhoram o bem-estar da população e aquelas que o pioram. Ao invés de separar os custos dos benefícios, atividades produtivas das destrutivas, ou as sustentáveis das insustentáveis, o PIB simplesmente assume que toda transação monetária aumenta o bem-estar por definição.

Em busca de averiguar se o PIB *per capita* como proxy de pilar social poderia prejudicar o resultado do índice calculado, foi escolhida outra variável para representa-

lo: o índice de Gini⁴. A sua média da taxa de variação dos dados reais para os períodos 2001-2007 e 2008-2014 em relação ao Brasil consta na Tabela 4.

Tabela 4- Índice de Gini:
Brasil (%)

Período	Índice de Gini (γ)
2001-07	-0,009
2008-14	-0,010

Fonte: Banco Mundial

Após o processo de normalização, foram obtidos os valores presentes na Tabela 5 para o índice de Gini brasileiro.

Tabela 5- Índice de Gini
(Valores Normalizados)

Período	Índice de Gini (γ)	Ideal
2001-07	0,443	0,877
2008-14	0,443	0,877

Fonte: a autora.

Por meio dos dados contidos na Tabela 2 e na Tabela 5, pôde-se calcular o novo valor do *green economy index* brasileiro para os dois períodos.

Tabela 6- *Green Economy Index* com Índice de Gini

Período	<i>Green Economy Index</i>	Ideal
2001-07	0,257	1,000
2008-14	0,252	1,000

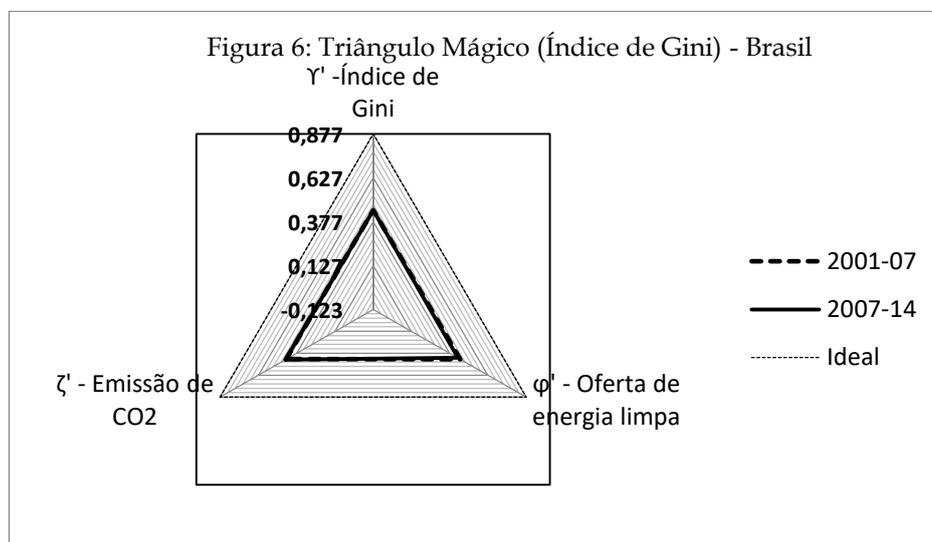
Fonte: a autora.

⁴ O índice de Gini consiste em um número entre 0 e 1, onde 0 corresponde à completa igualdade de renda (onde todos têm a mesma renda) e 1 corresponde à completa desigualdade (onde uma pessoa tem toda a renda, e as demais nada têm). A construção do coeficiente de Gini é baseada na “Curva de Lorenz” (HOFFMANN, 2009).

A taxa de variação do indicador de economia verde para o Brasil ao considerar o índice de Gini é:

$$taxa\ de\ variação = 100 \cdot \left(\sqrt[7]{\frac{0,252}{0,257}} - 1 \right) = -0,252\%$$

É possível notar que a diferença entre os dois resultados obtidos é relativamente insignificante ao mostrarem que o Brasil se encontra em um momento de estagnação com tendência à baixa. Dessa forma, para o caso brasileiro, o PIB *per capita* pode ser visto como uma boa *proxy* para o pilar social da sustentabilidade. O Triângulo Mágico obtido poder ser visto na Figura 6.



