

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA AMBIENTAL - PROCAM

Andrei Domingues Cechin

Georgescu-Roegen e o desenvolvimento sustentável: diálogo ou
anátema?

São Paulo
2008

ANDREI DOMINGUES CECHIN

Georgescu-Roegen e o desenvolvimento sustentável: diálogo ou
anátema?

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciência Ambiental da
Universidade de São Paulo para a obtenção
do título de Mestre em Ciência Ambiental

Orientador: Prof. Dr. José Eli da Veiga

São Paulo
2008

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catalogação na Publicação
Programa de Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo

Cechin, Andrei D.

Georgescu-Roegen e o desenvolvimento sustentável: diálogo ou anátema?
/ Andrei D Cechin; orientador José Eli da Veiga – São Paulo, 2008.

208f. : fig.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental)
– Programa de Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo.

1. Georgescu-Roegen. 2. Desenvolvimento Sustentável. 3. Entropia. 4.
Economia Ecológica. I. Título

Cechin, Andrei D. Georgescu-Roegen e o desenvolvimento sustentável: diálogo ou anátema? 2008. 208 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo.

ERRATA

Folha	Linha	Onde lê-se	Leia-se
-------	-------	------------	---------

FOLHA DE APROVAÇÃO

Andrei D. Cechin

Georgescu-Roegen e o desenvolvimento sustentável: diálogo ou anátema?

Tese apresentada ao Programa de Ciência
Ambiental da Universidade de São Paulo para a
obtenção do título de Mestre

Dissertação defendida em 28 de Julho de 2008 perante a Comissão Julgadora

Banca Examinadora

Prof.Dr. José Eli da Veiga (orientador)
Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade – USP

Prof.Dr. Ademar Ribeiro Romeiro
– Instituto de Economia – Unicamp

Prof.Dr. Sônia Barros de Oliveira
Instituto de Geociências - USP

Parecer da Banca Examinadora

**Para a Candi, cuja leveza e
doçura tornam minha vida mais
colorida mesmo nos momentos
mais áridos.**

AGRADECIMENTOS

À Fapesp, sem a qual não teria sido possível a minha dedicação integral ao mestrado.

Ao José Eli da Veiga, verdadeiro educador e orientador, que soube encontrar e direcionar meu potencial e me mostrar a importância de fugir do hermetismo.

Aos professores Eleutério Prado, Charles Mueller e João Rogério Sanson por terem respondido prontamente às perguntas enviadas por e-mail.

Ao consultor Ibrahim Eris por me receber em sua sala e pela conversa muito agradável que mudou minha visão sobre a figura de Georgescu.

Ao Eduardo Giannetti por me receber em sua casa para conversar sobre filosofia, economia e ambientalismo.

Ao Arilson Favareto por ter me convidado a expor em sua aula na UFABC.

Aos colegas de PROCAM Reginaldo Magalhães e Rafael Feltran-Barbieri pelas parcerias em artigos.

A minha amiga Joana Setzer não só pela capacidade de me tirar da inércia, mas pela parceria, pela atenção e pelo estímulo.

Ao Luciano de Souza e à Priscila Dias Dantas sempre disponíveis para tirar qualquer dúvida, quebrar um galho, conversar sobre o passado e sobre os rumos do PROCAM.

Ao Nilton Bispo do IEE pelas valiosas conversas de almoço e pelos textos trocados.

Aos amigos Victor Kanashiro e Fabio Ribeiro com quem comecei os estudos sobre a obra de Georgescu e que hoje demonstram muita competência e paixão nas suas próprias pesquisas.

Ao amigo Petterson Vale, por ter feito críticas valiosíssimas à dissertação em processo.

Aos amigos Renato Rosemberg e Diego Mathias pelas calorosas discussões das Sextas no nosso grupo que acabou sendo de estudos étlicos.

Ao Guilherme Alpendre, pela amizade, por ter me apresentado à Inezita Barroso e pelas valiosas revisões do projeto de pesquisa inicial.

Ao irmão e amigo Julio Cechin por ser um verdadeiro provocador que estimula a minha inteligência.

Ao sempre estudioso e crítico José Cechin, que fez observações muito importantes para o desenvolvimento desta dissertação. Aos pais José Cechin e Maria Elizabeth Domingues Cechin pelo apoio de sempre. À minha querida vó Amélia Vieira.

À Candi, minha companheira de vida, por ter segurado todas as barras e colorido a minha existência.

“In a different way than in the past, man will have to return to the idea that his existence is a free gift of the sun”.

Nicholas Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and the Economic Process*, 1971: 21.

Cechin, Andrei D. Georgescu-Roegen e o desenvolvimento sustentável: diálogo ou anátema? 2008. 208 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo.

RESUMO

Introdução - É fundamental conhecer a visão de Georgescu sobre o que hoje se chama “desenvolvimento sustentável”. Um economista que contribuiu muito para o *mainstream* durante grande parte de sua vida, e acabou propondo, a partir dos anos 1970, uma nova visão de sistema econômico, centrada na Termodinâmica. É visto como um dos seus principais inspiradores, senão o principal, pela corrente da “Economia Ecológica”, que tem como propósito analisar o funcionamento do sistema econômico tendo em vista as condições do mundo biofísico sobre o qual este se realiza. Se ele antecipou questões que hoje preocupam a sociedade, no que diz respeito à sustentabilidade ambiental do desenvolvimento, por que suas idéias científicas não foram levadas a sério? **Objetivo** – A pesquisa tem por objeto resgatar as idéias de Georgescu, um pensador revolucionário, cuja obra é fonte valiosa para entender relações entre sociedade e meio ambiente. **Fonte bibliográfica** – O estudo se baseou na obra de Georgescu, nos autores que representam a visão por ele criticada, em artigos de economistas ecológicos, e em publicações de Agências internacionais relacionadas principalmente aos temas energia e aquecimento global. **Aspectos Abordados** – Abordou-se as rupturas de Georgescu com o pensamento econômico convencional, o debate sobre crescimento versus escassez, e os elementos que fazem dele um precursor da Economia Ecológica. Avaliou-se como seu pensamento ilumina o debate sobre o desenvolvimento sustentável, com ênfase na discussão sobre a transição energética. **Conclusão** - Tudo indica que a visão de Georgescu sobre o processo econômico representa a primeira revolução científica na Economia, por ter saído do paradigma que delimita as fronteiras do processo econômico onde a circulação de mercadorias pode ser observada. Suas idéias mais incômodas, como a de que um dia o desenvolvimento deverá ser compatível com o decréscimo do produto, contribuíram para o anátema. Nesse começo de século XXI, contudo, elas encontram um ambiente muito mais propício à aceitação, seja pela importância que tem sido atribuída às questões ambientais globais, seja pela percepção de que fenômenos complexos não podem ser entendidos com arcabouço científico reducionista, mecânico e estático. O processo de reabilitação do pensamento científico de Georgescu tem ocorrido principalmente na Economia Ecológica e na Economia “fora-do-equilíbrio”.

Palavras-chave: Georgescu-Roegen; Desenvolvimento Sustentável; Entropia; Economia Ecológica.

Cechin, Andrei D. Georgescu-Roegen and sustainable development: dialog or excision? 2008. 208 f. Dissertation (Masters degree) – Post Graduation Program in Environmental Science, University of São Paulo, São Paulo, 2008.

ABSTRACT

Introduction - It is crucial to know Georgescu's view about what is now called "Sustainable Development". An economist that made many contributions to mainstream economics during most part of his life, and proposed in the 1970's a new view of the economic process, based in Thermodynamics. He is seen as one of the main precursors of Ecological Economics, if not the most important one. Ecological Economics studies the economic system regarding the biophysical conditions of it's interactions with the environment. If he really anticipated important questions about the environmental sustainability of the development process, why weren't his scientific ideas taken seriously? **Scope** – This research has the purpose to rescue Georgescu's ideas, a revolutionary thinker whose contribution is highly valuable to the understanding of society-nature relationships. **Bibliography** – This work was based in Georgescu's books and papers, in the works of authors who were criticized by him. It was also based in the reading of ecological economists' papers, and in publications of international agencies, especially those related to energy and global warming. **Aspects** – The research approached Georgescu's revolution with respect to conventional economic reasoning, the growth versus scarcity debate, and the elements that make him a precursor of ecological economics. It was also assessed how his thoughts may illuminate the sustainable development debate, with special emphasis on the energy transition discussion. **Conclusion** – It seems that his vision about the economic process represents the first scientific revolution in Economics, because he rejected the paradigm that limits the frontiers of the economic process where commodity circulation can be observed. His most inconvenient ideas, like that of development being compatible with 'degrowth' of the product in the long term future also contributed to his excision. In the beginning of the 21st century, however, they find a more propitious environment, be it because of the importance attributed to global environmental issues, be it because of the perception that complex phenomena cannot be understood with a reductionist, mechanic and static scientific framework. The rehabilitation process of his scientific work has happened especially in Ecological Economics and in the 'out-of-equilibrium' economics.

Key words: Georgescu-Roegen; Sustainable Development; Entropy; Ecological Economics.

SUMÁRIO

Introdução	12
<u>Parte I – Pensamento Econômico</u>	17
I.1. O paradigma	17
I.2. Um pouco de história	24
I.3. Visão irreal	34
<u>Parte II – Outro Paradigma</u>	40
II.1. A formação de Georgescu	40
II.2. Termodinâmica x Mecânica	54
II.3. Entropia e Evolução	61
II.4. Entropia e atividade econômica	64
II.5. Processo produtivo	68
II.6. Bioeconomia	75
II.7. Manuais introdutórios	81
<u>Parte III – Pessimismo da razão</u>	85
III.1. Escassez e Crescimento	85
III.2. Dissipação da matéria	92
III.3. Teoria do valor energético	98
III.4. Condição Estacionária	101
III.5. O novo Prometeu	104
<u>Parte IV – Correntes atuais</u>	112
IV.1. Economia Ambiental	112
IV.2. Economia Ecológica	119
IV.3. Abismo epistemológico	125
IV.4. Evolução e Complexidade	132
IV.5. Coevolução socioambiental	142
<u>Parte V – Energia e Desenvolvimento Sustentável</u>	145
V.1. Desenvolvimento e Sustentabilidade	146
V.2. Futuro Energético e o Aquecimento Global	153
V.3. Uma questão de valores	162
V.4. Georgescu e o Desenvolvimento Sustentável	173
Conclusão	181
Bibliografia geral	186
Bibliografia de Georgescu	199
Anexo I	202
Anexo II	202

Introdução

A natureza é a única limitante do processo econômico. Este talvez tenha sido o principal alerta que Nicholas Georgescu-Roegen lançou à comunidade científica e, principalmente, aos economistas. Estes últimos estudam tudo o que está dentro do processo, mas não percebem (talvez não queiram) que ele não seria possível sem a entrada dos recursos da natureza e a saída de resíduos que lhe são devolvidos. Do ponto de vista material, a economia transforma bens naturais valiosos em rejeitos que não podem ser mais utilizados. Mas isso não significa que a função das atividades econômicas seja a produção de lixo. O objetivo é a felicidade humana, o fluxo imaterial de bem-estar gerado pelo sistema. No entanto, nada garante que as gerações do futuro poderão ter acesso aos recursos e serviços da natureza semelhante ao que tiveram as precedentes.

