

# Degradação Ambiental e Teoria Econômica: Algumas Reflexões sobre uma “Economia dos Ecossistemas”

**Daniel Caixeta Andrade**

*Professor Adjunto do Instituto de Economia da Universidade Federal de Uberlândia  
(IEUFU), Brasil*

**Ademar Ribeiro Romeiro**

*Professor Titular do Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas  
(IE-UNICAMP), Brasil*

---

## Resumo

São escassas reflexões teóricas consistentes sobre a adequação do instrumental econômico *per se* para o enfrentamento da problemática de degradação do capital natural. Em sendo assim, este trabalho apresenta algumas considerações acerca da relação entre degradação ambiental e teoria econômica numa perspectiva crítica. O princípio norteador é de que o tratamento até então dado ao meio ambiente é majoritariamente reducionista e sua superação deve passar necessariamente por abordagens transversais. O encadeamento das ideias descritas converge para a necessidade de construção desta nova estrutura de análise, aqui chamada de “Economia dos Ecossistemas”.

*Palavras-chave:* Capital Natural, Sistema Econômico, Serviços Ecossistêmicos, “Economia dos Ecossistemas”

*Classificação JEL:* Q50, Q57

---

## Abstract

There are few consistent theoretical reflections on the suitability of economic instruments *per se* in facing the issue of natural capital degradation. This paper presents some considerations about the relationship between environmental degradation and economic theory in a critical perspective. The guiding assumption of the arguments is that the treatment given so far to the environment is largely reductionist, which must necessarily be overcome by a transdisciplinary approach. The sequencing of the ideas outlined converges to the need of building this new framework, referred to here as “Economics of Ecosystems”.

---

## 1. Introdução

Acadêmicos de todas as áreas e matizes teóricos, preocupados com o bem-estar geral das espécies humanas e não humanas, bem como com a garantia de condições de vida para as gerações futuras, vêm repetidamente alertando para a necessidade de se tornar mais harmônica a relação homem-natureza, pois é cada vez mais elevado o risco de rupturas abruptas e irreversíveis no funcionamento adequado do ecossistema terrestre. São também cada vez mais claros os sinais de que a humanidade vem se aproximando perigosamente do que podem ser chamadas “fronteiras planetárias”, entendendo-se estas como os limiares físicos além dos quais pode haver mudanças bruscas e colapso total da capacidade de o ecossistema global suportar as atividades humanas.

Aos pesquisadores mais otimistas e crédulos na perspicácia humana em relativizar óbices de qualquer natureza que possam inviabilizar o objetivo supremo de crescimento econômico – erigido sobre os auspícios do paradigma neoclássico –, os parágrafos acima podem soar como uma espécie de sofisma apocalíptico. Entretanto, é crescente a coleção de evidências empíricas que, infelizmente, atestam a veracidade da maior parte das conjeturas sobre a iminência de alterações inesperadas no modo como o planeta vem reagindo às intervenções humanas.

Recentemente, percebe-se a intensificação do debate sobre as consequências nefastas do aumento sem precedentes da escala do sistema econômico sobre o capital natural da Terra. A expressão “*Something new under the Sun*”, título da obra de J. R. McNeill (McNeill 2002), ficou conhecida como epíteto da elevação incomum da capacidade humana em interferir nos ciclos naturais da Terra ao longo do século passado e início deste.

Análises globais como a Avaliação Ecológica do Milênio e o “*The Economics of Ecosystem and Biodiversity Study*” (?Sukhdev 2008) apontam para uma trajetória de degradação dos ecossistemas terrestres, reduzindo os benefícios derivados para o bem-estar humano e colocando em risco a própria sustentabilidade do sistema econômico e bem-estar das gerações futuras. A crescente perda de diversidade biológica, associada ao não reconhecimento das contribuições dos ecossistemas para as atividades humanas, são as principais causas desse estado.

Em novembro de 2008, teve-se a publicação de um número especial da revista americana *New Scientist* com o sugestivo título de “*The folly of growth: how to stop the economy killing the plane*” (Scientist 2008), no qual pesquisadores de várias áreas demonstram suas preocupações com a manutenção das condições de vida no planeta vis-à-vis a contínua destruição do meio natural. Novamente, em setembro de 2009, um artigo da revista *Nature* (*A safe operating space for humanity* – Rockström et alii (2009a)) afirma que pode estar sob grave ameaça a longa era de estabilidade - conhecida como Holoceno – em que a Terra foi capaz de absorver de maneira mais ou menos suave perturbações internas e externas. Um novo período, o

---

\* Recebido em abril de 2010, aprovado em janeiro de 2011.

E-mail addresses: caixetaandrade@ie.ufu.br, ademar@eco.unicamp.br

Antropoceno, vem emergindo desde a Revolução Industrial e seu traço característico é a centralidade das ações humanas sobre as mudanças ambientais globais.

Estas questões sugerem que a era atual se depara com o que se pode chamar de crise do regime socioeconômico-ecológico, considerando-se este como o conjunto das regras econômicas e sociais dentro de seu contexto ecológico mais amplo. Seu enfrentamento requer a reconsideração do modo como a humanidade vem interagindo com o meio ambiente, sendo a Economia de especial relevância para a busca de soluções razoáveis. Enquanto ciência comprometida com o contínuo aumento da qualidade de vida, ela deve envidar esforços no sentido de criar pistas teóricas e práticas que evitem e/ou revertam a atual trajetória de contínua degradação das condições mínimas de vida na Terra.

Apesar de sua proeminência, a teoria econômica convencional de cunho neoclássico não oferece um aparato teórico e metodológico adequado para se tratar os desafios colocados. Em primeiro lugar, ela não reconhece a problemática do capital natural enquanto obstáculo para o contínuo aumento do sistema econômico, uma vez que o progresso tecnológico e a possibilidade de substituição entre os diversos tipos de capital assegurarão que sua perda não danifique a atual engrenagem econômica.

Em segundo lugar, sua base de inspiração mecanicista sugere que todos os fenômenos são reversíveis e que não há a possibilidade de perdas irreparáveis. Sua visão pré-analítica não vê o sistema econômico como inserido em um sistema maior que o sustenta, o que ratifica a falácia do argumento de expansão econômica contínua. Dentro desse paradigma, a quimera de um sistema econômico harmônico e autoregulável é suportada pela crença na existência de um conjunto de leis previsíveis que supostamente regulam seu funcionamento.

Por último, o *mainstream* neoclássico é profundamente falho em reconhecer a complexidade dos nexos entre o sistema econômico e sua base ecológica, desconsiderando solenemente a base vital sobre a qual se constroem todas as relações econômicas e sociais entre os homens. É como se o esquema analítico convencional fosse atormentado por um avassalador fundamentalismo reducionista que o impede de lidar com a natureza complexa e adaptativa dos sistemas econômico e ecológico.

Dada essa inadequação, o pressuposto básico sobre o qual se alicerçam as ideias contidas nesse trabalho é o de que o confronto dos desafios emergentes deve se dar através de abordagens alternativas que se afastam do obscurantismo puramente economicista. Apenas através da operacionalização do conceito de *transdisciplinariedade* é que se poderão ter esquemas analíticos mais apropriados para tratar de uma temática que é inerentemente complexa e transversal. A questão da degradação do capital natural e da perda de diversidade biológica e dos serviços ecossistêmicos deve ser tratada por abordagens que reconheçam, primeiramente, sua essencialidade para a vida humana e suas especificidades enquanto entidades majoritariamente insubstituíveis, o que sugere que a teoria econômica dispense um tratamento singular a esta questão.

Baseado, pois, nas argumentações acima, este trabalho traz algumas reflexões

sobre a relação entre degradação ambiental e teoria econômica, apresentando ao final uma proposta de disciplina aqui chamada de “Economia dos Ecossistemas”, já esboçada por autores da chamada Economia Ecológica, e cujo objetivo principal é a gestão eficiente e sustentável do capital natural, considerando-o como um portfólio de ativos que rendem benefícios cruciais às atividades humanas. O artigo divide-se em três seções além desta Introdução e Considerações Finais. Na primeira, são discutidos alguns pontos a respeito da elevação da escala humana e suas implicações. Em seguida, procura-se discutir o conceito de capital natural, serviços ecossistêmicos e suas especificidades, bem como sua relação com o bem-estar humano. A terceira seção discute a necessidade de uma nova abordagem, apresentando a proposta da “Economia dos Ecossistemas”, a qual deve estar baseada em alguns princípios básicos derivados do reconhecimento dos fatos ecológicos em jogo e de considerações de ordem ética.

Por fim, à guisa de conclusão, são feitas algumas considerações sobre o enquadramento da “Economia dos Ecossistemas” no âmbito da teoria econômica. Este esquema analítico se afastaria do paradigma expansionista e se aproximaria de uma visão econômico-ecológica, onde os princípios básicos de sustentabilidade ecológica, justiça distributiva e eficiência econômica fossem explicitamente considerados.