5.2 Hipercubo

Uma outra maneira de analisar os resultados alcançados na versão principal do *green economy index*, a qual utiliza o PIB *per capita*, seria o método adotado em Saavedra-Rivano & Teixeira (2016), denominado Hipercubo. Diferentemente da proposta do artigo, os autores optaram por resolver o problema de ordenação do Quadrado Mágico por meio da implementação do volume de um hipercubo, pois a fórmula comporta qualquer número de variáveis, sendo o mínimo três.

Nota-se que, ao estipular três pilares, como é o caso do índice calculado no presente trabalho, o volume de um cubo é obtido. Como apenas a taxa de variação do resultado entre os períodos é analisada, é possível comparar os valores encontrados pelas

duas metodologias, não importando que o Triângulo seja a mensuração de uma área e o Hipercubo de um volume. Dessa forma, a seguinte equação é utilizada para o cálculo do *green economy index*:

$$V = z^3 \quad (13)$$

sendo z a aresta do cubo, que corresponde ao valor de cada variável. Nesse método, também é utilizado o conceito de “país ideal”, em que todos os componentes teriam a mesma quantidade quando normalizados. Além disso, é preciso ressaltar que V varia entre 0 e 1, assim como o Triângulo Mágico.

Tabela 7- Green Economy Index (Hipercubo)

Período	<i>Green Economy Index</i>	Ideal
2001-07	0,143	1,000
2008-14	0,137	1,000

Fonte: a autora.

A partir dos valores presentes na Tabela 7, é possível calcular a taxa de variação entre os períodos por meio de (12):

$$taxa\ de\ variação = 100 \cdot \left(\sqrt[7]{\frac{0,137}{0,143}} - 1 \right) = -0,559 \%$$

Ao comparar os resultados obtidos entre o Hipercubo e o Triângulo Mágico, sendo que os dois utilizam como *proxy* do pilar social o PIB *per capita*, percebe-se que ambos mostram uma queda relativa no desempenho do Brasil rumo a uma economia mais sustentável, denotando uma certa estagnação do país nos últimos anos em medidas mais verdes.

5.3 Análise de Resultados

Segundo Jackson (2009, p. 215), em uma economia sustentável ambientalmente, “a estabilidade não é mais baseada no aumento crescente do consumo, mas emerge a partir de investimentos estratégicos em empregos, infraestrutura social, tecnologias sustentáveis, e a manutenção e a proteção dos ecossistemas.”.

No Brasil, os atuais investimentos em energia previstos no Plano de Aceleração do Crescimento (PAC) tomam a contramão dessa proposta. É inquestionável a necessidade de que a economia brasileira cresça. O que exige muitas obras de infraestrutura, não só no setor energético. O que está em questão, contudo, são as escolhas dos investimentos em energia (VEIGA e ISSBERNER, 2012).

Segundo Viola e Basso (2015), a matriz energética brasileira é relativamente de baixo carbono quando comparada com a de outros países. Em 2012, 46% do total da produção de energia primária veio de recursos de baixo carbono, que é um número elevado, uma vez que 76,9% da oferta de eletricidade brasileira vem de hidroelétricas. Entretanto, o país poderia ter resultados melhores. Com um largo território localizado em clima tropical e subtropical, baixo relevo, e grandes bacias hidrográficas, o Brasil possui um enorme potencial para desenvolver energia renovável. De fato, considerando a tecnologia disponível atual, esse potencial é um dos maiores do mundo.

Em anos recentes, recursos de baixo carbono reduziram sua parcela na matriz energética do Brasil. Enquanto o total de energia produzida e ofertada cresceu em torno de 40% aproximadamente entre 2003 e 2012, a de recursos naturais cresceu entre 36% e 37% durante o mesmo período. Assim, o aumento da parcela de recursos não-renováveis na matriz brasileira foi um dos retrocessos da década. Os outros são relacionados com eficiência energética. Devido ao intervalo de tempo requerido para pesquisa e desenvolvimento de recursos de baixo carbono, e a necessidade intrínseca de redução do consumo de energia como forma de assimilar um modo de vida mais sustentável ao meio ambiente, investir em eficiência energética é a opção mais racional para se atingir uma economia verde (VIOLA & BASSO, 2015).