Em tal contexto, os combustíveis fósseis são peculiares. Um dia alguma tecnologia poderá permitir a utilização da energia solar de forma mais direta, o que representará um imenso salto para o desenvolvimento humano, pois a utilização da energia solar, sem combustão, pode ser considerada limpa. Contudo, não é trivial o surgimento dessa tecnologia. Seria um verdadeiro “Prometeu”, comparável apenas à agricultura, ao domínio de fogo e à máquina a vapor, que permitiram um considerável aumento de poder da espécie humana sobre a natureza. Portanto, a mensagem é que os combustíveis fósseis devem ser conservados para que a humanidade tenha uma margem maior de manobra enquanto não surge o novo Prometeu. O problema ambiental global mais discutido atualmente, as mudanças climáticas, e o imperativo de cortar as emissões de gases de efeito estufa causados pela combustão dos combustíveis fósseis diminuem ainda mais a margem de manobra da humanidade.

Enquanto as nações industrializadas barganham, por meio de acordos internacionais, metas pírias de redução das emissões, também continuam a acreditar não haver nenhuma incompatibilidade entre crescimento econômico e conservação dos recursos e serviços da natureza. Daí surge um fenômeno curioso: um estardalhaço retórico sobre o fim do mundo, como salvar o planeta, e simultaneamente uma crença e um desejo de crescimento ilimitado da produção material.

É muito improvável que o crescimento material cesse no curto prazo. Mais improvável ainda é supor que isso ocorrerá por vontade da sociedade. As pessoas aspiram por um conforto material e padrões de consumo crescentes. O crescimento, contudo, é limitado pela finitude de matérias-primas e energia, de um lado, e pela capacidade restrita do planeta em processar os resíduos, do outro. Assim, não serão resolvidos os problemas ambientais tratando-se apenas os sintomas. A pesquisa tecnológica visando aumentar a eficiência energética e desenvolver as alternativas não-fósseis de energia é fundamental no contexto atual. Todavia, isso não deve escamotear o fato de que a humanidade deve começar a se preparar para a estabilização das atividades econômicas.

Levando em conta tais limitações biofísicas ao crescimento material da economia, é provável que num futuro longínquo o nível das atividades econômicas seja inferior ao atual. A humanidade voltará a explorar de maneira bem mais direta a energia solar, mas não terá como evitar a dissipação dos materiais usados pelas atividades industriais, o que exigirá a superação do próprio crescimento material. Por isso, em algum momento terá que diminuir seu produto econômico, ou seja, encolher a economia. A partir daí, o desenvolvimento humano dependerá da retração econômica, ou decréscimo do produto, e não de seu crescimento.

Um grande número de economistas, ortodoxos ou não, de direita, de esquerda ou de centro, continua ensinando em universidades, formulando políticas econômicas, e se desdobrando para explicar os problemas ambientais como se Georgescu jamais tivesse existido. Mas também há indícios de que seu pensamento influenciou abordagens econômicas que hoje estão na fronteira do conhecimento. Assim, torna-se imperativo saber por que ele foi deixado de lado no debate sobre o desenvolvimento sustentável. Por isso, a pergunta é *“Se ele antecipou questões que hoje preocupam a sociedade, no que diz respeito à sustentabilidade ambiental do desenvolvimento, por que suas idéias foram descartadas?”*.

Seu isolamento como economista é uma hipótese importante. A idéia de decrescimento econômico também, pois gerou anátema tanto com economistas otimistas quanto com ecólogos. Ambas são apenas pistas para entender uma possível revolução na ciência, possivelmente a primeira mudança de paradigma na Economia. Daí a necessidade de contextualizar as principais idéias de Georgescu, um dos maiores economistas do século XX, e provavelmente o mais injustiçado.

A dissertação está dividida em cinco partes. A primeira apresenta qual é o paradigma que une todas as escolas de pensamento econômico e por que ele é irreal. É de fundamental importância saber quais têm sido as preocupações da disciplina, as principais mudanças de enfoque, mas principalmente a visão do objeto estudado que unifica a profissão. A visão é de um sistema econômico circular totalmente isolado da natureza. Foi essa visão o principal alvo da crítica de Georgescu.

A segunda parte é dedicada à sua vida e obra, em que suas principais idéias são esmiuçadas. Viveu durante quase todo o século XX (1906-1994). Presenciou de perto as duas grandes Guerras Mundiais no seu país de origem, a Romênia. Fez parte de um

grupo seleta de economistas de Harvard dos anos 1930. Foi considerado “economista dos economistas” e “professor dos professores” pelo Prêmio Nobel Paul Samuelson. Mas, a partir dos anos 1970, teve início o processo de seu banimento, com advertências do próprio Samuelson que ele havia se embrenhado pela obscura Ecologia. Mesmo tendo contribuído para a consolidação de importante centro de pós-graduação em Economia no Brasil, o IPE-USP, e escrito quase duas centenas de artigos e três livros, não há mais de seis artigos seus traduzidos para o português (G-R, 1968b; 1970b; 1973c; 1974b; 1976c; 1980). Por isso, é fundamental detalhar as idéias que geraram o anátema com a comunidade científica.

A terceira parte avalia suas idéias no contexto do debate sobre o dilema *escassez de recursos naturais versus crescimento econômico*. Explicita quem foram seus interlocutores e a quem ele dirigiu suas críticas na década de 1970. Importantes acontecimentos da época chamaram a atenção para o problema da adequação da oferta de recursos naturais para sustentar os padrões de consumo e produção. O debate gerou um amplo espectro de opiniões cujos extremos chegavam a conclusões completamente opostas. Partiu de outra visão pré-analítica, por isso a discrepância em relação às opiniões dos economistas convencionais.

A quarta parte avalia sua influência na “Economia Ecológica” e na recente “Economia da Complexidade”. Sua obra tem inspirado ambos os programas de pesquisa na fronteira do conhecimento, tanto pela sua visão biofísica do processo produtivo, quanto por ter chamado a atenção para as implicações epistemológicas mais gerais da Lei da entropia.

E a última, antes da conclusão, procura mostrar o quanto o futuro energético da humanidade está no centro da problemática do chamado “desenvolvimento sustentável”,

mostrando como Georgescu fornece uma abordagem realista para esse debate. Para que o termo desenvolvimento sustentável não represente mera inovação retórica, é necessário atentar para o duplo aspecto do relacionamento entre o processo econômico e a natureza: a depleção dos recursos naturais e a saída inevitável de resíduos.

PARTE I - Pensamento Econômico

The economist is interested first and last in commodities (...) Economics cannot abandon its commodity fetishism any more than physics can renounce its fetishism of elementary particle or chemistry can renounce that of molecule (G-R, 1971:218).

I.1. O paradigma

O conjunto de idéias econômicas que dominou a profissão durante o século XX ainda pode ser encontrado nos mais recentes livros-texto, largamente utilizados no ensino de Economia¹. Qualquer pessoa que queira se iniciar nesse campo do conhecimento precisa saber de algumas idéias básicas, e é no livro-texto que elas se encontram. O livro-texto, às vezes chamado de manual, é um importante instrumento de transmissão de conhecimento, e nele se encontram exemplos do que seja um problema econômico, além de desenhos e diagramas representando o sistema econômico. O aprendiz assim forma uma visão do que é a economia, de quais são seus problemas típicos, e de como representá-la visualmente. O manual mostra como reconhecer um problema econômico e como encará-lo. Como num quebra-cabeça, o tipo de problema que deve ser resolvido e a maneira como resolvê-lo são dados. Os manuais de Economia contêm os modelos utilizados para que se aprenda o funcionamento do mundo econômico. Assim como na Medicina os professores usam réplicas de plástico do corpo humano, na Economia são os diagramas e equações que permitem uma visão do que é considerado realmente importante. Nas palavras de Gregory Mankiw, autor de um dos manuais mais utilizados atualmente:

¹ Quando iniciada com letra maiúscula, a palavra Economia terá o sentido de disciplina, de campo do conhecimento, enquanto iniciada com minúscula terá sentido de ‘sistema econômico’, expressão esta que também será utilizada.

Os economistas têm uma forma única de ver o mundo, grande parte da qual pode ser ensinada em um ou dois semestres. Meu objetivo neste livro é transmitir esta forma de pensar ao público mais amplo possível e convencer os leitores de que ela ilumina grande parte do que está a nossa volta (MANKIW, 2001: vii).

Inevitavelmente os manuais são omissos em relação à fronteira do conhecimento, ou seja, ao que há de mais avançado sendo produzido na disciplina. Como poderiam transmitir o núcleo básico de idéias se todas as dúvidas surgidas com o avanço da ciência estivessem presentes? Assim, os manuais sugerem que a Economia é um corpo de conhecimento bem articulado como a Física. As discontinuidades e revoluções no pensamento não costumam aparecer, o que faz a história do pensamento econômico parecer uma acumulação de verdades.

Em alguns aspectos, contudo, os manuais representam de fato uma espécie de visão consensual da profissão. Mas que consenso seria esse, e de onde veio? Para responder é necessário primeiro entender qual é a visão de sistema econômico transmitida para as gerações de estudantes, e qual a origem dessa visão. A visão que os economistas têm do mundo possivelmente é única mesmo, como diz Mankiw. Enxergam o sistema econômico como um sistema isolado do ambiente composto de matéria e energia.

O melhor exemplo dessa visão do sistema econômico é o modelo visual que explica em termos gerais a organização da economia, chamado de diagrama do fluxo circular. Tal diagrama ilustra a relação fundamental entre a produção e o consumo, e pretende mostrar como circulam produtos, insumos e dinheiro entre empresas e famílias.