## 2. Do Holoceno ao Antropoceno e a Elevação da Escala Humana

O sistema econômico, considerado com um organismo vivo e complexo, não atua independentemente do sistema natural que lhe sustenta (Mueller 2007). Ao contrário, ele interage com o meio ambiente, extraindo-lhe recursos naturais (componentes estruturais dos ecossistemas) e devolvendo resíduos num processo de absorção de matéria e energia de baixa entropia, e de descarte na forma de rejeitos de alta entropia.<sup>1</sup> Os impactos gerados sobre o meio ambiente são função da *escala* (tamanho e dimensão) do sistema econômico e do modo pelo qual se dá o *crescimento econômico* (forma pela qual o sistema se expande).

Além da expansão da escala das atividades humanas, a evolução do sistema econômico tem conduzido a uma era onde o capital natural,<sup>2</sup> em substituição ao capital manufaturado, passa a ser o fator limitante do desenvolvimento econômico. Considerando-se a lógica econômica, segundo a qual se deve maximizar a produtividade do capital mais escasso (fator limitante) e aumentar a sua oferta, o imperativo dos tempos atuais passa a ser o desenho de políticas econômicas voltadas a incrementar a produtividade do capital natural e dos benefícios dele derivados (Daly 1996; Costanza 2000, 2001; Daly e Farley 2004).

A preocupação com os limites ambientais ao crescimento econômico pode ser encontrada já nos trabalhos dos chamados economistas clássicos, como Adam

<sup>1</sup> Este fato atesta a natureza entrópica dos processos econômicos.

<sup>2</sup> De modo geral, capital natural é a fonte original de todas as atividades econômicas (Lawn 2001). Ver próxima seção para maiores detalhes sobre o conceito.

Smith, David Ricardo e John Stuart Mill. Em seus modelos de crescimento, construídos nos séculos XVIII e XIX, estes autores postulavam a necessidade de um “estado-estacionário”, na medida em que a finitude dos recursos naturais e a impossibilidade de crescimento ilimitado da produtividade apresentavam-se como um empecilho à continuidade da expansão do sistema econômico.

Com a emergência da escola neoclássica, a ideia de um obstáculo absoluto ao crescimento imposto pelo meio ambiente é substituída pela crença no avanço tecnológico como elemento chave capaz de relativizar indefinidamente os limites ambientais ao crescimento econômico. A tradição neoclássica procurou legitimar cientificamente a convicção de que o sistema capitalista e os padrões de consumo dele decorrentes não seriam obstados pelo meio natural. Ao mesmo tempo em que reconhece a existência de possíveis problemas decorrentes da degradação ambiental, esta escola postula que crescimento econômico extra é capaz de solucioná-los, bem como aumentar o bem-estar e senso de justiça dentro das sociedades (Grossman e Krueger 1994; Friedman 2005). As possibilidades de substituição dos recursos naturais por outros fatores de produção, mormente trabalho e capital reproduzível, juntamente com os avanços no progresso tecnológico, eliminariam os óbices trazidos pela escassez provocada pela depleção dos ecossistemas e recursos naturais (Sollow 1974).

Em meados do século XVIII, o período que se inicia com a Revolução Industrial, cuja característica central é a industrialização e o uso massivo de combustíveis fósseis, marca o fim de uma longa era de estabilidade geológica em que os mecanismos naturais do planeta Terra eram capazes de absorver os impactos endógenos e exógenos sofridos pela ecossfera terrestre. Tal período, conhecido como Holoceno, testemunhou grande parte da trajetória da civilização humana, em que o homem passou de caçador, coletor e nômade para estágios de intervenções cada vez mais agressivas ao meio ambiente.

Steffen et alii (2007) reconhecem que as sociedades pré-industriais de fato causaram mudanças ambientais. Estas, porém, eram majoritariamente locais e transitórias, estando dentro dos limites da variabilidade natural do meio ambiente. Para os autores, as sociedades de então não possuíam organização econômica e tecnologia suficientes para dominarem as grandes forças da natureza.

O início da era industrial sinalizou o alvorecer de um novo período – o Antropoceno –, no qual a estabilidade característica do Holoceno deixou de ser o traço marcante. A centralidade das intervenções antrópicas nos desequilíbrios dos sistemas naturais terrestres e a ameaça à resiliência<sup>3</sup> do ecossistema global marcam a nova era (Steffen et alii 2007; Rockström et alii 2009a,b). Elevaram-se os riscos de perdas irreversíveis e potencialmente catastróficas e são cada vez mais

---

<sup>3</sup> Tal conceito é proveniente da ecologia e diz respeito à habilidade de os ecossistemas retornarem ao seu estado natural após um evento de perturbação, sendo que quanto menor o período de recuperação, maior é a resiliência de determinado ecossistema. Pode também ser definida como a medida da magnitude dos distúrbios que podem ser absorvidos por um ecossistema sem que o mesmo mude seu patamar de equilíbrio estável. As atividades econômicas apenas são sustentáveis quando os ecossistemas que as alicerçam são resilientes (Arrow et alii 1995).

claros os sinais de mudanças globais, entendendo-se estas como alterações biofísicas e socioeconômicas que modificam a estrutura e o modo de funcionamento do sistema terrestre.

A magnitude dos impactos do Antropoceno e seus desdobramentos sobre a capacidade de resiliência dos ecossistemas vêm aumentando enormemente desde o fim da Segunda Guerra Mundial. No período que se inicia após 1945, conhecido como Grande Aceleração, a população mundial duplicou em apenas 50 anos (mais de 6 bilhões no fim do século XX), o sistema econômico mundial aumentou mais de 15 vezes, o consumo de petróleo cresceu por um fator de 3,5 desde 1960, e o número de veículos automotores vem crescendo assustadoramente (de aproximadamente 40 milhões em 1945 para mais de 700 milhões em 1996) (Steffen et alii 2007).

A elevação da escala das atividades humanas tem provocado extensivas e rápidas mudanças nos ecossistemas da Terra. De acordo com o *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA 2005), as alterações sofridas pelos ecossistemas do planeta não são comparáveis a nenhum outro período da história humana e, embora tais mudanças tenham contribuído significativamente para ganhos líquidos no desenvolvimento e crescimento econômico, os ganhos foram alcançados às expensas de custos crescentes na forma de degradação de serviços ecossistêmicos. A despeito dos avanços obtidos, teme-se que a expansão do sistema econômico global tenha atingido certo ponto a partir do qual se tem o que é chamado de crescimento *deseconômico* (Daly 2005).

Embora haja uma crescente adesão à ideia de que a escala do sistema econômico e os padrões de consumo decorrentes do estilo de desenvolvimento em curso são insustentáveis do ponto de vista ecológico, percebe-se que ainda existem sérias lacunas no que diz respeito à mensuração das escalas atuais do sistema econômico, bem como à escala ótima que este deveria assumir. Por escala entende-se a relação da dimensão física entre duas entidades. Escala do sistema econômico diz respeito à “dimensão” do sistema econômico em relação ao ecossistema global.<sup>4</sup>

Avaliações biofísicas e econômicas dos impactos humanos sobre os ecossistemas e sua resiliência são condição *sine qua non* para a elaboração e implementação de políticas que visem ao desenvolvimento sustentável. Mesmo que incertezas e a falta de uma completa compreensão dos processos ecológicos dificultem ou mesmo inviabilizem análises sobre a magnitude da escala humana, é necessária a integração transdisciplinar para a construção de referenciais que elucidem limiares seguros até os quais a atividade econômica pode avançar.

A discussão sobre os limites ao crescimento impostos pela capacidade de resiliência dos ecossistemas terrestres vem se intensificando principalmente no âmbito das disciplinas que visam à integração analítica de várias perspectivas.

---

<sup>4</sup> Pode-se dizer em escala máxima sustentável, que é aquela em que o fluxo de *throughput* (fluxos materiais e energéticos provenientes do meio ambiente e que entram e saem do sistema econômico) está dentro da capacidade de suporte do sistema (*carrying capacity*); e escala ótima, que é aquela que maximiza a diferença entre os estoques de benefícios e malefícios acumulados através do crescimento, isto é, iguala os benefícios marginais e os malefícios marginais do crescimento econômico. Para uma maior discussão sobre a consideração das escalas e como medi-las, ver Malghan (2006).

Todavia, tal discussão somente ganhará maior aderência a partir do momento em que forem estabelecidas as fronteiras que devem ser respeitadas e conhecidas as ordens de magnitude.

Apesar de já existirem esforços para a quantificação das escalas sustentáveis e do atual “desempenho” da atividade humana com relação aos valores considerados seguros para a preservação da estabilidade típica do período do Holoceno,<sup>5</sup> ainda restam grandes incertezas sobre os reais valores das fronteiras planetárias, principalmente no que se refere à complexidade das interações ecológicas e às não linearidades envolvidas. Naturalmente, uma primeira frente de pesquisa a ser atacada seria o aperfeiçoamento de tais estimativas, o que exige um esforço de avanço no conhecimento sobre a resiliência dos ecossistemas. Uma segunda frente de trabalho, de interesse imediato aos economistas, seria a análise das implicações de política econômica de um sistema adaptado às condições de finitude, à luz de reflexões mais aprofundadas sobre o papel das ciências econômicas no enfrentamento das questões de degradação ambiental.