Outro fator que aumentou a participação de energia fóssil na matriz está ligado à crise hídrica iniciada em meados de 2012. Os principais reservatórios do país já estiveram abaixo do volume morto⁵ em alguns períodos, devido à falta de chuva. Agravando a situação, essa diminuição da oferta de energia foi acompanhada, concomitantemente, por um aumento da demanda por parte da população (ANA, 2014). A crise hídrica levou o governo a recorrer a usinas termelétricas a base de gás e carvão, que são mais poluentes do que as usinas hidrelétricas.

⁵ O volume morto é um reservatório com 400 milhões de metros cúbicos de água situado abaixo das comportas das represas do Sistema Cantareira, por exemplo. Conhecida também como reserva técnica, essa água não costuma ser utilizada para atender à população.

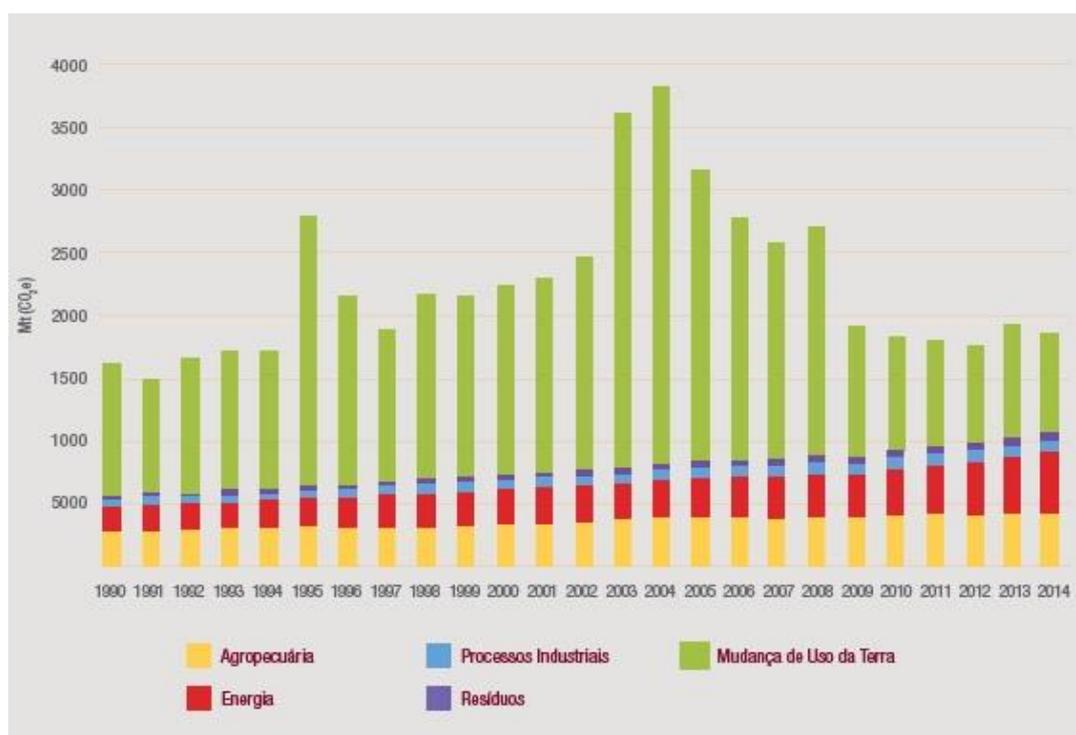
Entre 2003 e 2010, a economia brasileira cresceu a uma taxa de 3,5% por ano, um valor um pouco acima da média mundial, mas menor do que o de outros países emergentes. De 2011 a 2014, o crescimento diminuiu em 1,7% por ano, que é menor do que a média da economia de outros países. O crescimento de 2003-2014 teve suas causas em três fatores: i) mudança substancial dos preços relativos de produtos industrializados e commodities, favorecendo o último; ii) efeitos positivos das reformas econômicas implementadas na segunda metade de 1990; e iii) altas taxas de investimento direto estrangeiro (VIOLA & BASSO, 2015).

A partir de 2011, a falta de pensão, de trabalho, de reformas políticas e tributárias e o intenso intervencionismo do governo federal foram sentidos: o crescimento econômico caiu; inflação sistematicamente acima do teto determinado pelo Banco Central e o investimento direto estrangeiro se manteve alto, mas não cresceu. A crise econômica global teve um importante papel nesse cenário, mas o crescimento não teria diminuído tanto se somente a crise tivesse afetando a economia brasileira (VIOLA & BASSO, 2015).