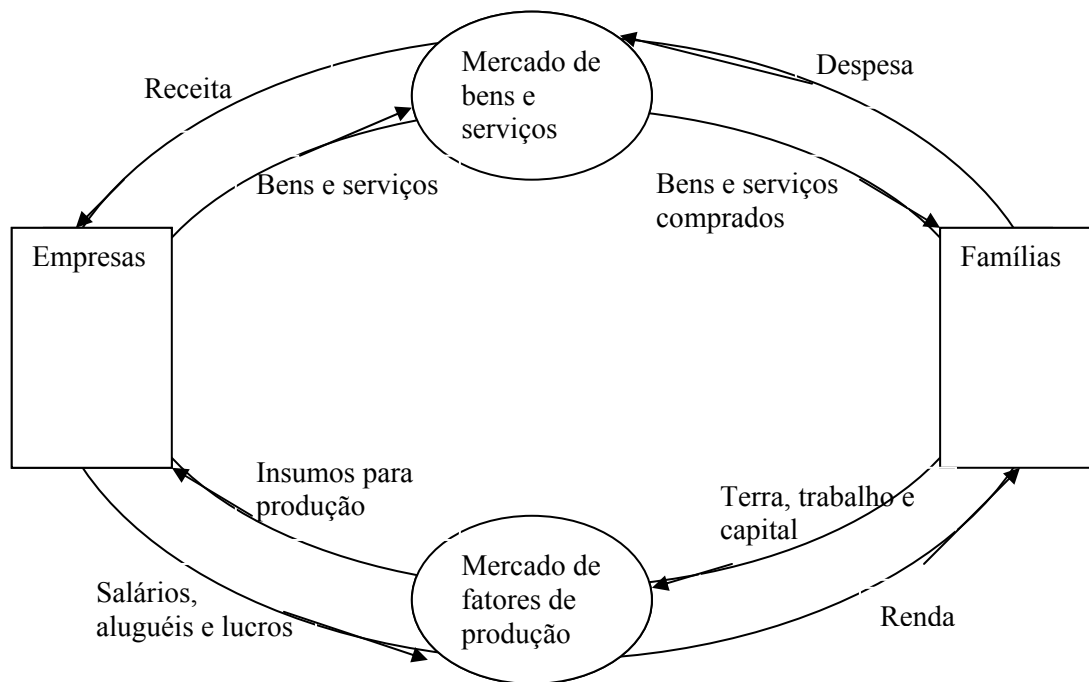


Figura 1. (Fonte: Mankiw, 2001: 23).

As empresas produzem bens e serviços usando vários insumos como trabalho, terra e capital, que são chamados de fatores de produção. As famílias são proprietárias dos fatores de produção e consomem todos os bens e serviços produzidos pelas empresas. Existem dois tipos de mercado em que as empresas e as famílias interagem. O mercado de bens e serviços, onde as famílias compram e as empresas vendem, e o mercado de fatores de produção, onde as famílias vendem insumos necessários à produção, enquanto as empresas compram. O circuito interno do diagrama mostra os fatores fluindo das famílias para as empresas, e os bens e serviços fluindo das empresas para as famílias. O circuito externo mostra o fluxo monetário. As empresas usam parte do dinheiro para pagar os fatores de produção. O que sobra é lucro dos donos, que por sua vez são membros das famílias. No circuito externo a despesa é o dinheiro que vai das famílias para as empresas, e a renda é o dinheiro que vai das empresas para as famílias, na forma de salários, aluguéis e lucro (MANKIW, 2001: 23).

Como fica claro no desenho, a visão que se tem do sistema econômico é a de um sistema fechado e circular. Fechado, pois não entra nada de novo e também não sai nada. E circular, pois pretende mostrar como circulam o dinheiro e os bens na economia. Trata-se de um dos exemplos compartilhados por todos que se iniciam na profissão.

O principal meio de transmissão de conhecimento, no caso da Economia, é o livro-texto. Nele estão os conceitos, as técnicas, o conjunto de teorias relacionadas aceitos como legítimos, e os exemplos compartilhados. Estes últimos servem, portanto, à perpetuação de uma visão particular do processo econômico.

O estudante descobre (...) uma maneira de encarar o problema como se fosse um problema que já encontrou antes. Uma vez percebida a semelhança e apreendida a analogia entre dois ou mais problemas distintos, o estudante pode estabelecer relações (KUHN, 1995: 234).

Não é por acaso que a idéia de exemplos compartilhados representa a definição menos ambígua e mais apropriada de “paradigma”². Segundo seu proponente, Thomas Kuhn (1995), o desenvolvimento da ciência é pontuado por rupturas, ou revoluções. Contudo, as revoluções e rupturas constituem a exceção, enquanto a atividade de resolver problemas no contexto de uma estrutura teórica aceita, ou paradigma, é a regra na ciência.

² A palavra paradigma, que na primeira edição de *“A estrutura das Revoluções científicas”* tinha 22 sentidos, pode ser entendida de duas maneiras conforme a revisão de Thomas Kuhn no posfácio da segunda edição, de 1970. Uma é a “matriz disciplinar” e a outra são os “exemplos compartilhados”.

Enquanto orientada por um paradigma, a ciência é chamada de ‘normal’. Esta segue regras que limitam o tipo de solução de um problema científico, e também os passos necessários para resolvê-lo. Trata-se de um núcleo doutrinário que a maioria dos cientistas está disposta a aceitar. O treinamento daqueles que se iniciam na atividade científica envolve concomitantemente uma introdução à linguagem e retórica necessárias na profissão.

O papel da retórica na Economia foi apontado por McClowsky (1985), ao dizer que no fundo os embates entre as escolas econômicas são embates retóricos, no sentido de capacidade de convencimento e persuasão. Ainda que seja questionável assumir todo embate teórico como uma questão meramente lingüística e de convencimento (PAULANI, 2006), não se pode negar a importância que as metáforas tiveram e continuam tendo na evolução das idéias econômicas (MIROWSKI, 1988; HODGSON, 1993).

No fundo, a idéia de paradigma é de que há um ato cognitivo anterior a qualquer esforço analítico. Qualquer análise é necessariamente precedida por uma visão do processo que se vai estudar. Esse ato cognitivo é o que possibilita a análise e o que é omitido dessa visão não é recapturado pela análise subsequente. O diagrama de fluxo circular representa a ‘visão pré-analítica’³ que se tem do sistema econômico.

O surgimento de novas “visões” do objeto estudado, visões que rejeitem o núcleo de pressuposições e exemplos compartilhados que formam a ciência normal representam uma revolução no desenvolvimento daquela ciência. A revolução:

³ “ (...) the analytic effort is of necessity preceded by a pre-analytic cognitive act that supplies the raw material for the analytic effort. In this book, this pre-analytic cognitive act will be called vision. It is interesting to note that vision of this kind not only must precede historically the emergence of analytic effort in any field but also may re-enter the history of every established science each time somebody teaches us to see things in a light of which the source is not to be found in the facts, methods, and results of the pre-existing state of science” (SCHUMPETER, 1954: 41).

É uma espécie de mudança envolvendo um certo tipo de reconstrução de compromissos de grupo. Mas não necessita ser uma grande mudança, nem precisa parecer revolucionária para os pesquisadores que não participam da comunidade (KUHN, 1995: 225).

Então a ciência normal é a resolução de quebra-cabeças dentro das regras estabelecidas na visão pré-analítica existente, ou paradigma. O fato de os cientistas aceitarem essas regras estabelecidas é que faz o trabalho na ciência normal ser cumulativo. E a revolução na ciência é a mudança de paradigma, é o estabelecimento de uma nova visão pré-analítica e de novas regras. Para alguns historiadores do pensamento econômico, está fora de questão que houve paradigmas dominantes na Economia:

Visto que os livros-texto descrevem um conjunto relacionado de teorias conceitos e técnicas analíticas aceitas como legítimos pela maioria dos economistas; e que houve mudanças radicais na estrutura das doutrinas econômicas que determinam a situação dos problemas geralmente aceita (DEANE, 1980:13).

É certo que no século XX houve grande debate sobre como ocorre o desenvolvimento da ciência, e muitas das contribuições divergem da análise de Thomas Kuhn. De acordo com Imre Lakatos (1979), por exemplo, a história da ciência seria uma concorrência entre programas de pesquisa. Quis dar uma explicação lógica para o que Kuhn chama de revolução científica. Esta é entendida por Lakatos como um processo racional de superação de um programa de pesquisa por outro melhor. E um programa é considerado

melhor que outro quando tem conteúdo de verdade superior ao programa rival, isto é, prevê novos fatos e tem suas previsões corroboradas.

Há quem sustente que o termo “paradigma” só deveria ser usado na literatura econômica se entre aspas e apropriadamente qualificado (BLAUG, 1988). Contudo, na tentativa de ressaltar a importância da abordagem de Lakatos para a Economia, o próprio Blaug (1988:2) reconhece que a idéia de paradigma cumpre a importante função de “lembrar a falácia que é avaliar teorias específicas sem considerar a estrutura metafísica mais ampla na qual estão inseridas”.

Para os fins deste trabalho, considera-se que a abordagem de Kuhn facilita o entendimento do desenvolvimento da ciência econômica e da visão unificadora do objeto estudado, ainda que não possa servir integralmente como referencial teórico. Ademais, a utilização das categorias “paradigma” ou “revolução científica” como descrições convenientes para a história do pensamento econômico não requer que se aceite por inteiro a sua teoria do desenvolvimento científico (DEANE, 1980). Joseph Schumpeter, por exemplo, no seu clássico *The history of economic analysis* (1954), considera que a evolução das idéias econômicas ocorre em saltos, numa sucessão de épocas de revolução e consolidação.

Desde o surgimento da Economia enquanto campo de conhecimento até os dias de hoje certamente ocorreram muitos saltos e revoluções nas idéias sobre o processo estudado. Contudo, é justamente a representação do sistema econômico como um fluxo circular isolado que dá início a profissão, pois passou a tratar o sistema econômico como uma categoria a ser estudada separadamente. Para que a importância de tal representação seja realmente avaliada, deve-se ter algum conhecimento da história do pensamento econômico.

I.2. Um pouco de história

Durante muito tempo a preocupação com questões econômicas não era uma atividade restrita a um grupo de especialistas chamados “economistas”, mas sim exercida por filósofos, advogados, empresários e funcionários públicos. As pessoas sempre pensaram em questões que hoje são consideradas parte da Economia, por isso não existe um fundador da disciplina. Até onde se tem registros, a origem do termo remonta aos filósofos Socráticos da Grécia Antiga. Xenofonte (século IV a.C.) intitulou sua obra “Oikonomikos”, cuja tradução literal é a administração da casa (BACKHOUSE, 2007).