### **3. Capital Natural, Serviços Ecossistêmicos e Bem-Estar Humano**

Historicamente, o termo “capital natural” foi primeiramente utilizado como metáfora para se referir aos recursos naturais disponíveis ao homem. Entretanto, apenas no final do século XX é que o termo deixa de ser apenas uma metáfora usada para chamar atenção ao problema da depleção dos recursos naturais e passa a ser um conceito formal e técnico, utilizado juntamente com definições de outros tipos de capital<sup>6</sup> (Daly e Cobb Jr 1989).

Segundo Rotering (2008), “capital” refere-se a um fator de produção produzido pelo sistema econômico ou a ativos financeiros subjacentes a esses fatores. Em termos gerais, pode-se dizer que “capital” designa os estoques de materiais ou informações existentes num determinado período que geram fluxos de serviços que podem ser usados para transformar outros materiais ou sua configuração espacial, contribuindo para a melhoria do bem-estar humano (Costanza et alii 1997).

O capital natural pode ser considerado como o estoque de recursos naturais existentes que gera um fluxo de serviços tangíveis e intangíveis direta e indiretamente úteis aos seres humanos, conhecido como renda natural (Costanza

---

<sup>5</sup> Em Rockström et alii (2009b) foram identificadas 9 fronteiras planetárias e, a partir do conhecimento científico disponível, foi possível obter algumas mensurações para 7 delas. Os processos terrestres para os quais foram identificadas tais fronteiras são: mudança climática, taxa de perda de biodiversidade (terrestre e marinha); interferência com os ciclos do nitrogênio e fósforo; depleção do ozônio estratosférico; acidificação oceânica; uso global de água doce; mudanças no uso do solo; poluição química; carregamento de aerossol atmosférico. Conforme os resultados encontrados, a escala humana vem transgredindo três fronteiras planetárias (taxa de perda de biodiversidade, ciclo do nitrogênio e mudança climática).

<sup>6</sup> Além do capital natural, tem-se, ainda, o capital humano, que é o trabalho físico e humano e o conhecimento armazenado pela humanidade, o capital manufaturado, que inclui todas máquinas/equipamentos e toda a infraestrutura do sistema econômico, e o capital social, o qual se refere à teia de relações interpessoais, bem como às regras, normas e arranjos institucionais criados pelo homem (Costanza 2000).

e Daly 1992). Em outras palavras, o capital natural é a totalidade dos recursos oferecidos pelo ecossistema terrestre que suporta o sistema econômico, os quais contribuem direta e indiretamente para o bem-estar humano.<sup>7</sup> Essa definição explicitamente considera a ideia de que o sistema econômico é um subsistema de um sistema maior que o sustenta e que lhe fornece os meios necessários para sua expansão.

Vários autores criticam a noção de natureza como um tipo de capital. Roterling (2008), por exemplo, afirma que o termo é incoerente e desnecessário, pois se a natureza pode ser considerada como um tipo de capital, é difícil refutar o argumento da economia convencional de que a natureza pode ser destruída desde que haja incrementos em outros tipos de capital.<sup>8</sup> Chiesura e De Groot (2003) afirmam que o conceito de capital natural, tal como é comumente enunciado, reitera o reducionismo e o antropocentrismo neoclássico.

Neste trabalho, o conceito de capital natural utilizado considera todos os fluxos de benefícios tangíveis e intangíveis provenientes de todos os recursos naturais e que são direta e indiretamente apropriáveis pelo homem. Ao adotar este conceito mais amplo, a definição aqui considerada confere ao capital natural um caráter multidimensional, no qual dimensões ecológica, econômica e sociocultural estão relacionadas e se interagem para a promoção do bem-estar humano (Berkes e Folke 1994).

Recentemente, os fluxos de benefícios gerados pelo estoque de capital natural têm sido referidos como serviços de ecossistemas (ou ecossistêmicos), cuja importância para o sistema econômico e o bem-estar humano vem sendo crescentemente reconhecida (Daily 1997; Costanza et alii 1997; Tallis e Kareiva 2005). O conceito de serviços ecossistêmicos aqui adotado refere-se aos benefícios tangíveis (alimentos e madeira, por exemplo) e *intangíveis* (beleza cênica e regulação do clima, por exemplo) obtidos pelo homem através das dinâmicas e complexas interações entre os diversos componentes do capital natural.

Por fornecerem tanto benefícios tangíveis e intangíveis (fluxo de materiais e serviços, respectivamente), é necessário que se entenda a natureza dos recursos que compõem o capital natural (componentes do capital natural). Daly e Farley (2004), seguindo divisão originalmente sugerida por Georgescu-Roegen (1971), os classificam em recursos estoque-fluxo e recursos fundo-serviço (*stock-flow resources* e *fund-service resources*, respectivamente). A distinção entre a natureza dos componentes do capital natural é importante no sentido de que apenas a partir de um correto entendimento da dinâmica de cada tipo de recurso é que se têm

---

<sup>7</sup> É importante assinalar a diferença entre os conceitos de ecossistemas naturais e capital natural. O primeiro, mais amplo, refere-se aos sistemas que englobam as complexas, dinâmicas e contínuas interações entre seres vivos e não vivos em seus ambientes físicos e biológicos, nos quais o homem é parte integral (MEA 2003). Capital natural, por sua vez, refere-se apenas à parte do estoque de recursos (bióticos e abióticos) dos ecossistemas que geram serviços direta ou indiretamente apropriáveis pelo homem. Essa diferenciação é importante na medida em que nem todas as funções/processos e/ou componentes dos ecossistemas são conhecidos, não podendo ser considerados integrantes do capital natural, muito embora se saiba que, do ponto de vista ecológico, tais processos e funções possuem importância (e consequentemente valor) para o funcionamento do todo ecossistêmico.

<sup>8</sup> Ver adiante discussão sobre as possibilidades de substituição entre os vários tipos de capital.

condições de se tomar ações para proteção do capital natural. Ademais, esta classificação se distancia da tradicional denominação comum de ambos como “fatores de produção” feita pela economia convencional.

Recursos estoque-fluxo são aqueles recursos do capital natural que são incorporados ao produto final. Produzem um fluxo material que pode ser de qualquer magnitude, sendo que o estoque que gerou esse fluxo pode ser usado a qualquer taxa. A unidade apropriada para mensurar a produção de um recurso estoque-fluxo é a quantidade física de bens que podem ser produzidos, sendo que o fluxo material resultante pode ser estocado para usos futuros. Os recursos fundo-serviço, por sua vez, são aqueles que não são incorporados ao produto final. Eles produzem serviços a taxas fixas e estes não podem ser estocados para uso futuro. Ao contrário dos recursos estoque-fluxo, os quais são completamente “gastos” no processo de produção, os recursos fundo-serviço são apenas depreciados, podendo ser reutilizados em um novo ciclo de produção. A preocupação central é com a capacidade de os recursos fundo-serviço proverem seus serviços.<sup>9</sup>

As complexas e dinâmicas interações entre os recursos estoque-fluxo e fundo-serviços (componentes do capital natural), cuja totalidade pode ser chamada de *elementos estruturais* do capital natural –<sup>10</sup> produzem o que é conhecido como *funções ecológicas ou funções ecossistêmicas*. Estas incluem transferência de energia, ciclagem de nutrientes e da água, regulação de gases, regulação climática, etc. O conhecimento humano sobre como as funções ecossistêmicas emergem do funcionamento e interação dos elementos estruturais do capital natural é muito limitado, o que dificulta a antecipação dos impactos das atividades humanas sobre tais funções. As tomadas de decisão relacionadas às funções ecossistêmicas envolvem elevado grau de incerteza, o que justifica o recurso ao chamado *Princípio da Precaução* (ILGRA 2002; Dorman 2005).

O relacionamento entre os componentes estoque-fluxo e fundo-serviço do capital natural ilustra um dos mais importantes conceitos subjacentes a uma abordagem alternativa de tratamento das questões ambientais. Grosso modo, o raciocínio presente é que “*não se pode criar alguma coisa do nada*”. Este fato, por mais evidente que possa parecer, é enunciado pela Primeira Lei da Termodinâmica e muitas vezes não é corretamente incluído em esquemas analíticos mais tradicionais. Toda produção econômica requer um fluxo físico de recursos naturais gerados pelo capital natural, sendo tal fluxo proveniente dos seus componentes estruturais, os quais também podem ser fundos para a produção de outros benefícios (intangíveis)

<sup>9</sup> Pode-se também dizer que os recursos estoque-fluxo são a “causa-material” do processo produtivo, enquanto que os recursos fundo-serviço são a “causa-eficiente” da produção. Como exemplo, a produção de pizzas conta com os ingredientes, o cozinheiro e a cozinha onde a produção é realizada. Os primeiros são causa-material e os dois últimos (cozinheiro e cozinha) são causas-eficiente.