Esses fatores também influenciam a política energética do país. Com relação aos recursos de baixo carbono, dois fatores diferentes podem ser observados: de 2003 a 2007 ocorreu um aumento da participação de recursos renováveis, de 2007 a 2014, uma diminuição, devido à descoberta do pré-sal e do uso do preço de combustível como política econômica. A eficiência energética também não teve um crescimento consistente com as políticas durante essa década (VIOLA & BASSO, 2015). Referente às emissões de CO₂, o Brasil é signatário de diversos acordos multilaterais no esforço global de redução dos gases de efeito estufa (GEE), mesmo não tendo metas obrigatórias de mitigação de dióxido de carbono. Porém, as políticas ambientais adotadas até o momento não incluem o controle formal das emissões, tais como impostos ou comércio de quotas (LEAL *et al*, 2015).

Ao contrário de outros países, cuja queima de combustíveis fósseis é a principal fonte de GEE, as emissões brasileiras são originadas, principalmente, em mudanças no uso da terra e florestas, com as queimadas e o desmatamento liderando este processo, como pode ser visto na Figura 7 (DA SILVA & GURGEL, 2012). As políticas adotadas não incluem restrições de emissões, mas ações alternativas ligadas à ampliação e eficiência da oferta de fontes renováveis de energia, pequenas hidroelétricas e biocombustíveis (LEAL *et al*, 2015).

Figura 7: Evolução das emissões brutas de GEE no Brasil entre 1990 e 2014 (Mt CO₂e)



Fonte: SEEG (2016).

A evolução das emissões brasileiras de GEE em relação à dinâmica das emissões globais pode ser dividida em quatro fases: i) entre 1990 e 1997, as emissões totais no Brasil cresceram em um ritmo maior do que as emissões globais; ii) já no período entre 1998-2004, as emissões cresceram em um ritmo similar ao das globais; iii) após 2005, elas se destacam das emissões globais e apresentam uma forte redução, enquanto no resto do mundo elas crescem; e iv) um quarto período parece se formar após 2009, curiosamente, após o lançamento da Política Nacional de Mudanças Climáticas decretada em 2008; desde então as emissões pararam de cair e têm-se mantido relativamente estáveis.

Por outro lado, entre 2003 e 2014, o Brasil teve um papel internacional relevante em algumas áreas, incluindo governança energética global na transição para um desenvolvimento sustentável. O país ocupa o quinto lugar entre os produtores de tecnologia de baixo carbono (VIOLA & BASSO, 2015).

O Acordo de Paris é um tratado de longo prazo e legalmente vinculante, e define objetivos globais, como o de limite de aumento de temperatura global e o de financiamento climático para apoiar os países em desenvolvimento. Também traz compromissos de limitação de efeito estufa para todos os países. O Brasil, mesmo já em

meio a uma profunda crise política e econômica, anunciou em setembro de 2015 metas de redução absoluta de suas emissões para o novo acordo global. Apesar de ainda dever muito em ambição climática, como todos os grandes emissores, foi o único grande país em desenvolvimento a definir um compromisso dessa natureza. E sua diplomacia contribuiu para que houvesse equilíbrio no Acordo de Paris quanto às obrigações de países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Em 2016, as duas crises se agravaram e acabou no afastamento de mais um Presidente da República em período democrático. Mas mesmo assim, vimos o Congresso Nacional aprovando o Acordo de Paris em menos de dois meses, na Câmara e no Senado, e permitindo que o país se torne um dos países dentre as dez maiores economias e os dez maiores emissores de gases de efeito estufa do mundo a ratificar novo tratado climático. Essa atitude é vista como uma oportunidade para o país aumentar o seu grau de ambição e colocar a economia em rumo da eliminação progressiva de emissões de gases de efeito estufa.

Para atingir o objetivo do Acordo de Paris de limitar o aumento de temperatura global a 1,5°C em relação aos níveis pré-industriais, as emissões *per capita* globais deverão ser próximas de zero tCO₂ (toneladas de dióxido de carbono) e por habitante em 2050. Portanto, o Brasil ainda tem grandes desafios pela frente para chegar ao nível de emissões necessário para atingir o mencionado objetivo.