É possível identificar mesmo nos primórdios do estudo dos fenômenos econômicos a tentativa de responder duas questões: qual a natureza do valor econômico, ou seja, como é criada a riqueza? E como essa riqueza é distribuída? Mas aqui a retrospectiva começa no início da era moderna com o surgimento do Estado-nação europeu no século XV.

Numa época em que o comércio prosperava dentro e entre os países, e o uso da moeda se ampliava, facilitada pela descoberta de ouro nas Américas, surgiu a idéia de que a riqueza de uma nação depende do montante de ouro e prata que ela possui. Ao exportar mais do que importar ter-se-ia um saldo positivo de metais preciosos e, portanto, mais dinheiro disponível. O comércio era visto como a fonte do crescimento da riqueza. O conjunto de idéias e principalmente políticas econômicas que dominou o período do século XV ao XVIII ficou conhecido depois como “mercantilismo” (BACKHOUSE, 2007).

Como reação às políticas econômicas na França do século XVIII, surgiu um conjunto de idéias que consideravam que o dinheiro em si não criava riqueza. Ele precisaria circular para ser eficaz. Todavia, o peso da tributação diminuía o consumo e, portanto, a

circulação da riqueza. Por isso, uma das principais idéias surgidas nessa época foi a de que o Estado não deveria interferir num processo que é governado por leis naturais. François Quesnay (1694-1774) mostrou, em seu Quadro Econômico, como ocorria a circulação da riqueza. Era médico, o que contribuiu para que estudasse o sistema econômico como se fosse o sistema circulatório de algum organismo.

A fonte da riqueza deixaria de ser associada ao comércio e à acumulação de metais preciosos. A origem da riqueza estaria na agricultura. As dádivas da natureza permitiam a obtenção de um excedente superior ao esforço empregado na produção. Contanto que não houvesse obstrução pelas intervenções de autoridades políticas essa riqueza circulava entre as classes, permitindo a reprodução anual do sistema econômico (BACKHOUSE, 2007). Parte da riqueza gerada na agricultura era parcialmente reutilizada como insumo necessário para o próximo ciclo produtivo. Outra parte do produto agrícola iniciava a circulação entre as classes. Essas idéias desenvolvidas principalmente entre 1756 e 1763 chegaram a constituir uma escola chamada fisiocracia, que significa “domínio da natureza”.

Os fisiocratas constituíram o primeiro grupo organizado de economistas, e deixaram duas contribuições científicas cruciais para os desenvolvimentos posteriores da Economia:

- 1) A idéia de interdependência entre os vários processos produtivos e de *equilíbrio* do sistema econômico;
- 2) A representação das trocas econômicas como um *fluxo circular* de bens e dinheiro entre os vários setores econômicos (SCREPANTI & ZAMAGNI, 1993).

Foi a interpretação de Adam Smith (1723-1790) dos temas econômicos já discutidos antes dele que conduziu à Economia do século XIX. Em *A Riqueza das Nações*, de 1776, combinou seu conhecimento de Filosofia Moral com um enfoque na interdependência dos vários setores da economia (BACKHOUSE, 2007).

Para Smith, a riqueza, ou valor econômico, é criada pelo trabalho, ou seja, pela transformação de recursos da natureza em coisas que as pessoas querem. Portanto, o segredo da criação de riqueza é a melhora na produtividade do trabalho. Para aumentar a produtividade do trabalho, é necessário que haja uma divisão do trabalho que permita a especialização em tarefas cada vez mais específicas. A ênfase dos Fisiocratas na agricultura foi transferida para o setor manufatureiro. Além da produtividade do trabalho resultante da especialização, é a acumulação de capital através da poupança proveniente dos lucros que garantiriam o crescimento econômico (DEANE, 1980:59).

Smith não achava que o crescimento pudesse seguir indefinidamente, pois a oferta fixa de terra imporia em algum momento um limite ao crescimento da população. Os economistas que se seguiram a Smith acentuaram a tendência do ritmo de inovações técnicas ser ultrapassado pelos retornos decrescentes gerados pela pressão de uma população em rápido crescimento sobre estoque limitado de recursos naturais.

David Ricardo (1772-1823) e seu contemporâneo Thomas Malthus (1766-1834) foram pessimistas sobre as possibilidades de crescimento econômico no longo prazo. O limite estaria na oferta de terras de boa qualidade, e, portanto nos retornos decrescentes da produção agrícola. A idéia de retornos decrescentes é que depois de certo ponto, mesmo com aplicação de quantidades crescentes de trabalho na terra, o produto por trabalhador diminui. A partir daí, o crescimento da população implicaria em queda no padrão de vida, que por sua vez levaria a estabilização da população. Assim, ambos viam como

tendência de longo prazo uma economia em “estado estacionário”, com uma população constante, e vivendo num nível de subsistência.

A possibilidade do estado estacionário era vista como algo mais distante, e também com certo otimismo por John Stuart Mill (1806-1873). Concebeu o progresso econômico em termos de uma corrida entre mudança tecnológica e retornos decrescentes na agricultura. Até a chegada do estado estacionário, o progresso técnico já teria possibilitado satisfazer as vontades materialistas da humanidade, e a sociedade estaria livre para perseguir outras metas sociais, a um padrão de vida mais elevado do que o de sua época.

Karl Marx (1818-1883) assumiu que toda a escassez desapareceria no futuro, pois a humanidade já teria capacidade tecnológica de superá-la e atender todas as necessidades humanas. Sua ênfase estava na autotransformação do sistema através dos conflitos internos a ele, não levando muito em consideração os choques externos e a interação com a natureza. Via o capitalismo como seu próprio coveiro, pois a lógica interna do desenvolvimento capitalista, que é a centralização dos meios de produção e a socialização do trabalho, levaria o sistema a um ponto de incompatibilidade entre as forças de produção e as relações de produção (HODGSON, 2007).

Baseado no Quadro Econômico, de Quesnay, Marx construiu seu “esquema de reprodução simples”, que determinava as condições de equilíbrio do sistema econômico, ou o fluxo de bens necessários para manter a produção funcionando, mas sem crescer. Para retomar a noção de reprodução de Marx (1988: 145)⁴:

⁴ Marx, Karl. O capital, vol. 1, Livro Primeiro, Tomo II, Capítulo XXI, Reprodução Simples. Tradução de Régis Barbosa e Flávio R. Kothe. São Paulo: Nova Cultural.

Qualquer que seja a forma social do processo de produção, este tem de ser contínuo ou percorrer periodicamente, sempre de novo, as mesmas fases. Uma sociedade não pode parar de consumir, tampouco deixar de produzir. Considerado em sua permanente conexão e constante fluxo de sua renovação, todo processo social de produção é, portanto, ao mesmo tempo, processo de reprodução.

O esquema de reprodução simples dividia a economia em dois setores: um de produção de bens de capital e outro de produção de bens de consumo. A reprodução simples exige que o fluxo de produção dos dois setores seja suficiente para manter constantes os estoques de capital e de trabalho usados na produção (BACKHOUSE, 2007:193).

Muitos consideram o pensamento econômico de Marx como parte da Economia Política Clássica, período de idéias econômicas com raízes em Adam Smith (1776), e orientadas por uma teoria do valor trabalho. Todavia, Marx, ao contrário de seus antecessores, não considerava as leis econômicas como leis naturais, pois sabia que elas se baseavam em instituições e leis específicas do estágio histórico específico que é o capitalismo.

Uma verdadeira revolução no pensamento econômico ocorrida no período entre 1870 e 1890 distanciaria a Economia do legado da Economia Política Clássica. Foi a chamada “Revolução Marginalista”. O período que se instaurou a partir daí caracterizou-se pela utilização de técnicas matemáticas de Cálculo diferencial. Mas sua essência foi a mudança de foco da produção e distribuição de riqueza para o fenômeno das ‘trocas’. Assim, a Economia foi se distanciando daquelas duas questões fundamentais. É curioso e importante notar que os autores pós-Revolução Marginalista foram abandonando o termo Política na tentativa de estabelecer uma nova ciência pura do fenômeno econômico. Supostamente longe de juízos morais, além de rigorosa e universal como a

Física, a disciplina passaria a ser chamada em inglês de *Economics*, em alusão à *Physics*, e não mais de *Political Economy*.

Antes do livro “Elements of a Pure Economics” (1872), de Léon Walras, a Economia não era um campo do conhecimento matemático. Walras estava convencido de que se as equações do cálculo diferencial podiam capturar o movimento dos planetas e átomos do universo, essas mesmas técnicas matemáticas capturariam o movimento das mentes humanas na economia. Como o que se queria era previsibilidade, precisariam de um único ponto de equilíbrio estável. Assim, para cada mercadoria trocada no mercado haveria um único preço, pois a interação entre a oferta e a demanda era enxergada por ele como forças que se cancelavam (MIROWSKI, 1988; 1989; BEINHOCKER, 2005).

Ao construir seu modelo de equilíbrio, Walras deixou de lado o aspecto da produção econômica para focar nas trocas entre consumidores. Para isso, assumiu que os bens já existiam e que o problema era determinar como se fixavam os preços e como os bens eram alocados entre os indivíduos. O desejo de trocar, portanto, seria um sinal de que o sistema está fora do equilíbrio. Apenas quando todos estivessem satisfeitos, dados os bens disponíveis e os preços, e ninguém quisesse trocar mais nada, o sistema estaria em equilíbrio.

William Stanley Jevons, em seu “Theory of Political Economy” (1871), pretendia transformar o comportamento humano em algo tão previsível quanto a gravidade. O auto-interesse humano seria uma força muito parecida com a força da gravidade. Para prever como um objeto se moverá num campo gravitacional, é preciso saber a direção em que a gravidade está agindo e o formato de qualquer restrição ao movimento do objeto. É possível prever o ponto de equilíbrio de um pêndulo sabendo a direção em que a gravidade o puxa, e o comprimento do fio que restringe o seu movimento.

O auto-interesse seria como a força da gravidade, pois levava os indivíduos a maximizarem suas utilidades. Como os recursos não são infinitos, haveria uma restrição às ações. O problema, portanto, passaria ser o de encontrar a combinação de bens e serviços que maximizassem a utilidade das pessoas dada a restrição de recursos. Na visão de Jevons, diferenças nas utilidades individuais criavam um tipo de energia potencial para a troca. Tanto que, para ele, *a noção de valor era para a Economia o que a noção de energia era para a Mecânica* (MIROWSKI, 1988; 1989; BEINHOCKER, 2005).