<sup>10</sup> A estrutura básica do capital natural provém do que é conhecido como biodiversidade. Esta pode ser definida como a variabilidade entre os organismos vivos de todas as fontes, incluindo, entre outros, aqueles pertencentes aos ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos dos quais fazem parte. Inclui a diversidade dentro das espécies, entre as espécies e entre os ecossistemas (*Convention on Biological Diversity*, CBD (1992, article 2)). A perda da biodiversidade representa a maior ameaça aos ecossistemas e à sua capacidade em sustentar processos ecológicos básicos que suportam a vida no planeta (Naeem et alii 1999).

úteis para o ser humano. Assim, a depleção dos componentes estruturais do capital natural reduz os benefícios tangíveis (fluxo de recursos naturais) e compromete as funções ecossistêmicas e a capacidade de geração dos benefícios intangíveis.

Há, portanto, um caráter interdependente entre estrutura e funções ecológicas, o que pressupõe a análise conjunta dessas duas categorias. O problema com análises convencionais é que elas frequentemente enfocam apenas uma dimensão dos componentes do capital natural, não levando em conta as interconexões existentes entre estrutura e funções do capital natural.<sup>11</sup>

Outra classificação dos componentes do capital natural diz respeito à renovabilidade dos recursos. Recursos abióticos como combustíveis fósseis e minerais são virtualmente considerados como não renováveis, embora os minerais possam ser recicláveis. Tais recursos são tidos como inventários e sua liquidação é função da demanda e das decisões da geração atual. Quanto aos recursos renováveis, estes são a parte do capital natural que possui capacidade própria de renovação a partir do consumo direto ou indireto de energia solar. Todavia, sua renovabilidade é comprometida quando a taxa de extração supera a reprodução natural do elemento do capital natural (Costanza e Daly 1992).

Independente do prisma teórico sob o qual se analisa as relações entre economia e meio ambiente, o ponto consensual é de que os sistemas naturais vêm sendo ameaçados pelas constantes intervenções humanas, sendo necessário compreender de que forma se dão as interconexões entre os sistemas econômico e natural, bem como os fatores que acarretam mudanças no meio ambiente. O princípio norteador é propor medidas para o uso sustentável e eficiente do capital natural. Como já assinalado, uma preocupação central é com relação aos benefícios intangíveis gerados pelo capital natural, uma vez que tais benefícios são insubstituíveis na prática.

A crescente escassez relativa do capital natural alude à necessidade de adoção de políticas que criem incentivos para sua preservação. Muito embora haja um amplo consenso político sobre a necessidade de um “desenvolvimento sustentável”, ainda existem controvérsias sobre o tipo de capital que se deve sustentar. A definição mais usual de desenvolvimento sustentável é dada pelo Relatório Brundtland, que o define como “aquele desenvolvimento que permite às gerações presentes satisfazerem suas necessidades sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias” (Brundtland 1987, p. 24). Assim colocado, o desenvolvimento sustentável pressupõe a igualdade de oportunidades econômico-sociais e ecológicas entre a geração corrente e as gerações futuras. Resta saber se a depleção atual do capital natural poderá ser substituída no futuro por outras formas de capital para satisfação das necessidades das gerações vindouras.

---

<sup>11</sup> Exemplo é a tradicional divisão da economia ambiental neoclássica entre economia da poluição – que foca o meio ambiente no seu caráter de absorvedor dos resíduos da atividade econômica – e a economia dos recursos naturais, que enfatiza a característica de *inputs* dos recursos naturais. Como se verá mais adiante, a “Economia dos Ecossistemas” tem como desafio fundir os dois tipos de análises numa tentativa de entender os mecanismos pelos quais são geradas as funções ecossistêmicas.

Em se tratando das possibilidades de substituição dos diversos tipos de capital, há aqueles que advogam ser possível substituir capital natural por capital construído pelo homem, originando o conceito de “sustentabilidade fraca”. Para os adeptos a esse conceito, o progresso tecnológico será sempre capaz de relativizar os eventuais obstáculos colocados pela escassez do capital natural ao crescimento econômico. Desse ponto de vista, uma sociedade será sustentável se a queda do capital natural for compensada com o aumento dos demais tipos de capital, mantendo-se, assim, todo o estoque de capital do sistema econômico.

Por outro lado, os que não concordam com a visão acima, afirmam que alguns elementos do capital natural não são substituíveis por outras formas de capital, o que exige uma postura de manutenção do estoque do capital natural. Essa postura é conhecida como “sustentabilidade forte” e parece a mais pertinente conduta para se tratar de recursos que envolvem alto grau de ignorância e incerteza.

Sobre a relação entre o capital natural e os demais tipos de capital construído pelo homem, é evidente o caráter de complementaridade entre eles. A hipótese de quase perfeita substituição entre o capital natural e o capital construído pelo homem, adotada pelos otimistas tecnológicos, possui pouco suporte lógico e prático. Se o capital construído pelo homem fosse um substituto perfeito do capital natural, este também seria um substituto perfeito para o primeiro. Se esse fosse o caso, não haveria necessidade de produção de capital construído pelo homem, uma vez que o capital natural já está disponível (Costanza e Daly 1992). O fato de que historicamente a sociedade vem empreendendo esforços para o acúmulo de capital (principalmente de capital físico) demonstra que estes dois tipos de capital (natural e construído pelo homem) são complementares e não substituíveis entre si.

Os adeptos da “sustentabilidade forte” admitem certo grau de substituição entre capital natural e demais tipos de capital. No entanto, consideram que estas possibilidades de substituição são bastante limitadas, principalmente quando se leva em conta componentes do capital natural que geram serviços de suporte à vida impossíveis de serem substituídos. Esses componentes formam o chamado “capital natural crítico”, para o qual não existe substituto, sendo a condição necessária para a sustentabilidade a manutenção desse estoque ao longo do tempo (Lima 1999).<sup>12</sup>

Considerando o fato essencial subjacente ao debate sobre a substituíbilidade ou complementaridade entre os diversos tipos de capital, qual seja, a incerteza sobre a disponibilidade de recursos naturais no futuro, Costanza et alii (2000) propõem uma estratégia de precaução cética, a qual assume a possibilidade de ocorrência de problemas futuros relacionados à falta de capital natural, mas que deixa abertas as possibilidades de que os mesmos sejam solucionados e de que não sejam tão graves como inicialmente previstos. Segundo tais autores, esta posição pode ser adotada independentemente da visão otimista ou pessimista em relação ao futuro. Tal estratégia não pressupõe o desestímulo a novas tecnologias e a aversão total aos riscos envolvidos. Ao contrário, ela advoga o gerenciamento apropriado dos riscos,

---

<sup>12</sup> Para uma discussão mais detalhada sobre as especificidades do capital natural crítico, ver Brand (2009).

em linha com seus potenciais benefícios, custos e incertezas, não comprometendo a saúde das populações humanas e dos ecossistemas.

Quanto à renda natural gerada, os benefícios tangíveis (fluxos de recursos naturais, como madeira e alimentos, por exemplo) e intangíveis (amenidades como beleza cênica e regulação do clima) provenientes do capital natural podem ser classificados numa definição ampla de *serviços ecossistêmicos*.<sup>13</sup> As funções ecossistêmicas são reconceituadas como serviços ecossistêmicos na medida em que trazem implícita a ideia de valor humano, sendo que uma função passa a ser considerada um serviço ecossistêmico quando ela apresenta possibilidade/potencial de ser utilizada para fins humanos (Huetting et alii 1998).

Os processos (funções) e serviços ecossistêmicos nem sempre apresentam uma relação biunívoca, sendo que um único serviço ecossistêmico pode ser o produto de duas ou mais funções, ou uma única função pode gerar mais que um serviço ecossistêmico (Costanza et alii 1997; De Groot et alii 2002). A natureza interdependente das funções ecossistêmicas faz com que a análise de seus serviços requiera a compreensão das interconexões existentes entre os seus componentes, resguardando a capacidade dinâmica de os ecossistemas em gerarem seus serviços (Limburg e Folke 1999). Além disso, o fato de que a ocorrência das funções e serviços ecossistêmicos poder se dar em várias escalas espaciais e temporais torna suas análises uma tarefa ainda mais complexa.

A vida no planeta Terra está intimamente ligada à contínua capacidade de provisão de serviços ecossistêmicos (MEA 2005; Sukhdev 2008). A demanda humana pelos mesmos vem crescendo rapidamente, ultrapassando em muitos casos a capacidade de os ecossistemas fornecê-los. Em sendo assim, faz-se premente não apenas o esforço de compreensão da dinâmica inerente aos elementos estruturais do capital natural, mas também é de fundamental importância entender quais são os mecanismos de interação entre os fatores de mudança dos ecossistemas e sua capacidade de geração dos serviços ecossistêmicos, bem como seus impactos adversos sobre o bem-estar humano.

Seguindo a taxonomia da Avaliação do Milênio, os serviços ecossistêmicos podem ser classificados em quatro categorias, a saber:

- i. serviços de provisão (ou serviços de abastecimento);
- ii. serviços de regulação;
- iii. serviços culturais; e
- iv. serviços de suporte.