Conclusão

Segundo o Princípio 8 da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento de 1992, “para alcançar o desenvolvimento sustentável e uma qualidade de vida mais elevada para todos, os Estados devem reduzir e eliminar os padrões insustentáveis de produção e consumo, e promover políticas demográficas adequadas”. Nesse contexto, surge a economia verde como uma maneira das economias alcançarem um crescimento ambientalmente correto.

A principal chave de uma transição para a economia verde é a capacidade de conciliar estímulos ao crescimento econômico e aos investimentos com o aumento da preservação do meio ambiente e da inclusão social. Ou seja, uma política voltada para o desenvolvimento sustentável deve conter três pilares: ambiental, econômico e social. Criar condições para investimentos públicos e privados é um ponto crítico para o cumprimento desse objetivo. Além disso, os indicadores mais utilizados para desempenho econômico, como PIB, precisam ser reajustados para contabilizar a poluição, o esgotamento dos recursos ambientais, os serviços ecossistêmicos declinantes, e as consequências da perda de capital natural para os mais pobres (UNEP, 2011).

Diante disso, surge a ideia de indicadores de sustentabilidade, os quais seriam responsáveis por ressaltar os maiores problemas relacionados ao meio ambiente e fornecer os elementos mais relevantes para a realização de um diagnóstico a respeito da real situação do meio ambiente. Isso é necessário para a adoção de políticas apropriadas, que visem ao combate, à destruição dos recursos naturais e à desigualdade social.

Construído com base na premissa de que apenas um indicador não seja capaz de fornecer um completo diagnóstico de sustentabilidade, esse trabalho teve o intuito de propor um novo indicador de sustentabilidade: o índice de economia verde. Ele foi montado a partir de um instrumental analítico, denominado Triângulo Mágico, o qual é baseado nas ideias de Kaldor (1971) e parte de uma reformulação do índice proposto em Medrano e Teixeira (2013). Além disso, a metodologia apresentada nesse trabalho foi formulada de acordo com os três pilares da economia verde. Um aspecto positivo do *green economy index* é o fato de seu resultado não mudar de acordo com a ordenação das variáveis, um problema presente nas outras medidas baseadas na abordagem de Kaldor, como o Quadrado Mágico. Além disso, devido a sua simplicidade de mensuração e de

representação gráfica, esse índice surge como uma opção de ferramenta analítica entre os diversos indicadores de sustentabilidade mais complexos.

Em busca de aplicar o *Green Economy Index*, foram utilizados dados brasileiros para dois períodos 2001-2007 e 2008-2014. Ao analisar os resultados encontrados, nota-se que o Brasil ficou estagnado no processo de transição para uma economia mais sustentável ao obter taxas de variação bem próximas a zero. Muitos problemas poderiam ser citados para justificar tal desempenho, como a crise econômica interna e a falta de investimentos em novas fontes de energia renovável.

Para Veiga e Basso (2015), o Brasil pode ser visto como um centro de poder climático conservador-moderador no regime de mudanças climáticas internacional. O país avançou no campo de implementações domésticas e ação internacional em favor de desenvolvimento de baixo carbono, mas importantes retrocessos ocorreram durante o período de 1990-2014, o que torna prematuro dizer que o Brasil tenha adotado um desenvolvimento de baixo carbono.

Segundo o prefácio escrito por Nicholas Sarkozy em Stiglitz *et al* (2010), as estatísticas e métodos de mensuração refletem as aspirações e valores de uma sociedade. Eles são inseparáveis da visão do mundo e da economia; e do conceito de ser humano e de suas inter-relações. Tratar essas questões sendo externas a uma determinada população é muito confortável, e, ao mesmo tempo, perigoso, pois pode se chegar a um determinado ponto em que as autoridades e os pesquisadores comecem a perder o verdadeiro foco do que estão fazendo, o que estão verdadeiramente mensurando, e quais lições precisam ser aprendidas.