A Mecânica é, grosso modo, o estudo da locomoção, mudança de lugar ou posição, de algum objeto. Sabendo-se algumas coordenadas, diz-se exatamente onde estará um dado objeto em movimento. Uma das características de um sistema mecânico é que ele envolve um princípio de conservação, ou seja, define-se uma identidade ao longo do tempo. Foi o princípio da ‘conservação de energia’ que, na metade do século XIX, unificou e deu coerência aos estudos do calor, da luz, e da locomoção (Mecânica).

Tal princípio estabelece que a energia total de um sistema físico isolado é constante. Não se cria e nem se destrói energia, ela apenas se transforma, sem perdas. É por isso que o tipo de fenômeno estudado pela Mecânica é *reversível*. Isso significa que ele é compreendido apenas pela posição do objeto em questão, *não importando a trajetória temporal pela qual passou o objeto*. Assim, num fenômeno reversível não há distinção entre passado e futuro. Por exemplo, se o movimento de um pêndulo for gravado, e depois visto de trás pra frente, não faria a menor diferença na ordem das coisas.

A “Revolução Marginalista” consolidou o entendimento mecânico do sistema econômico. O raciocínio estava baseado na Física da primeira metade do século XIX.

Mais especificamente, o tipo de analogia e metáfora em que se basearam tem a ver com o ‘princípio da conservação de energia’ da Física (MIROWSKI, 1988). As ‘trocas’ entre indivíduos auto-interessados levariam a economia ao ‘equilíbrio’, em que todos estariam maximizando sua utilidade. A idéia era de que existe no mundo social um ponto em que todas as forças que agem no sistema se cancelam.

Ao responder o que determina o preço do mercado, Alfred Marshall (1842-1924) juntou a resposta dos clássicos com a dos marginalistas. Para os clássicos, a ênfase estava na oferta, ou seja, o preço era determinado pelo custo objetivo de tempo de trabalho. Já para os marginalistas era a demanda que determinava os preços, ou seja, a utilidade que os bens têm para os consumidores. O preço de mercado, para Marshall, é o ponto em que a oferta encontra a demanda. A análise *microeconômica* do comportamento da firma na determinação da oferta, e do consumidor na determinação da demanda, ganhou força e passaria a ser chamada de Economia Neoclássica (BRUE, 2005).

Foi Lionel Robbins (1898-1984) quem forneceu a coerência da nova abordagem econômica, ao argumentar que o núcleo teórico a ser aplicado aos problemas era, na verdade, uma teoria da escolha. Argumentou que a Economia não se distingue por seu tema, mas sim por um aspecto específico do comportamento: *alocação de recursos escassos entre fins alternativos*, que essencialmente trata de escolhas. E este passou a ser o problema central da Economia.

Depois do raciocínio dos marginalistas de que o problema econômico a ser resolvido era o de maximizar a utilidade das pessoas dada uma restrição de recursos, os neoclássicos do século XX acabaram identificando um princípio válido universalmente (ZAMAGNI & SCREPANTI, 1993):

Escassez de meios para satisfazer fins de importância variada é quase uma condição onipresente do comportamento humano. Aqui, então, está a unidade de assunto da ciência econômica, as formas assumidas pelo comportamento humano na disposição de meios escassos (ROBBINS, 1935:15)⁵.

A Economia Neoclássica estendeu esse ‘princípio econômico universal’ da *alocação de dados recursos entre usos alternativos* para todas as áreas de investigação. Essa tendência foi reforçada ao longo do século XX, culminando no argumento de que há um simples princípio no coração de todo problema econômico: uma função matemática para maximizar sob restrições (MIROWSKI, 1988).

Na década de 1930, no contexto da pior crise econômica que o mundo ocidental já conheceu, a Grande Depressão, uma nova estrutura analítica para pensar a economia foi proporcionada por John Maynard Keynes (1883-1946). O pensamento Keynesiano teve suas raízes na preocupação com a estagnação, ou com a taxa decrescente de crescimento econômico.

Era uma visão *macroeconômica*, pois a preocupação era com os determinantes das quantias totais de consumo, poupança, renda, produção e emprego. Não estava, portanto, interessado em como uma empresa individual decide sobre o nível de emprego que maximiza seu lucro. As empresas produzem coletivamente um nível de produção que esperam vender. Mas às vezes os gastos totais de consumo e investimentos são insuficientes para comprar toda a produção, ocasionando demissões e redução da produção por parte das empresas. Keynes ofereceu uma explicação para as flutuações econômicas e um programa para minimizá-las. Com ele, houve uma volta da teoria sobre o crescimento econômico, contudo de maneira muito diferente da preocupação

⁵ Tradução do autor desta dissertação.

dos clássicos. Nenhum papel foi dado a terra, e a questão de se o crescimento deveria eventualmente cessar sequer foi mencionada. Pelo contrário, a prosperidade ininterrupta era possível se as políticas fiscais e monetárias apropriadas fossem seguidas pelo governo.

A Economia de boa parte do século XX foi uma combinação da microeconomia neoclássica com a macroeconomia *inspirada* no keynesianismo. Essa junção foi chamada de Síntese Neoclássica, e tem Paul Samuelson (1915-) como importante articulador. Samuelson, o primeiro economista americano a ganhar o prêmio Nobel em Economia (1970), publicou seu primeiro livro-texto *Economics* em 1948. Milhões de estudantes em todo o mundo aprenderam os princípios de Economia com seu livro-texto, que em 1998 estava em sua 16ª edição. O esforço de Paul Samuelson foi fundamental no estabelecimento do sistema teórico neoclássico como abordagem dominante na Economia em meados do século XX (BRUE, 2005; FUSFELD, 2001).

Depois da 2ª Guerra Mundial, a Síntese Neoclássica tornou-se praticamente um consenso entre os economistas e formuladores de políticas econômicas. Desde que a economia crescesse e produzisse pleno emprego, o fruto do crescimento anual do produto disponibilizaria recursos adicionais para atender às necessidades de todos. O crescimento econômico passou a ser visto como a chave do sucesso, mesmo porque a Síntese Neoclássica aceitava o *status quo* no que diz respeito à estrutura da economia. Assim, tal sistema teórico se ajustava bem ao clima de debate que prevaleceu durante a Guerra Fria. Faltava, contudo, uma teoria do crescimento que fosse compatível com a idéia de equilíbrio estável dos neoclássicos (FUSFELD, 2001).

O crescimento econômico tinha sido a maior preocupação dos clássicos. Para alguns, ele seria retardado pouco a pouco até se chegar a uma economia estacionária. Para outros,

ele levaria ao colapso do capitalismo. Na era da Síntese Neoclássica, Robert Solow (1956) ajudou a reconciliar o crescimento com o equilíbrio com a idéia de que os fatores capital e trabalho podem ser substituídos um pelo outro no processo. Avanços tecnológicos proporcionam uma maior produtividade do capital, aumentando o a taxa de crescimento econômico e a renda *per capita*, além de mudar a estrutura da economia de acordo com o novo uso dos fatores.

Em termos de pesquisa teórica, a década de 1960 representou o auge da pesquisa em torno da idéia de *equilíbrio* na economia. A “teoria do equilíbrio geral” de Walras, que tinha ficado adormecida entre as Guerras mundiais, despertou no período da Guerra Fria e foi estudada por pós-graduandos da maioria dos departamentos de Economia do mundo. Com base em poucas suposições irrealistas a teoria prova que existe um sistema de preços em que todos os consumidores satisfazem ao máximo suas preferências e os produtores maximizam seus lucros, sem qualquer intervenção do governo. Assumia-se que se perturbada tal situação, os sistemas analisados sempre retornariam a suas posições originais (BACKHOUSE, 2007). A analogia do processo econômico como um sistema mecânico reversível não só perdurou, como ainda constitui a abordagem *dominante* da Economia.

I.3. Visão irreal

A analogia com a Mecânica tem a ver com a utilização da linguagem da Física, e com metáforas que consideram que nas transações de mercado ocorre uma troca de algo como uma energia psíquica ou social. De acordo com Mirowski (1988), a estrutura analítica da Economia Neoclássica é baseada na *metáfora da conservação energia*. A

metáfora não afeta apenas o discurso, mas principalmente a estrutura e a substância das disciplinas (HODGSON, 1999).

Mas isso é completamente diferente da real análise do processo econômico em termos de fluxos de energia e materiais. Do ponto de vista formal a Economia não se separou da Física, o que não significa que ela considera as relações biofísicas entre o processo econômico e o seu entorno.

Ao contrário, o paradigma Mecânico na Economia tem como importante sintoma o não reconhecimento dos fluxos de matéria e energia que entram e saem do processo econômico, e muito menos reconhece a diferença qualitativa entre o que entra e o que sai do processo. É o caso do modelo visual do fluxo circular (Figura 1.), em que o sistema econômico é visto como estando em harmonia e equilíbrio. Os Fisiocratas e os Clássicos que consolidaram a análise do fluxo circular do processo econômico ainda se preocupavam com a origem da riqueza. Todavia, a partir da Revolução Marginalista, a análise do fluxo circular passa a fazer parte de um arcabouço mecânico que reduz todas as questões econômicas a questões alocativas.

O diagrama do fluxo circular representa uma visão irreal de qualquer economia, pois esta é considerada como um sistema isolado. Nada entra de fora do sistema, pois não existe nada fora do sistema. A visão que se tem da economia é como se ela fosse *O Todo*, e a consequência disso é que não há lugar de onde qualquer coisa possa vir ou para onde possa ir. *Se a visão pré-analítica é da economia como O Todo, não é possível analisar qualquer relação da economia com o ambiente que a circunda, pois O Todo não tem ambiente externo* (DALY & FARLEY, 2004).

O que realmente está circulando no desenho do fluxo circular? São bens, serviços, trabalhadores, terra, recursos naturais? Não. A idéia é representar a circulação do dinheiro na economia. Mas o melhor seria considerar ‘poder de compra’ como elemento circulante, mesmo porque a rigor, nem o dinheiro-papel circula indefinidamente se não houver nova impressão para manter a circulação. Isso porque a circulação de mão-em-mão deteriora fisicamente o dinheiro, o que exige sua reposição por dinheiro novo.