Os *serviços de provisão* incluem os produtos obtidos dos ecossistemas, tais como alimentos e fibras, madeira para combustível e outros materiais que servem como fonte de energia, recursos genéticos, produtos bioquímicos, medicinais e farmacêuticos, recursos ornamentais e água. Sua sustentabilidade não deve ser medida apenas em termos de fluxos, isto é, quantidade de produtos obtidos em determinado período. Deve-se proceder a uma análise que considere a qualidade

---

<sup>13</sup> Esta definição segue Daily (1997), que também classifica os benefícios tangíveis e intangíveis numa mesma categoria ampla de “serviços ecossistêmicos”.

e o estado do estoque do capital natural que serve como base para sua geração, atentando para restrições quanto à sustentabilidade ecológica. Em outras palavras, faz-se necessário observar os limites impostos pela capacidade de suporte do ambiente natural (física, química e biologicamente), de maneira que a intervenção antrópica não comprometa irreversivelmente a integridade e o funcionamento apropriado dos processos naturais.

Os esforços empreendidos para atender à crescente demanda pelos serviços de provisão ilustram a existência de *trade-offs* na geração de serviços ecossistêmicos. Ações no sentido de aumentar a produção de alimentos, as quais geralmente envolvem o incremento no uso de água e fertilizantes, além de frequentemente envolverem expansão de área cultivada, impactam ou degradam outros serviços, incluindo a redução da quantidade e qualidade de água para outros usos, assim como o decréscimo da cobertura florestal e ameaças à biodiversidade.

Quanto aos *serviços de regulação*, estes se relacionam às características regulatórias dos processos ecossistêmicos, como manutenção da qualidade do ar, regulação climática, controle de erosão, purificação de água, tratamento de resíduos, regulação de doenças humanas, regulação biológica, polinização e proteção de desastres (mitigação de danos naturais). Diferentemente dos serviços de provisão, sua avaliação não se dá pelo seu “nível” de produção, mas sim pela análise da capacidade de os ecossistemas regularem determinados serviços.

Apesar das incertezas envolvidas e a falta de um completo entendimento sobre a dinâmica subjacente aos processos regulatórios dos ecossistemas, espera-se que o futuro de alguns serviços, como a capacidade de absorção de carbono (associado com a regulação climática), seja grandemente comprometido por mudanças esperadas nos usos do solo. Espera-se também uma queda na capacidade de mitigação de danos naturais, outro importante serviço de regulação, devido à mudanças nos ecossistemas, o que pode ser evidenciado pelo aumento da frequência de desastres naturais.

Os *serviços culturais* incluem a diversidade cultural, na medida em que a própria diversidade dos ecossistemas influencia a multiplicidade das culturas, valores religiosos e espirituais, geração de conhecimento (formal e tradicional), valores educacionais e estéticos, etc. Estes serviços estão intimamente ligados a valores e comportamentos humanos, bem como às instituições e padrões sociais, características que fazem com que a percepção dos mesmos seja contingente a diferentes grupos de indivíduos, dificultando sobremaneira a avaliação de sua provisão.

As sociedades têm desenvolvido uma interação íntima com o seu meio natural, o que tem moldado a diversidade cultural e os sistemas de valores humanos. Entretanto, a transformação de ecossistemas biodiversos em paisagens cultivadas com características mais homogêneas, associada às mudanças econômicas e sociais, como rápida urbanização, melhoramento e barateamento nas condições de transporte e aprofundamento da globalização econômica, têm enfraquecido substancialmente as ligações entre ecossistemas e diversidade/identidade cultural.

Por outro lado, o uso dos elementos do capital natural para objetivos de recreação

e turismo tem aumentado devido principalmente ao aumento da população, maior disponibilidade de tempo para o lazer entre as populações mais ricas e maior infraestrutura de suporte a esse tipo de atividade. O turismo ecológico, por exemplo, corresponde a uma das principais fontes de renda para alguns países que possuem grande parte dos seus ecossistemas ainda conservada.

Os *serviços de suporte* são aqueles necessários para a produção dos outros serviços ecossistêmicos. Eles se diferenciam das demais categorias na medida em que seus impactos sobre o homem são indiretos e/ou ocorrem no longo prazo. Como exemplos, pode-se citar a produção primária, produção de oxigênio atmosférico, formação e retenção de solo, ciclagem de nutrientes, ciclagem da água e provisão de habitat.

Os ciclos de vários nutrientes chave para o suporte da vida têm sido significativamente alterados pelas atividades humanas ao longo dos últimos dois séculos, com consequências positivas e negativas para os outros serviços ecossistêmicos, além de impactos no próprio bem-estar humano. A capacidade dos ecossistemas terrestres em absorver e reter nutrientes suspensos na atmosfera ou fornecidos através da aplicação de fertilizantes tem sido comprometida pela transformação e simplificação dos ecossistemas em paisagens agrícolas de baixa diversidade. Em consequência, há um incremento no vazamento desses nutrientes para rios e lagos, sendo transportados para ecossistemas costeiros e causando impactos adversos, como a eutrofização e a consequente perda de biodiversidade em ecossistemas aquáticos.

Como resultado da degradação do capital natural, a ameaça de alterações drásticas nos fluxos de serviços ecossistêmicos tem crescentemente preocupado a comunidade acadêmica e os tomadores de decisão. Parafraseando Hardin (1968), Lant et alii (2008) utilizam a expressão “tragédia dos serviços ecossistêmicos” para se referirem ao declínio da sua provisão, principalmente considerando os serviços de regulação, de suporte e culturais. Para estes autores, a degradação dos fluxos de serviços ecossistêmicos faz parte de uma armadilha social em que as falhas nas leis de propriedade comunal e os incentivos econômicos que abrangem apenas bens e serviços transacionados nos mercados são responsáveis pela destruição dos serviços de suporte à vida oferecidos “gratuitamente” pelos ecossistemas.

Em um cenário de contínua degradação dos ecossistemas, o alcance do desenvolvimento sustentável requer um melhor entendimento da medida da dependência humana com relação serviços ecossistêmicos e, por conseguinte, da vulnerabilidade do bem-estar humano em relação às mudanças nos ecossistemas (EFTEC 2005). Embora ainda não completamente compreendidas, as relações entre o bem-estar e os serviços ecossistêmicos são complexas e não lineares. Quando um serviço ecossistêmico é abundante em relação à sua demanda, um incremento marginal em seu fluxo representa apenas uma pequena contribuição ao bem-estar humano. Entretanto, quando o serviço ecossistêmico é relativamente escasso, um decréscimo em seu fluxo pode reduzir substancialmente o bem-estar.

Os impactos de mudanças nos fluxos de serviços ecossistêmicos sobre os constituintes do bem-estar são complexos e envolvem relações de causação que

se reforçam mutuamente, devido principalmente à interdependência dos processos de geração dos serviços ecossistêmicos e entre as próprias dimensões do bem-estar. As mudanças nos serviços ecossistêmicos de provisão, por exemplo, afetam todos os constituintes do bem-estar material dos indivíduos. Entretanto, os efeitos adversos de mudanças nos fluxos dos serviços de provisão podem ser minorados por circunstâncias socioeconômicas.

O papel dos serviços ecossistêmicos é crucial no alcance dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. Esse fato pode ser evidenciado pela constatação de que as regiões com maiores dificuldades em atingir as metas são aquelas onde suas populações apresentam uma maior dependência direta em relação aos ecossistemas e seus serviços (MEA 2005). Considerando as ligações entre o bem-estar humano e os serviços prestados pelos ecossistemas, torna-se claro que qualquer ação que vise aumentar a qualidade de vida das populações e acelerar o processo de desenvolvimento deve reconhecer explicitamente a importância dos serviços prestados pelos ecossistemas para as condições de vida humana. Assim sendo, a reversão da degradação do capital natural como garantia para o incremento dos fluxos de serviços ecossistêmicos torna-se um imperativo na busca dos objetivos colocados pelo Projeto do Milênio.

#### 4. A “Economia dos Ecossistemas”

A mudança no padrão de escassez, isto é, a passagem de um mundo relativamente “vazio” (*empty world*), no qual o capital natural era superabundante e o capital produzido era o fator escasso, para um mundo “cheio” (*full world*), no qual os artefatos humanos passam a ser o fator superabundante e o capital natural passa a ser o fator escasso, exige que se desenvolva um novo modelo de análise econômica que enfrente os problemas de alocação e preservação dentro do *full world*. Conforme Costanza (2008, p. 30), “ultimately we have to create a new vision of what the economy is and what it is for, and a new model of development that acknowledges the new full-world context”.

Os problemas de degradação do capital natural e perda de sua capacidade suporte às atividades humanas impõem novos desafios teóricos e metodológicos. Se, de um lado, os métodos convencionais de análise econômica foram construídos no contexto do *empty world*, de outro, a emergência do *full world* exige que tais métodos sejam readequados no sentido de incorporar os novos desafios impostos pela natureza dos novos recursos escassos. Em última instância, é necessária a construção de uma nova visão de mundo que seja compatível com o *full world*. Esta nova abordagem pode ser referida como *full world economics*, como sugere Daly (2005), ou, ainda, como *Green Consensus* (Costanza 2008).