Dessa forma, os conceitos de desenvolvimento sustentável e economia verde devem implicar uma ampla reforma socioeconômica para contrabalancear o crescimento econômico e a proteção ambiental em conjunto com indicadores de sustentabilidade confiáveis. Eles deveriam possibilitar um caminho de crescimento que respeita as nove fronteiras planetárias já identificadas: i) mudança climática; ii) acidificação dos oceanos; iii) camada de ozônio; iv) ciclo do nitrogênio; v) ciclo do fósforo; vi) uso de água potável; vii) mudança do uso da terra; viii) quantidade de aerossol na atmosfera; e ix) poluição química. Embora, esses parâmetros sejam complexos e controversos, e incapazes de guiar políticas públicas efetivas, outros indicadores podem ajudar no processo de análise, como o Índice de Economia Verde, uma vez que uma economia de baixo carbono tem o compromisso de reduzir as emissões de carbono, gerar crescimento econômico e controlar as mudanças climáticas (VIOLA & BASSO, 2015).

A administração dessas fronteiras por meio da economia verde requer um desafio profundo para a governança em todos os níveis. A governança global apresenta-se especialmente exigida na medida em que os limiares planetários se tornam *global commons*, um tipo que para ser produzido de forma eficaz e eficiente necessita da participação da maioria dos atores envolvidos. Como consequência, sem elevados níveis de cooperação internacional, é impossível definir e proteger um espaço de cooperação seguro para a humanidade (VIOLA & FRANCHINI, 2012). Diante disso, com a eleição de Donald Trump para a presidência dos Estados Unidos surge um novo momento de incerteza e insegurança com relação a um acordo global, uma vez que ele, durante sua campanha, mostrava-se um forte opositor a políticas de combate a mudanças climáticas. Assim, a discussão de política ambiental global sob o prisma das fronteiras planetárias ganha um novo foco de discussão ao considerar a importância dos EUA no cenário internacional e seu novo presidente.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). Conjuntura de recursos hídricos no Brasil. **Encarte especial sobre a crise**, 2014.

BARBIER, E. B. Economics, natural resource scarcity and development: Conventional and alternative views. Earthscan Publications, London, 1989.

BASTIANONI, S.; NICCOLUCCI, V.; NERI, E.; CRANSTON, G.; GALLI, A.; WACKERNAGEL, M. Sustainable development: Ecological footprint in accounting. **Sustainability- Thermodynamics**, p. 2467-2481, 2013.

BENETTI, L.B. Avaliação do índice de desenvolvimento sustentável do município de Lages (SC) através do método de Painel de Sustentabilidade. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental

BID & MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Iniciativas de Economia Verde no Brasil: experiências das unidades federativas em promover uma economia verde inclusiva. II Diálogo Federativo Rumo à Rio+20. Disponível em: <
<http://www.mma.gov.br/publicacoes/governanca-ambiental/category/141-economia-verde>>. Acesso em: 28 de dez. 2015.

BLEYS, B. Proposed changes to the Index of Sustainable Economic Welfare: An application to Belgium. **Ecological Economics**, v. 64, p. 741-751, 2008.

CASTAÑEDA, B.E. An index of sustainable economic welfare (ISEW) for Chile. **Ecological Economics**, v.28, p. 231-244, 1999.

CLARK, W.C.; DICKSON, N.M. Sustainability science: the emerging research program. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, p. 8059-8061, 2003.

COBB, C.; HALSTEAD, T.; ROWE, J. The genuine progress indicator: summary of data and methodology. **Redefining Progress**, 1995.

COSTANZA, R. **Ecological economics: the science and management of sustainability**. Columbia University Press, Nova York, EUA, 1991.

COUTO, O.F.V. Geração de um índice de sustentabilidade ambiental para bacias hidrográficas em áreas urbanas através do emprego de técnicas integradas de geoprocessamento. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

DALY, H.E.; COBB, J.B.J. For the common good: redirecting the economy toward community, the environmental, and a sustainable future. **Beacon Press**, v. 2, 1994.

DIENER, E.; SUH, E. M. Measuring quality of life: economic, social and subjective indicators. **Social Indicators Research**, v. 40, p. 187-216, 1997.

ESTES, R. et al. Environmental sustainability index: benchmarking national environmental stewardship. **Yale Center for Environmental Law and Policy**, 2005.

FLIPO, F. Introdução à história do conceito de decrescimento na França. In: LÉNA, P.; NASCIMENTO, E. P. (Org.). **Enfrentando os limites do crescimento: sustentabilidade, decrescimento e prosperidade**. Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

GAETANI, F.; KUHN, E.; ROSENBERG, R. O Brasil e a economia verde: um panorama. Belo Horizonte: Política Ambiental/ Conservação Internacional, n. 8, jun., 2011.