O sistema gera resíduos? O sistema requer novas entradas de matéria e energia? Se a resposta for não, então o sistema é uma máquina de moto-perpétuo, ou seja, uma máquina capaz de produzir trabalho ininterruptamente sem consumo qualquer de combustível. Tal máquina seria um reciclador perfeito. Porém isso contradiz uma Lei da Física (2ª Lei da Termodinâmica). Em uma de suas formulações (Lord Kelvin), diz essa lei que *É impossível realizar um processo cujo único efeito seja remover calor de um reservatório e produzir uma quantidade equivalente de trabalho*. Isso porque o calor tende a se dissipar, impossibilitando sua utilização por completo para gerar trabalho. O que significa que uma máquina, um organismo, ou qualquer sistema para continuar funcionando precisa de energia entrando, no mínimo de maneira constante.

Se o sistema não for um moto-perpétuo, então os resíduos devem ir para algum lugar e novos recursos devem vir de algum lugar de fora do sistema. Por isso, a economia não é *O Todo*, mas sim um subsistema de um sistema maior, geralmente chamado de “meio ambiente”. Essa visão pré-analítica do fluxo circular é análoga à descrição de um animal apenas em termos do sistema circulatório sem mencionar o trato digestivo. Claro que o sistema circulatório é importante, mas se não tiver o trato digestivo que o conecta ao ambiente ele morrerá ou de fome ou prisão de ventre. Os animais vivem de um fluxo metabólico. Eles comem e secretam resíduos, e não comem seus próprios resíduos. Os biólogos ao estudarem o sistema circulatório não esqueceram do trato digestivo. Os

economistas ao focarem no fluxo circular monetário ignoraram o fluxo metabólico real. Isso porque os biólogos jamais imaginaram um animal como *O Todo*, ou como máquina de moto-perpétuo, o contrário do que fizeram os economistas (DALY & FARLEY, 2004).

Karl Marx foi um autor que considerou essa interação da sociedade com a natureza, quando se referiu ao “metabolismo social”⁶. Marx entendia por metabolismo social o processo pelo qual a sociedade humana transforma a natureza externa, transformando, assim, sua natureza interna. A ação de transformar a natureza externa é o trabalho. A organização capitalista da sociedade separa de forma absoluta o trabalhador de seus meios de vida. O trabalhador assalariado está separado da terra como condição natural de produção, depende de vender sua força de trabalho para comer, e está separado do próprio processo de produção como atividade transformadora. Inicia-se, assim, uma ‘falha metabólica’ que só é compreendida tendo em mente o funcionamento do modo de produção capitalista (FOSTER, 2005).

Não é a unidade da humanidade viva e ativa com as condições naturais, inorgânicas, da sua troca metabólica com a natureza, e daí a sua apropriação da natureza, que requer explicação; ou é o resultado de um processo histórico, mas a *separação* entre estas condições inorgânicas da existência humana e esta existência ativa, uma separação que é integralmente postulada apenas na relação entre o trabalho-assalariado e o capital (MARX, 1973: 489 apud FOSTER, 2005: 223).

⁶ O termo “metabolismo” começou a ser adotado largamente por fisiologistas alemães apenas a partir das décadas de 1830 e 1840, para se referir às trocas materiais relacionadas com a respiração de um organismo. Tornou-se de uso corrente ao ser usado por Justus Von Liebig (1803-18073).

Como para Marx o capitalismo “separou” a reprodução material da sociedade dos condicionantes naturais, ele não considerou a entrada de recursos naturais essenciais para a reprodução do sistema nos esquemas analíticos utilizados para representar a economia. Seus esquemas de reprodução consideram que o sistema se “reproduz” se houver um fluxo suficiente de bens de consumo e bens de capital sendo produzidos e circulando na economia. Capital e trabalho são os únicos fatores de produção nesses esquemas, assim não foi atribuída nenhuma importância para o papel da natureza na explicação da dinâmica capitalista, nem como fonte provedora de recursos, e nem como sumidouro de resíduos.

Até meados da década de 1960, nenhuma escola de pensamento econômico considerava explicitamente a entrada de recursos naturais necessários para a produção e nem a saída necessária dos resíduos da produção. Isso é um exemplo do sistema econômico entendido como um fenômeno mecânico, em que os processos são revertidos a qualquer momento, apenas alterando a posição em que o dinheiro se encontra no sistema.

Contudo, as mudanças reais que ocorrem na economia têm direção no tempo, ou seja, são irreversíveis. Por exemplo, mesmo do ponto de vista físico há uma mudança qualitativa promovida pelo sistema econômico. O sistema produtivo na verdade o que faz? Transforma matéria-prima, recursos naturais, nos produtos que a sociedade valoriza. Mas não é só. Essa transformação produz necessariamente algum tipo de resíduo, que não entra de novo no sistema produtivo. Se a economia pega recursos de qualidade de uma fonte natural e despeja resíduos sem qualidade para a economia de volta para a natureza, então não é possível tratar a economia como um ciclo fechado e isolado da natureza. Mesmo do ponto de vista físico a transformação econômica é irreversível e qualitativa, por isso não é compreendida em todas suas facetas pela Física da primeira metade do século XIX, que estabelece a reversibilidade dos fenômenos.

A utilização da metáfora Mecânica faz com que a economia seja tratada como um sistema isolado, autocontido e a-histórico; não induzindo mudança qualitativa e nem sofrendo efeitos das mudanças qualitativas no ambiente. Muitos já criticaram o viés anti-Histórico da Economia Neoclássica, mas sem perceber a futilidade que é tentar impor a História nas teorias neoclássicas sem questionar a metáfora física que a inspirou (MIROWSKI, 1988).

A saída da metáfora Mecânica passa pelo abandono da visão da economia isolada da natureza, e pela adoção da visão da economia como parte do ecossistema. Até o final da década de 1960, entre as diferentes escolas de pensamento econômico, não se questionou essa visão da economia isolada da natureza. Uma crítica profunda ao mecanicismo e à concepção do processo econômico como sendo circular e isolado da natureza só seria feita por alguém da profissão no artigo *Process in Farming Versus Process in Manufacturing: A Problem of Balanced Development* (1965) e com a introdução do livro-coletânea *Analytical Economics* (1966), ambos de Nicholas Georgescu-Roegen (1906-1994).

PARTE II – Outro Paradigma

If one sought for a single word to encapsulate the unity in Georgescu's vision, that word would be 'Evolution'. Evolution – true change – was, for Georgescu-Roegen, the starting and ending point for the vast majority of his work (BEARD & LOZADA, 1999: 134).

II.1. A formação de Georgescu

Georgescu nasceu em 1906, em Constança, na Romênia. No dia em foi anunciada a entrada da Romênia na 1ª Guerra Mundial (27 Agosto de 1916), ficou sabendo que tinha conseguido uma bolsa de estudos para uma escola preparatória. Seus primeiros estudos só começariam com o término da Guerra. Em 1918 entrou para o *lycée* na capital Bucareste, em que havia pouco o que fazer a não ser estudar. Estudou lá de 1918 a 1923, quando entrou para o curso de Matemática na Universidade de Bucareste. Formou-se na faculdade em 1926, e ganhou uma bolsa de Doutorado para estudar na Sorbonne⁷ em Paris (DRAGAN & DEMETRESCU, 1986).

Lá ele mudou da Matemática para a Estatística. Entre 1927 e 1930 esteve ligado ao Institut de Statistique, onde foi diretamente influenciado por Émile Borel (1871-1956). Sua tese “Le problème de la recherche des composantes cycliques d'un phénomène ” de tão elogiada foi publicada na íntegra no *Journal de la Société de Statistique de Paris*, em Outubro de 1930. Em 1931 conseguiu uma bolsa para estudar dois anos em Londres com o criador da Estatística e filósofo da ciência Karl Pearson. Essa convivência o convenceu que todo pesquisador deve estudar algo de filosofia para controlar a

⁷ Sorbonne (em francês, *La Sorbonne*) era um apelido da antiga Universidade de Paris e hoje é usada para se referir às suas instituições sucessoras, que hoje são quatro universidades (*Université Paris I - Panthéon-Sorbonne*; *Université Paris III - Nouvelle-Sorbonne* e *Université Paris IV - Paris-Sorbonne*).

verossimilhança do próprio esforço científico. A representação satisfatória do mundo real é a questão primária de qualquer esforço científico.

Sua tese sobre fenômenos cíclicos chamou a atenção de economistas de Harvard que se empenhavam num projeto chamado “Barômetro Econômico”. Havia proposto um novo método para a análise de períodos que permitiu que se encontrassem os coeficientes para alguns processos aleatórios. Por isso, em 1934 ganhou uma bolsa da Fundação Rockefeller para visitar a Universidade de Harvard por dois anos. Chegando a Harvard descobriu que o projeto não existia mais. Estava pronto para voltar para a Romênia quando pediu um encontro com Joseph Schumpeter (1883-1950), que na época se dedicava à elaboração de uma grande teoria dos ciclos. O diálogo entre eles era, portanto, total, dado o tema da tese de Georgescu. Schumpeter chegou a usar sua técnica, numa versão simplificada, no seu livro *Business Cycles* (1939).

Schumpeter foi uma das figuras da primeira metade do século XX que tentou explicar o mecanismo de mudança no capitalismo, indo na contramão das preocupações dominantes da Economia de sua época. A contribuição geral de Schumpeter para a Economia consiste em sua ênfase na importância dos empreendedores e das inovações para que uma economia se desenvolva. O economista austríaco lecionou em Harvard e presidiu a *American Economic Association* de 1932 até sua morte.

Schumpeter teve influência crucial na carreira de Georgescu, e foi quem o transformou em um economista. Os dois anos (1934-36) de convívio em Harvard foram de atividade intelectual intensa, e foram fundamentais para reforçar sua convicção de que os processos históricos são únicos e impossíveis de serem descritos precisamente por uma fórmula matemática. Nesse período foi membro de um grupo de estudos que reunia

economistas como Wassily Leontief, Oskar Lange, Fritz Machlup, Nicholas Kaldor, e Paul Sweezy⁸, além do próprio Schumpeter.

Enquanto estava em Harvard, escreveu quatro artigos importantes para a teoria do consumidor (G-R, 1935a; 1936a; 1936b) e para a teoria da produção (1935b). Schumpeter chegou a convidá-lo para escrever um livro em co-autoria, além de ter oferecido uma vaga de professor na Faculdade de Economia de Harvard, mas Georgescu achava que devia voltar para a Romênia para colocar seus conhecimentos em prática. Tinha um sentimento de obrigação com seu país. Assim, em 1937 retornou para a Romênia.