Uma abordagem alternativa deve perseguir o objetivo precípua de sustentabilidade econômica, social e ecológica,<sup>14</sup> através da preservação e

<sup>14</sup> Segundo Daly (2005), a principal ideia por trás do conceito de sustentabilidade é a mudança de trajetória do progresso a partir do crescimento, o qual não é sustentável, para o desenvolvimento, o

alocação eficiente do capital natural, aumento sustentável do bem-estar humano e manutenção das condições de funcionamento adequado do ecossistema terrestre. Em outras palavras, esta nova abordagem deve reconhecer a importância da sustentabilidade ecológica e da eficiência econômica para o bem-estar humano sustentável.

Em se tratando da sustentabilidade ecológica e preservação do capital natural, é premente que este novo esquema de análise incorpore a ideia de limites biofísicos ao crescimento contínuo do sistema econômico. Afora os economistas ecológicos, as considerações sobre escala do sistema econômico e as consequências de um possível *overshooting* da capacidade de suporte do ecossistema terrestre têm sido solenemente desconsideradas por parte dos partidários do vigente *paradigma expansionista* (neoclássico) (Rees 2003).

Dentro do *mainstream* econômico existe um ramo especialmente dedicado aos problemas ambientais. Conhecido como *Environmental Economics* ou Economia Ambiental Neoclássica, este *branch* da teoria econômica convencional analisa os problemas ambientais a partir do conceito de externalidades. Tem um enfoque majoritariamente reducionista e desconsidera o caráter dinâmico das interações ecossistêmicas e suas interfaces com o sistema econômico. Seu instrumental analítico se preocupa basicamente o com o bem-estar dos indivíduos e com a alocação ótima dos recursos. Questões de sustentabilidade não são necessariamente satisfeitas e os conceitos de escala ótima e distribuição justa assumem um papel secundário em sua análise. O meio ambiente é visto como neutro e passivo e não representa um obstáculo ao crescimento econômico (Andrade 2008).

Como contraponto à abordagem neoclássica do meio ambiente, tem-se a chamada Economia Ecológica. Conforme Romeiro (2009), os elementos fundamentais que a distinguem da Economia Ambiental Neoclássica são:

- i. comunhão com outras correntes críticas ao pensamento econômico convencional no que diz respeito às hipóteses sobre o comportamento dos agentes econômicos;
- ii. incorporação da ideia de limites termodinâmicos à expansão material/energética do sistema econômico; e
- iii. consideração (ou pelo menos uma tentativa de se considerar) a complexidade sistêmica do capital natural e a questão da possibilidade de perdas irreversíveis.

Considerando as premissas fundamentais da visão econômico-ecológica e a importância do capital natural para o sistema econômico e bem-estar humano, bem como suas especificidades e as limitações do esquema analítico convencional, é pertinente se pensar em uma estrutura de análise que seja especificamente dedicada à problemática de degradação do capital natural e dos seus serviços. Esta nova estrutura analítica, a qual poderia ser vista como uma disciplina dentro do corpo teórico da Economia Ecológica e cuja referência seria “Economia dos Ecossistemas”, deve partir da visão pré-visão analítica de que o sistema econômico encontra-se

---

qual presumivelmente o é.

contido num sistema maior que o sustenta (capital natural global), o qual possui capacidade limite para suportar o sistema econômico.

Assim, admite-se explicitamente a existência de limites biofísicos e ecológicos ao crescimento do sistema econômico. Dado o ritmo crescente de acumulação de capital produzido pelo homem e a crescente escassez relativa de capital natural, uma questão premente seria aumentar a produtividade dos elementos do capital natural e maximizar a provisão dos seus serviços. Seu principal objetivo, portanto, seria a gestão sustentável do capital natural de maneira a preservar sua capacidade de gerar serviços essenciais de suporte à vida.

Esta estrutura analítica deve ser informada pelos seguintes princípios básicos:

- (1) o capital natural impõe limites biofísicos à expansão (escala) da economia;
- (2) estes limites não são e não podem ser totalmente conhecidos e sua ultrapassagem (*overshooting*) pode levar a perdas irreversíveis potencialmente catastróficas;
- (3) a degradação do capital natural é um processo duplamente perverso, pois diminui o estoque de ativos naturais e compromete sua capacidade de geração de serviços;
- (4) dadas as incertezas envolvidas e a ignorância sobre os processos que geram os serviços do capital natural, é recomendável uma postura de precaução cética;
- (5) direito de existência das espécies não humanas.

Um primeiro elemento desta estrutura analítica se refere à mudança de ordem metodológica na consideração das duas dimensões do capital natural, como provedor de matérias primas (estoque-fluxo) e de serviços ecossistêmicos (fundo-serviço). Enquanto as análises convencionais focam separadamente a natureza estoque-fluxo e fundo-serviço dos elementos do capital natural, a “Economia dos Ecossistemas” integraria ambas as análises, enfatizando a interdependência entre estrutura e funções ecossistêmicas. De modo específico, enfocaria a depleção do capital natural como um processo duplamente maléfico para a sociedade humana: a perda de fluxos materiais tangíveis (recursos naturais) e a perda de elementos que geram fluxos de benefícios intangíveis (serviços ecossistêmicos). Este reconhecimento amplifica a contabilidade dos custos das análises tradicionais, o que favorece a decisão pela conservação e preservação do capital natural.

Em segundo lugar, é necessário superar os limites impostos pela dicotomia encerrada no debate entre visão otimista e visão pessimista sobre as possibilidades de o progresso técnico ser capaz de superar os obstáculos impostos pela contínua degradação do capital natural, adotando a estratégia de precaução cética, tal como proposta por Costanza et alii (2000), a qual admite que o capital natural é um portfólio de ativos (ambientais) que precisa ser administrado de maneira eficiente e prudente, dado seu caráter de bem público e as incertezas fundamentais que envolvem a dinâmica de seus elementos estruturais. Sendo um conjunto de ativos que gera um fluxo de benefícios essenciais, o capital natural deveria também, de modo análogo, ser alvo de estratégias de gestão aplicadas a portfólios de outra natureza. Os proprietários destes últimos não se baseiam nas aludidas vantagens

do livre mercado para maximizar os valores de seus rendimentos. Ao contrário, estes portfólios são geridos de maneira proativa e preventiva, de modo que a mesma lógica deveria ser aplicada ao portfólio ambiental (capital natural).

A estratégia a ser adotada para a preservação do capital natural deveria ser pautada pelos seguintes critérios:

- i. proteção do capital, o que significa que a sociedade deve manter o estoque de capital natural intacto a fim de tornar possível a contínua provisão de serviços ecossistêmicos. Ações que degradam o capital natural devem ser tomadas em última instância, quando não existirem alternativas. A estratégia de proteção deve ser perseguida até o momento em que seja possível demonstrar que existem substitutos viáveis aos serviços fornecidos pelo capital natural;
- ii. diversificação de investimentos, o que demonstra a necessidade de que a preservação do capital natural seja vista como um *hedge* contra outros tipos de investimento (mudança tecnológica, por exemplo). Este tipo de estratégia reconhece a dependência de outros tipos de investimento sobre a infraestrutura fornecida pelo capital natural;
- iii. parcimônia nos riscos tomados, o que indica que, uma vez que a maioria dos benefícios providos pelo capital natural é insubstituível, deve-se adotar uma postura de aversão ao risco;
- iv. necessidade de seguro, o que, no caso do capital natural, significa a criação de reservas de preservação estratégica de parte do capital natural (Costanza et alii 2000).

Em conjunto com a adoção dessas medidas fundamentais da gestão de portfólios, um terceiro elemento desta estrutura analítica se refere à necessidade de um melhor desenho institucional para suportar um gerenciamento eficiente e sustentável do capital natural. Trata-se na verdade da superação do que pode ser considerado como uma “falha institucional”, através de um novo desenho que lide com os problemas de gerenciamento do capital natural e com a definição dos beneficiários e provedores dos serviços por ele providos. Além de favorecer a propriedade comum,<sup>15</sup> em detrimento da propriedade privada e estatal, este desenho basear-se-ia nos princípios de governança sustentável, propostos por Costanza et alii (1998), quais sejam:

- i. responsabilidade;
- ii. definição apropriada da escala;
- iii. precaução;
- iv. gestão adaptativa;
- v. alocação plena dos custos; e
- vi. participação.

Tais princípios formam um conjunto indivisível de orientações básicas para gestão institucional do capital natural.