GETULIO VARGAS FOUNDATION; BRAZILIAN FEDERATION OF BANKS. The Brazilian financial system and the green economy. São Paulo: FEBRABAN, 2014.
HOTELLING, H. The economics of exhaustible resources. **Journal of Political Economy**, v. 39, p.137-175, 1931.

HOFFMANN, R. Desigualdade da distribuição de renda no Brasil: a contribuição de aposentadorias e pensões e de outras parcelas do rendimento domiciliar *per capita*. **Economia e Sociedade**, v. 18, nº 1 (35), p. 213-231, 2009.

KALDOR, Nicholas. Conflicts in national economic objective. **Economic Journal**, v. 81, n.321, p.1-16, 1970.

KEMERICH, P.D.C.; RITTER, L.G.; BORBA, W.F. Indicadores de sustentabilidade ambiental: métodos e aplicações. **Edição Especial LPMA/UFSM**, v. 13, n.5, 2014.

KUZNETS, S. National income, 1929-1932. Senate document, n. 124, 73d Congress, 2d session, 1934.

JACKSON, T. **Prosperity without growth?** London: Sustainable Development Commission, 2009.

_____. **Prosperity without growth**. London: Earthscan, 2009.

LATOUCHE, S. O decrescimento. Por que e como? In: LÉNA, P.; NASCIMENTO, E. P. (Org.) **Enfrentando os limites do crescimento: sustentabilidade, decrescimento e prosperidade**. Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

LAWN, P.A. A theoretical foundation to support the Index of Sustainable Economic Welfare (ISEW), Genuine Progress Indicator (GPI), and other related indexes. **Ecological Economics**, v. 44, n. 2, p. 105-118, 2003.

LEAL, R.A.; ELY, R.A.; UHR, J.G.Z.; UHR, D.A.P. Ciclos econômicos e emissão de CO₂ no Brasil: Uma análise dinâmica para políticas ambientais ótimas. **Revista Brasileira de Economia**, v. 69, n. 1, p. 53-73, 2015.

LÉNA, P. Os limites do crescimento econômico e a busca pela sustentabilidade: uma introdução ao debate. In: LÉNA, P.; NASCIMENTO, E. P. (Org.) **Enfrentando os**

limites do crescimento: sustentabilidade, decrescimento e prosperidade. Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

LÖWY, M. Crise ecológica e crise da civilização: a alternativa ecossocialista. In: LÉNA, P.; NASCIMENTO, E. P. (Org.) **Enfrentando os limites do crescimento: sustentabilidade, decrescimento e prosperidade.** Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

MARTÍNEZ-ALIER, J. Justiça ambiental e decrescimento econômico: a aliança dos dois movimentos. In: LÉNA, P.; NASCIMENTO, E. P. (Org.) **Enfrentando os limites do crescimento: sustentabilidade, decrescimento e prosperidade.** Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

MAX-NEEF, M. Economic growth and quality of life: a threshold hypothesis. **Ecological Economics**, v. 15, n. 2, p. 115-118, 1995.

MEDRANO, R.; TEIXEIRA, J.R. A kaldorian macroeconomic index of economic welfare. **Revista de História Econômica & Economia Regional Aplicada**, v. 8, n. 14, 2013.

NORDHAUS, W.D.; TOBIN, J. IS growth obsolete? **NBER**, v.5, p. 1-80, 1972.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. Análise das emissões de GEE Brasil (1970-2014) e suas implicações para políticas públicas e a contribuição brasileira para o Acordo de Paris. Documento Síntese, 2016. Disponível em: <<http://www.observatoriodoclima.eco.br/>>. Acesso em: Outubro de 2016.

PEARCE, D.W.; MARKANDYA, A.; BARBIER, E.B. Blueprint for a green economy. Nova York: Earthsca, 1989.

PEZZEY, J.C.V. Economic analysis of sustainable growth and sustainable growth and sustainable development. **Environment Department Working Paper**, World Bank, n. 15, 1989.

PNUD. Relatório de desenvolvimento humano 2015. Disponível em: <http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr15_overview_pt.pdf>. Acesso em: 13 de novembro de 2016.