Na Romênia ocupou muitos cargos no governo. Foi diretor do Instituto Central de Estatística de Bucareste, conselheiro econômico no Departamento de Finanças, diretor no Ministério do comércio. Entre 1944-45, ele assumiu cargo de secretário geral da Comissão Romena de armistício com a ex-União Soviética. No período de 1937 a 1948 viveu sob quatro ditaduras consecutivas: Carol II, Mihai Carol, Ion Antonescu, e Groza, este último pró-comunista. Depois da vitória definitiva do Partido Comunista na Romênia, fugiu com sua mulher para os EUA em 1948. Em 1949 foi convidado a integrar a Universidade de Vanderbilt, em Nashville, Tennessee, onde permaneceu até se aposentar em 1976. Viveu e trabalhou em Nashville até falecer em 1994 (DRAGAN & DEMETRESCU, 1986; MANESCHI & ZAMAGNI, 1997).

Seu primeiro artigo em Economia - “Note on a proposition of Pareto” - publicado em Agosto de 1935 no *Quarterly Journal of Economics* discute a medição da utilidade. Para os marginalistas a utilidade era algo que poderia ser tratado da mesma maneira que

⁸ Principal contribuição de cada um no Anexo I.

uma quantidade observável, medido no mesmo sentido que se mede o peso de algum objeto. No final do século XIX, havia surgido outra visão do que é a utilidade: uma expressão das preferências, portanto das escolhas individuais. O economista italiano Vilfredo Pareto (1848-1923), sucessor de Walras na cátedra de Lausanne, teve papel decisivo nessa abordagem.

Entre as décadas de 1890 e 1920 a Revolução Marginalista tinha perdido força, e a década de 1930 representa a retomada e a consolidação desse pensamento, principalmente via legado de Pareto. Os economistas que retomaram as idéias de Pareto ficaram conhecidos como “paretianos”. Os trabalhos da escola de Lausanne começaram a romper a barreira da língua inglesa. Nessa década, os economistas paretianos se encontravam principalmente na London School of Economics, na Universidade de Chicago e em Harvard. Entre 1934 e 1937, Georgescu estava em Harvard, e entrou para a Economia utilizando seu profundo conhecimento da Matemática para discutir as questões deixadas por Pareto.

De acordo com Pareto a utilidade está relacionada à satisfação de uma necessidade ou desejo individual, legítimo ou não. As implicações dessa abordagem são importantes, pois por um lado a utilidade se refere ao ordenamento de preferências do indivíduo, e por outro as preferências são definidas com respeito a uma situação de escolha. A fundação da utilidade estava no comportamento virtual de um indivíduo que tem que escolher.

Surgiu, assim, a Teoria da escolha, ou Teoria do consumidor. Trata-se de uma teoria microeconômica que busca descrever como os consumidores tomam decisões de compra e como eles enfrentam dilemas e mudanças no ambiente de preços. Para a teoria do consumidor, as pessoas escolhem obter um bem em detrimento do outro em virtude

da utilidade que ele lhe proporciona. A utilidade se refere às preferências do consumidor, por isso um importante instrumento de análise e determinação de consumo são as chamadas “curvas de indiferença”. O gráfico das curvas de indiferença serve para mostrar as diferentes combinações de cestas de mercadorias que satisfazem o indivíduo da mesma maneira. Indica que as mercadorias substituem umas às outras na satisfação do consumidor.

No artigo “The pure theory of consumer behavior” (1936) formulou um postulado necessário para a existência das curvas de indiferença. Mostrou pela primeira vez quais são as condições específicas para que uma entidade qualquer possa ser medida. Nem as vontades nem as expectativas humanas atendem tais condições de mensurabilidade. Ele mostrou que a solidez aparente das demonstrações de como estabelecer tais medidas na verdade derivam de uma “falácia ordinalista”. É a idéia de que qualquer coisa que apresente “mais” e “menos” é um contínuo linear. Mostrou que o ordenamento de preferências não implica necessariamente uma medida da preferência do consumidor.

Outra contribuição importante do mesmo artigo foi desvendar o problema da integrabilidade que inicia com Pareto, mas que foi considerado por muito tempo um pseudo-problema. Trocando em miúdos: suponha que as pressuposições que descrevem o comportamento do consumidor sejam confirmadas pela realidade. É possível dizer que o consumidor é um agente que necessariamente maximiza alguma função utilidade? Foi com esse problema que entrou para a comunidade de economistas neoclássicos. Para garantir que a teoria do consumidor fosse coerente com os pressupostos e com a realidade observável era necessário adicionar condições que não são passíveis de verificação empírica (ZAMAGNI, 1999).

Alguns economistas consideram esse artigo de 1936 como sendo a contribuição mais importante de Georgescu. Para João Rogério Sanson, ex-aluno de Georgescu, “The pure theory...” é o trabalho que mais impressiona por seus axiomas e sofisticação matemática (Informação Pessoal, 2008).⁹

Foram os questionamentos e a especificação das condições que deram base para a idéia de “preferência revelada” de Paul Samuelson. Uma grande contribuição de Samuelson foi substituir a teoria da utilidade por um conjunto de regras lógicas básicas para ordenar as preferências das pessoas; tais regras consolidaram a teoria do comportamento do consumidor. A noção de utilidade era misteriosa, incapaz de ser observada, e impossível de ser medida. Samuelson resolveu a questão dizendo que não era preciso olhar para dentro da cabeça das pessoas e medir a utilidade diretamente. Contanto que as pessoas sejam lógicas e consistentes nos seus comportamentos, elas revelariam suas preferências através das escolhas feitas.

Em 1937, quando retornou à Romênia, Georgescu já estava treinado em Matemática, Estatística e Economia. Contudo, logo percebeu a diferença entre o que poderia ser explicado com a teoria econômica que aprendera, e a realidade de uma economia cujas instituições são não-capitalistas. Dedicou dois artigos para esse tema: "Economic Theory and Agrarian Economics" (1960), e “The institutional aspects of peasant communities: an analytical view” (1965a).

O artigo "Economic Theory..." publicado apenas em 1960, já tinha sido escrito quando chegou de volta aos EUA, em 1949. Tal artigo escrito durante os anos na Romênia, foi apresentado num simpósio na Universidade de Chicago, mas como a recepção foi muito

⁹ Informação Pessoal obtida por meio de questionário sobre Georgescu enviado para o correio eletrônico andrei@usp.br em Maio de 2008 (original no Anexo II).

hostil ele não o enviou para publicação até que o editor do periódico *Oxford Economic Papers* o convidou 12 anos depois (GOWDY e MESNER, 1998).

O artigo tenta responder a seguinte pergunta: Pode uma teoria econômica que descreve o sistema capitalista ser usada para analisar com sucesso outro sistema econômico? Afinal as sociedades humanas variam enormemente de acordo com o tempo histórico e com a localidade.

A teoria neoclássica descreve o processo econômico de uma sociedade em que o indivíduo se comporta de maneira estritamente hedonista, em que o empresário busca maximizar seu lucro, em que qualquer mercadoria pode ser trocada no mercado com base num sistema de preços regulares, e nenhuma mercadoria pode ser trocada de outra maneira.

O sistema teórico marxista se refere a uma economia caracterizada pelo monopólio de uma classe sobre os meios de produção, empresários querendo ganhar dinheiro, mercados com preços regulares para todas as mercadorias, e independência dos fatores econômicos dos demográficos.

Ambos os conjuntos de pressupostos dos dois principais sistemas teóricos da Economia representam os traços mais característicos do capitalismo, todavia nem a teoria marxista e nem a neoclássica são válidas para analisar uma economia não-capitalista, ou seja, a economia de uma sociedade na qual está ausente parte ou todas as instituições do capitalismo (G-R, 1960).

Para Georgescu (1960; 1965a), economias de regiões rurais cuja principal organização social é a comunidade familiar não podem ser entendidas com os arcabouços teóricos

marxista ou neoclássico, surgidos para explicar a economia num contexto urbano-industrial. As diferenças se devem principalmente às restrições materiais específicas que a natureza viva impõe ao *homo agrícola*. Para usos industriais o homem tem sido capaz de controlar sucessivas fontes de energia. Mas para o tipo de energia que é necessária à vida em si mesma, o homem ainda é inteiramente dependente de sua fonte mais primitiva, os animais e as plantas que o cercam.

Na manufatura, um processo pode, em princípio, seguir de maneira ininterrupta, contanto que haja suprimento necessário de insumos. É por casa do sistema fabril que o homem conseguiu diminuir radicalmente o tempo necessário para fazer sapatos e roupas, mas em quase nada o tempo necessário para que o milho cresça ou para criar um animal doméstico. Apenas no sistema fabril é possível eliminar completamente os períodos de ociosidade dos fatores trabalho e capital. Já a produção agropecuária obedece ao ritmo sazonal em que a energia solar determina as condições climáticas em cada canto do planeta. Por isso, provavelmente continuará convivendo com a ociosidade dos fatores e permanecerá uma seqüência descontínua de atividade anuais (G-R, 1965a: 227). Isso explica a diferença fundamental entre os processos produtivos na indústria e na agricultura, mas também entre os tipos de instituições surgidas nos diferentes contextos.

A ambigüidade intrínseca à idéia de uma industrialização da agricultura tem sua raiz no excessivo otimismo com que os grandes economistas avaliaram a capacidade do capitalismo superar os chamados “limites naturais”. Até mesmo o gênio crítico de Marx foi vítima dessa ideologia espontânea do industrialismo ao considerar que a missão histórica do capitalismo era justamente a de transcender o caráter limitado e condicionado das formas anteriores de interação com a natureza (VEIGA, 2007:189).

Georgescu se opôs à tradição científica e política marxista que previa o desenvolvimento capitalista generalizando unidades agrícolas imensas baseadas exclusivamente no uso de mão-de-obra assalariada. O maior erro dessa tradição teria sido o fato de não reconhecer que a agricultura e a indústria obedecem a leis diferentes, e assumir que o setor inteiro da agricultura seria transformado em fábricas a céu aberto. Nenhuma outra “aberração teórica” foi tão refutada pelos desenvolvimentos históricos quanto a lei da concentração na agricultura (G-R, 1960, 1965a).

Contrariamente ao que imaginavam os grandes economistas do século XIX, o desenvolvimento capitalista acabou fortalecendo, no século XX, a forma familiar de produção na agricultura, ao invés de exterminá-la (VEIGA, 2007: 204).