Um quarto elemento desta estrutura analítica refere-se aos problemas complexos envolvendo a geração de benefícios pelo capital natural. Tais problemas se

---

<sup>15</sup> Ver Barnes (2006) para uma visão sobre a propriedade comum aplicada ao capital natural.

relacionam com o caráter de bem público assumido pela maioria dos serviços ecossistêmicos e pela variedade de escalas temporais e espaciais em que eles ocorrem. O *trade-off* básico é que os custos de preservação do capital natural geralmente são locais, enquanto que os benefícios muitas vezes são globais. Os perdedores e ganhadores de qualquer situação de mudança ambiental (variação na quantidade e qualidade de capital natural) dependerão do tipo e escala dos serviços ecossistêmicos providos, do *mix* de *stakeholders* envolvidos e o contexto sociocultural e socioeconômico prevalecente.

Devido a isso, políticas econômicas visando à proteção do capital natural devem levar em conta não apenas princípios de eficácia e eficiência, mas critérios éticos de equidade, justiça e legitimidade. Os arranjos nacionais e internacionais existentes para conservar o capital natural global através de mecanismos de mercado precisam incorporar complexidades locais, sociais, políticas, legais e culturais em seu desenho e em sua implementação (Turner e Daily 2008).

O quinto elemento é de ordem informacional. Embora haja um crescente reconhecimento da essencialidade dos serviços ecossistêmicos e da dependência do bem-estar humano com relação ao capital natural, informações detalhadas sobre como seus diferentes elementos estruturais se interagem e geram serviços úteis ao homem ainda são deficientes. Essa “falha de informação” é uma das razões pelas quais o financiamento para a conservação do capital natural ainda é insuficiente (Turner e Daily 2008).

Dada a dificuldade de obtenção de informações sobre como ocorrem os processos ecológicos subjacentes aos elementos do capital natural e os benefícios derivados, é fundamental a articulação das disciplinas científicas num esforço comum de geração de dados sobre oferta e demanda de serviços ecossistêmicos. Especificamente, informações sobre oferta de serviços ecossistêmicos por diferentes tipos de ecossistemas e informações sobre a demanda por serviços ecossistêmicos por parte dos diversos setores econômicos são essenciais para a simulação de cenários sobre a trajetória dos serviços ecossistêmicos e do capital natural. As informações de diversas disciplinas devem ser agregadas para a construção de um banco de dados que subsidie análises cujo objetivo é elucidar o grau de dependência das atividades econômicas e do bem-estar em relação ao capital natural e seus serviços.

Finalmente, o sexto elemento, de importância crucial, diz respeito ao tema da valoração do capital natural e dos seus serviços. Enquanto provedor de serviços essenciais, o capital natural é reconhecidamente dotado de valor econômico. No entanto, a característica de bens públicos assumida pela maior parte de seus elementos estruturais faz com que os seus valores econômicos não sejam adequadamente capturados pelo mercado. Criar mecanismos para que os valores dos serviços prestados pelo capital natural sejam internalizados de maneira apropriada pelo sistema econômico representa um desafio na medida em que as abordagens convencionais até então utilizadas para a valoração dos serviços ecossistêmicos enfatizam ou o sistema econômico ou os ecossistemas, não se preocupando com as interrelações entre os dois sistemas e com os aspectos éticos e normativos dos valores dos serviços ecossistêmicos. Além disso, tais abordagens são estáticas ou quase

estáticas, não acompanhando as trajetórias dos valores dos serviços ecossistêmicos associadas à evolução das estruturas do capital natural (Winkler 2006).

Quanto a este último ponto, faz-se necessário uma valoração dinâmica e ao mesmo tempo integrada dos serviços ecossistêmicos, que amplie o escopo dos exercícios valorativos até então realizados. Além de considerar a dinâmica ecológica, uma valoração dentro dos princípios da “Economia dos Ecossistemas” deveria incluir também as visões que diferentes grupos de indivíduos têm sobre as diversas categorias de serviços ecossistêmicos e suas dimensões culturais e éticas. Não basta apenas ampliar o cenário de valoração, incorporando aspectos de dimensões ecológicas e biofísicas. É preciso reconhecer que os seres humanos possuem uma racionalidade limitada e que é necessário ponderar quesitos de ordem social.

## 5. À Guisa de Conclusão

A utilização irracional dos recursos do capital natural tem levado à contínua degradação dos fluxos de serviços ecossistêmicos, os quais são fundamentais para o suporte à vida e para o bem-estar humano. A sociedade como um todo deve repensar o tratamento dispensado ao seu patrimônio natural e, de modo especial, cientistas devem se esforçar no sentido de adequarem seus esquemas analíticos às novas demandas colocadas pela questão ambiental.

A trajetória da sociedade capitalista e da engrenagem econômica por ela ensejada tem sido apontada como ecologicamente insustentável, no sentido de que os sinais de degradação do capital natural e a deterioração de seus fluxos de serviços tornam-se cada vez mais claros. Entre outros, pode-se citar como exemplo a recorrência de desastres ecológicos, a mudança no clima e a contínua perda de diversidade biológica, representada pela homogeneização de paisagens naturais. Em editorial recente da revista *Nature*, a urgência em se preservar o capital natural e seus serviços é ressaltada em forma de metáfora: *“the economic downturn might be the best time to include ecosystem services in the real economy (...) destroying ecosystem for short-term benefit is like killing the cow for its meat, while one might keep from starving by drinking its milk for years”* (Nature 2009, p. 764).

Como novo fator escasso, o capital natural encerra algumas especificidades que justificam um tratamento especial da teoria econômica no que se tange à sua alocação e preservação. Em primeiro lugar, os componentes do capital natural são, em sua maioria, não rivais e não excludentes, o que os coloca dentro da categoria de bens públicos. Em segundo lugar, as complexas e dinâmicas relações entre seus componentes geram um fluxo de serviços de suporte às atividades humanas que, na prática, são de difícil ou impossível substituição.

Sendo a base física para geração dos serviços ecossistêmicos, os ecossistemas – ou de maneira mais genérica, o capital natural – devem ser tratados como ativos que rendem fluxos de serviços (renda natural) vitais para o bem-estar humano. Ao se discutir as principais especificidades do capital natural e os inconvenientes de uma análise baseada no esquema convencional, a contribuição deste trabalho foi

apresentar de maneira sistematizada os princípios que devem ser observados ao se considerar os ecossistemas como um portfólio natural. A proposta feita é de que questões relativas à sua gestão sustentável, prudente e eficiente sejam tratadas à luz de uma estrutura analítica chamada de “Economia dos Ecossistemas”, cujo fulcro seria a consideração da estrita dependência humana sobre os seus benefícios. Tal estrutura analítica segue os princípios básicos da chamada Economia Ecológica e já vem sendo esboçada por seus autores, os quais reconhecem as limitações da teoria econômica convencional.

Em se tratando de sua alocação, o atributo de bem público de grande parte do capital natural faz com que este não seja considerado nas transações econômicas e que sua contribuição para o bem-estar humano não seja corretamente avaliada. O fato de não ser precificado como outro bem ou serviço faz com que não haja incentivos para sua preservação, levando à superexploração e, muitas vezes, à sua perda total. Resta, pois, encontrar meios eficazes para se incluir adequadamente o capital natural nas transações de mercado de maneira a se obter uma verdadeira eficiência alocativa, não perdendo de vista a necessidade de sua preservação como meio de garantir condições mínimas de vida para as gerações futuras.

Na perspectiva de que a preservação do patrimônio natural da humanidade (capital natural global) é crucial para a sobrevivência humana e de que o assustador aumento da escala humana acarretou uma mudança do padrão de escassez dos recursos (*empty world* para *full world*), a proposta da “Economia dos Ecossistemas” parte da premissa geral de que o tratamento até então dado às questões ambientais no âmbito do esquema analítico convencional é reducionista e viesado. Em sendo assim, não se pode pensar em soluções para os desafios colocados pela problemática do capital natural sem a convicção mínima de que são precisas novas ferramentas teórico-metodológicas que permitam análises transversais e a incorporação de conhecimento transdisciplinar.

Dentro do corpo mais amplo da teoria econômica, esta estrutura estaria mais próxima das premissas básicas da Economia Ecológica, dentro da qual se admite a existência de limites biofísicos e ecológicos à contínua expansão do sistema econômico, bem como a existência de limiares ecológicos (*thresholds*) que uma vez ultrapassados podem levar a perdas irreversíveis potencialmente catastróficas. Dentro dessa visão pré-analítica fundamental, a “Economia dos Ecossistemas” tem como desafio analisar as interações entre sistema econômico e o capital natural e como ocorrem os processos ecológicos que geram serviços essenciais de suporte à vida. Seus elementos estruturais e as funções ecológicas decorrentes são interdependentes, o que requer um esforço de análise conjunta dos vários tipos de recursos que o compõem. Isto é, a “Economia dos Ecossistemas” tem como desafio fundir os dois tipos de análises (estoque-fluxo e fundo-serviço) numa tentativa de entender os mecanismos pelos quais são geradas as funções ecossistêmicas.