PNUMA. Rumo a uma Economia Verde: Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável e a Erradicação da Pobreza. Disponível em: <http://www.unep.org/greeneconomy/Portals/88/documents/ger/Green_Economy_Full_report_pt.pdf>. Acesso em: 16 de dezembro. 2015.

POLASKY, S.; SEGERSON, K. Integrating Ecology and Economics in the study of ecosystem services: Some lessons learned. **Annual Review of Resource Economics**, p. 409-434, 2009.

ROCKSTROM, J. et al. A safe operating space for humanity. **Nature**, v. 461, 2009
HOLLING, C.S. Resilience and stability of ecological systems. **Annual Review of Ecology and Systematics**, p. 1-23, 1973.

SAAVEDRA-RIVANO, N. TEIXEIRA, J. Magic Hypercube and Index of Welfare and Sustainability. Discussion Paper, Department of Economics, University of Brasilia, (submitted to *EconomiA*), 2015.

SCHEFFER, M.; CARPENTER, S.R.; FOLEY, J.A.; FOLKE, C.; WALKER, B.H. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*, p. 591-596, 2001.

SOUBBOTINA, T.P.; SHERAM, K.A. Beyond economic growth: Meeting the challenges of global development. Washington, D.C.: World Bank, 2000.

STIGLITZ, J.E.; SEN, A.; FITOUSSI, J.P. **Mis-measuring our lives: Why GDP doesn't add up?** Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress, The New Press: Nova York, 2010.

TALBERTH, J.; COBB, C.; SLATTERY, N. The Genuine Progress Indicator 2006: A tool for sustainable development. **Redefining Progress**, 2007.

TEIXEIRA, J.; PINHEIRO, D.; VILASBOAS, A. Socioeconomics and Environmental Performance: A Composite Index and Comparative Application to USA and China. *CADMUS*, v.2, n. 5, 2015.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Towards a green economy: Pathways to sustainable development and poverty eradication. 2011. Disponível em: <http://web.unep.org/greeneconomy/sites/unep.org/greeneconomy/files/field/image/green_economyreport_final_dec2011.pdf>. Acesso em: Agosto de 2016.

VAN BELLEN, H.M. Indicadores de sustentabilidade: Uma análise comparativa. **FGV**, v.2, 2006.

VEIGA, J.E. A desgovernança mundial da sustentabilidade. São Paulo: Editora 34, 2013.

VEIGA, J.E. Indicadores socioambientais: evolução e perspectivas. **Revista de Economia Política**, v.29, n.4(116), p. 421-35, 2009.

VEIGA, J. E. da; ISSBERBER, L.R. Decrescer crescendo. In: LÉNA, P.;NASCIMENTO, E. P. (Org.) **Enfrentando os limites do crescimento:sustentabilidade, decrescimento e prosperidade**. Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

VICTOR, P. **Managing without growth: slower by design, not disaster**. Northampton: Edward Elgar, 2008.

VIOLA, F.; BASSO, L. Brazilian energy-climate policy and politics towards low carbon development. **Global Society**, 2015.

VIOLA, F.; FRANCHINI, M. Sistema internacional de hegemonia conservadora: o fracasso da Rio + 20 na governança dos limites planetários. **Ambiente & Sociedade**, v.15, nº3, p. 1-18, 2012.

VIOLA, F.; FRANCHINI, M. Brazilian climate politics 2005-2012: Ambivalence and paradox. **WIREs Clim Change**, v. 5, p. 677-688, 2014.

YOUNG, Carlos. Potencial de crescimento da economia verde no Brasil. Belo Horizonte: Política Ambiental/ Conservação Internacional, n. 8, 2011.

WACKERNAGEL, M.; REES, W. Our ecological footprint, reducing human impact on the Earth. **BC: New Society Publishers**, 1995.

WORLD BANK. Inclusive green growth: The pathway to sustainable development. Maio, 2012. Disponível em: <siteresources.worldbank.org/EXTSDNET/Resources/Inclusive_Green_Growth_May_2012.pdf>. Acesso em: agosto de 2016.

WORLD BANK. Where is the wealth of nations? Measuring capital in the 21st Century. **The World Bank**, 2006.

STIGLITZ, J.E.; SEN, A.K.; FITOUSSI, J.P. **Reported by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress**. Paris, 2009.