A relevância de uma estrutura analítica voltada especificamente para a gestão do capital natural está no fato de que ela agrega e torna operacionalizáveis as contribuições de várias disciplinas que lidam com a temática ambiental. Ela enfrenta a questão da complexidade inerente aos processos ecológicos e reconhece

a necessidade do conhecimento transdisciplinar para lidar com os fenômenos relacionados ao capital natural. Como demonstrado pelo Projeto Biosfera 2, o capital natural é insubstituível e vulnerável e suas relações com os sistemas humanos são complexas e não lineares, indicando a urgência de se adotarem ações para a preservação do sistema natural que suporta as atividades humanas. Através de um *framework* pluralista e transdisciplinar, a “Economia dos Ecossistemas” focaria o problema da degradação do capital natural, reconhecendo que a humanidade não deve prescindir do seu uso, mas que este deve ser feito de maneira eficiente, prudente e sustentável.

## Referências bibliográficas

- Andrade, D. C. (2008). Economia e meio ambiente: Aspectos teóricos e metodológicos nas visões neoclássica e da economia ecológica. *Leituras de Economia Política*, 14:1–31.
- Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C. S., Jansson, B.-O., Levin, S., Mäler, K.-G., Perrings, C., & Pimentel, D. (1995). Economic growth, carrying capacity and the environment. *Science*, 268:520–521.
- Barnes, P. (2006). *Capitalism 3.0: A Guide to Reclaiming the Commons*. Berrett-Koehler, San Francisco.
- Berkes, F. & Folke, C. (1994). Investing in cultural capital for sustainable use of natural capital. In Jansson, A. M., Hammer, M., Folke, C., & Costanza, R., editors, *Investing in Natural Capital: The Ecological Economics Approach to Sustainability*, pages 22–37. Island Oress, Washington.
- Brand, F. (2009). Critical natural capital revisited: Ecological resilience and sustainable development. *Ecological Economics*, 68(3):605–612.
- Brundtland, G. H. (1987). Our common future. Report of the World Commission of Environment and Development – United Nations.
- CBD (1992). Convention on biological diversity. Concluded at Rio de Janeiro – 5 june 1992. Disponível em: <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-un-en.pdf>. Acesso em: jun. 2009.
- Chiesura, A. & De Groot, R. (2003). Critical natural capital: A socio-cultural perspective. *Ecological Economics*, 44(2–3):219–231.
- Costanza, R. (2000). Social goals and the valuation of ecosystem services. *Ecosystems*, 3:4–10.
- Costanza, R. (2001). Visions, values, valuation and the need for an ecological economics. *BioScience*, 51:459–468.
- Costanza, R. (2008). Stewardship for a “full” world. *Current History*, 107:30–35.
- Costanza, R., Andrade, F., Antunes, P., Van Den Belt, M., Boersma, D., Boesch, D. F., Catarino, F., Hanna, S., Limburg, K., Low, B., Molitor, M., Pereira, J. G., Rayner, S., Santos, R., Wilson, J., & Young, M. (1998). Principles for sustainable governance of the oceans. *Science*, 281:198–199.
- Costanza, R. & Daly, H. E. (1992). Natural capital and sustainable development. *Conservation Biology*, 6(1):37–46.
- Costanza, R., Daly, H. E., Folke, C., Hawken, P., Holling, C. S., McMichael, A. J., Pimentel, D., & Rapport, D. (2000). Managing our environmental portfolio. *BioScience*, 50(2):149–155.

- Costanza, R., D’Arge, R., De Groot, R. S., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O’Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., & Van Den Belt, M. (1997). The value of the world’s ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387:253–260.
- Daily, G. (1997). *Nature’s Services: Societal Dependence on Natural Ecosystem*. Island Press, Washington D.C.
- Daly, H. E. (1996). *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*. Beacon Press, Boston.
- Daly, H. E. (2005). Economics in a full world. *Scientific American*, September:100–107.
- Daly, H. E. & Cobb Jr, J. B. (1989). *For the Common Good: Redirecting the Economy Toward Community, the Environment and a Sustainable Future*. Beacon Press, Boston.
- Daly, H. E. & Farley, J. (2004). *Ecological Economics: Principles and Applications*. Island Press, Washington D.C.
- De Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans, R. M. J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3):393–408.
- Dorman, P. (2005). Evolving knowledge and the precautionary principle. *Ecological Economics*, 53(2):169–176.
- EFTEC (2005). Economic, social and ecological value of ecosystem services: A literature review. Economic for the Environment Consultancy. Final report prepared for The Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra). Disponível em: <http://www.fsd.nl/downloadattachment/71609/60019/theeconomicsocialandecologicalvalueofecosystems-services.pdf>. Acesso: mar. 2009.
- Friedman, B. (2005). *The Moral Consequences of Economic Growth*. Alfred A. Knopf, New York.
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *The Entropy Law and the Economic Process*. Harvard University Press, Cambridge.
- Grossman, G. M. & Krueger, A. B. (1994). Economic growth and the environment. NBER Working Paper 4634, fevereiro.
- Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons. *Science*, 162(3859):1243–1248.
- Hueting, R., Reijnders, L. de Boer, B., Lambooy, J., & Jansen, H. (1998). The concept of environmental function and its valuation. *Ecological Economics*, 25(1):31–35.
- ILGRA (2002). The precautionary principle: Policy and applications. Interdepartmental Liaison Group on Risk Assessment. Disponível em: <http://www.hse.gov.uk/aboutus/meetings/committees/ilgra/pppa.htm>. Acesso: mar. 2009.
- Lant, C. L., Ruhl, J. B., & Kraft, S. E. (2008). The tragedy of ecosystem services. *BioScience*, 58(10):969–974.
- Lawn, P. A. (2001). Scale, prices and biophysical assessments. *Ecological Economics*, 38:369–382.
- Lima, G. T. (1999). Naturalizando o capital, capitalizando a natureza: O conceito de capital natural no desenvolvimento sustentável. Texto para Discussão, Instituto de Economia (UNICAMP), texto 74.
- Limburg, K. E. & Folke, C. (1999). The ecology of ecosystem services: Introduction to the special issue. *Ecological Economics*, 29(2):179–182.
- Malghan, D. (2006). *On Being the Right Size: A Framework for the Analytical Study of Scale, Economy and Ecosystem*. PhD thesis, University of Maryland.

- McNeill, J. R. (2002). *Something New under the Sun: An Environmental History of the Twentieth-Century World*. Norton, New York.
- MEA (2003). Ecosystem and human well-being: A framework for assessment. Millennium Ecosystem Assessment. Washington DC: Island Press.
- MEA (2005). Ecosystem and human well-being: Synthesis. Millennium Ecosystem Assessment. Washington DC: Island Press.
- Mueller, C. C. (2007). *Os Economistas e as Relações Entre O Sistema Econômico e O Meio Ambiente*. Editora UnB, Brasília.
- Naem, S., Chapin III, F. S., Costanza, R., Ehrlich, P. R., Golley, F. B., Hooper, D. U., Lawton, J. H., O'Neill, R. V., Mooney, H. A., Sala, O. E., Symstad, A. J., & Tilman, D. (1999). Biodiversity and ecosystem functioning: Maintaining natural life support processes. *Issues in Ecology*, 4. Washington, D.C.: Ecological Society of America.
- Nature (2009). Natural value: The economic downturn might be the best time to include ecosystem services in the real economy. *Nature*, 257:764. Editorial.
- Rees, W. E. (2003). Economic development and environmental protection: An ecological economics perspective. *Environmental Monitoring and Assessment*, 86:29–45.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F. S., Lambin, E. R., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Shellnhuber, H. J., Nykvist, B., Wit, C. A., Hughes, T., Van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R. W., Fabry, V. J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P., & Foley, J. (2009a). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461:472–475.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F. S., Lambin, E. R., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Shellnhuber, H. J., Nykvist, B., Wit, C. A., Hughes, T., Van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R. W., Fabry, V. J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P., & Foley, J. (2009b). Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, 14(2):32.
- Romeiro, A. R. (2009). Os fundamentos críticos da abordagem econômico-ecológica. *Boletim da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica*, 20(jan-abr).
- Rotering, F. (2008). Natural capital as metaphor and concept. *Needs and Limits: Redirecting our Civilization*.
- Scientist, N. (2008). The folly of growth: How to stop the economy killing the planet. *New Scientist*, October:Special Issue.
- Sollow, R. M. (1974). The economics of resources or the resources of economics. *The American Economic Review*, 64(2):1–14.
- Steffen, W., Crutzen, P. J., & McNeil, J. R. (2007). The anthropocene: Are humans now overwhelming the great forces of nature? *Ambio*, 36(8):614–620.
- Sukhdev, P. (2008). The economics of ecosystems and biodiversity. Interim Report of the Convention on Biological Diversity. European Communities, Cambridge, United Kingdom.
- Tallis, H. & Kareiva, P. (2005). Ecosystem services. *Current Biology*, 15(18):746–748.
- Turner, R. K. & Daily, G. C. (2008). The ecosystem services framework and natural capital conservation. *Environmental and Resources Economics*, 39(1):25–35.
- Winkler, R. (2006). Valuation of ecosystem goods and services. Part 1: An integrated dynamic approach. *Ecological Economics*, 59(1):82–93.