Tanto a associação entre desenvolvimento capitalista e ampliação do trabalho assalariado, quanto a idéia de inferioridade econômica da agricultura familiar, típicas da tradição dos clássicos marxistas que estudaram o desenvolvimento do capitalismo na agricultura, não são confirmadas pelo que se observa da história das nações desenvolvidas. Durante o século XIX o que ocorreu foi uma diminuição da concentração enquanto os agricultores familiares em vez de se tornarem proletários, passaram a se tornar donos de terras (ABRAMOVAY, 1992; G-R, 1960; VEIGA, 1991).

Discutiu em ambos os artigos (G-R, 1960; 1965a) a conduta do *homo economicus*. A racionalidade assumida pela teoria neoclássica é a de um comportamento *estritamente hedonista* do indivíduo. A satisfação do indivíduo estritamente hedonista depende apenas da quantidade de mercadorias em sua posse. Se isso já é pouco realista no

contexto urbano-industrial, ainda mais numa comunidade rural em que os indivíduos se pautam pelas instituições comunitárias do vilarejo. Possivelmente valha para o personagem Robinson Crusoe¹⁰, mas dificilmente para indivíduos vivendo em sociedade. Muitos indivíduos respondem às mudanças nas rendas dos outros, mostrando que questões distributivas têm efeito na satisfação individual. E estudar as soluções de distribuição nas sociedades significa entender os padrões institucionais vindos de cada condição histórica particular.

A escolha de um indivíduo não é determinada apenas pela quantidade de mercadorias, mas também pelas ações necessárias para obter tais mercadorias. Para obter um dólar, pode-se mendigar, furtar o caixa de uma loja, ou pedir emprestado para um conhecido. A propensão a agir de uma ou de outra maneira depende da matriz institucional a qual o indivíduo pertence. No caso de uma comunidade rural de base familiar, o mais comum é que os valores culturais do vilarejo pesem mais na hora da escolha do indivíduo, ainda mais se a decisão diz respeito aos outros membros da comunidade (G-R, 1965a: 224). Para Georgescu, a maneira como a teoria neoclássica vê a conduta humana só vale numa situação de consumidores com renda suficiente e cujas escolhas econômicas são guiadas apenas pela quantidade de mercadorias¹¹.

Chegou à conclusão de que nem a Economia Neoclássica, e nem a Economia Marxista poderiam explicar um contexto diferente do industrializado, urbanizado, e individualista. A trajetória das economias avançadas não pode mostrar qual é o caminho a ser trilhado pelos demais países, pois as mesmas oportunidades não podem ser repetidas. Assumir que os processos que sustentaram o progresso das economias

¹⁰ Na obra-prima de Daniel Defoe (1660-1731), é o único sobrevivente de um naufrágio, que vai parar em uma ilha desabitada.

¹¹ “Modern utility theory is a theory of a consumer who has a relatively ample income and whose economic choice is guided only by the quantities of commodities” (G-R, 1968: 568).

avanzadas necessariamente beneficiam economias de regiões rurais com alta densidade populacional é uma extrapolação.

Na década de 1950, já em Vanderbilt, se dedicou às questões epistemológicas da Teoria do consumidor. Os mais importantes trabalhos publicados nessa década são: “The theory of Choice and the constancy of economic laws” (1950), “Choice and revealed preference” (1954a), “Choice, expectations and measurability” (1954b), e “Threshold in choice and the theory of demand” (1958a), “The nature of expectation and uncertainty” (1958b). A pergunta que o orientou é se os modelos teóricos neoclássicos descrevem adequadamente o comportamento das pessoas, no que diz respeito às escolhas.

Desses artigos, possivelmente o mais decisivo é o “Choice, expectations and measurability” (1954) em que oferece uma nova abordagem para o processo de escolha, cuja conclusão é de que a utilidade sequer pode ser medida de maneira ordinal. Existe uma hierarquia de vontades, e na base dessa hierarquia estão as vontades mais urgentes. São aquelas ligadas à natureza biológica do homem, conseqüentemente são igualmente ordenadas para todos os seres humanos. Estas são seguidas por vontades sociais, que têm a mesma ordem para todas as pessoas que pertencem à mesma cultura. Por último, existem vontades pessoais que variam irregularmente de indivíduo para indivíduo. Vontades biológicas e sociais são irreduzíveis. Isto é, aquele que não tem o que comer não pode satisfazer sua fome usando mais camisetas. Mas algumas vontades pessoais podem compensar outras. Uma pessoa pode ser indiferente em relação a discos ou filmes, ou seja, pode estar igualmente feliz com mais discos e menos filmes.

Como há uma hierarquia de vontades, só há indiferença entre vontades do mesmo nível. Em outras palavras, o processo de escolha é determinado pela vontade menos importante que pode ser satisfeita numa situação. Por exemplo, uma pessoa que não tem

o que comer vai preferir a cesta com maior valor em termos de comida. Mas entre duas cestas com igual valor nutritivo, a mesma pessoa escolhe aquela mais saborosa. O sabor aqui é a vontade menos importante. Se as cestas diferirem apenas com respeito ao formato da própria cesta, aparece a próxima vontade, ainda menos importante. Assim, a escolha ordena todas as cestas possíveis, mas isso não quer dizer que existem cestas completamente indiferentes umas das outras. Não é a mesma coisa para o indivíduo escolher uma cesta A com alto valor nutritivo, mas com uma embalagem feia, ou escolher uma cesta B com pífio valor nutritivo, porém com uma linda embalagem. Isso porque as características nutritivas, características relacionadas ao sabor e aquelas que dizem respeito ao formato da cesta obedecem a uma hierarquia. Para Georgescu, no ato da escolha as pessoas agem muito mais como uma minhoca explorando o solo do que como uma águia que tem visão panorâmica.

Em 1966, organizou a coletânea *Analytical Economics* com seus primeiros artigos da década de 1930, com as contribuições da década de 1950 para a teoria da escolha, e com artigos que tratavam de outros temas como o “Economic Theory and Agrarian Economics” sobre a economia de países agrários com alta densidade populacional. Como introdução, escreveu 127 páginas sobre questões que extrapolavam a ciência econômica. Mas, por que alguém escreveria uma introdução do tamanho de um livro para uma coletânea de artigos de 1936 a 1960?

Georgescu aceitou a sugestão da editora Harvard University Press de fazer uma introdução relacionando seu pensamento com os artigos, pois assim poderia articular e dar uma coerência geral para suas contribuições prévias. A introdução “Algumas questões de orientação na Economia” está dividida em cinco partes: “Ciência: uma breve análise evolucionária”; “Conceitos, números e qualidade”; “Algumas lições da Física”; “Evolução versus Mecânica”; “Conclusões gerais para o Economista”. Tal

introdução daria origem ao livro que pode ser considerado sua obra máxima *The Entropy Law and the economic process*, de 1971.

A coletânea mereceu o prefácio de Paul Samuelson, já respeitado por causa do livro-texto *Economics* e por suas contribuições importantes à teoria do consumidor. Samuelson o considerou pioneiro na economia matemática, mas em primeiro lugar um economista. Fez ainda a seguinte observação sobre o autor: “Mesmo sendo um especialista na Matemática, ele é imune aos charmes sedutores desse instrumento, sabendo usá-lo de maneira objetiva e pé no chão”¹². O chamou de “professor dos professores”, e de “economista dos economistas”. No final do prefácio, além de ter considerado seu artigo de 1936 sobre teoria do consumidor um “clássico”, desafiou qualquer economista informado a permanecer complacente depois de refletir sobre a introdução do livro.

A inquietação de Georgescu era que enquanto na Física os maiores autores passaram a filosofar sobre sua ciência, o debate epistemológico na Economia era muito pouco efetivo. Assim, essa introdução explorou o divisor de águas de cada questão de maneira mais intensa e extensa do que já havia sido feito no passado. Mais especificamente, extrapolou as questões epistemológicas para além das fronteiras da Economia. Como resultado, chegou à conclusão que, contrariamente ao que se pensava, muitas questões com as quais se confrontam os economistas não são específicas dessa disciplina, elas surgem também nas ciências físicas. São questões que dizem respeito às mudanças qualitativas que são estruturais, em contraposição às mudanças que só envolvem variação de quantidade.

¹² Tradução do autor desta dissertação.

O que é mais importante no caso das estruturas evolucionárias é o surgimento de inovações. Isto significa que para explicar as mudanças nos sistemas que evoluem no tempo é fundamental a utilização de palavras. Os números não dão conta de tudo. “A parte mais relevante da história é uma estória contada em palavras, mesmo quando é acompanhada por algumas séries temporais que marcam a passagem do tempo” (G-R, 1980).

Aprendeu com Schumpeter, seu verdadeiro tutor em Economia, que as mudanças fundamentais no sistema econômico são de ordem qualitativa, e não podem ser compreendidas com números. Um dos ensinamentos característicos de Schumpeter é de que o aspecto mais importante do processo econômico é precisamente o contínuo surgimento de inovações. E a inovação é imprevisível, pois ocorre apenas uma vez no tempo cronológico.

É por causa do surgimento constante de inovações que não é possível compreender a realidade apenas com a ajuda da análise. A análise consiste de uma descrição sistemática da realidade somente com a ajuda de conceitos aritmomórficos. A propriedade característica destes conceitos pode ser melhor ilustrada por um número. Por exemplo, o número “um” está completamente isolado de todos os outros números. Não existe nenhum número que é ao mesmo tempo ‘um’ e ‘não um’ (...) Além disso, um número não pode mudar com o tempo. O que “um” significou nos primórdios dos tempos em que se começou a contar é ainda válido hoje e será sempre. O mesmo não é verdade para a maior parte de nossas ações básicas (G-R, 1980).

Mesmo tendo sido formado em Matemática e depois se aprofundado em Estatística, questionou o excessivo formalismo da ciência econômica, que deixava os aspectos mais interessantes de fora da análise.

Eu estaria entre os últimos servos da ciência a negar o papel indispensável da teoria, que deve necessariamente aspirar a ser quantitativa e, portanto matemática, uma vez que a teoria não está separada da realidade. Todavia, como meu mestre Joseph Schumpeter fez com tanta sagacidade, eu estaria entre os primeiros a defender a necessidade absoluta de estudos históricos e institucionais na ciência social, portanto na Economia (G-R, 1976a: xi).

Por trinta anos escreveu artigos de Economia em periódicos de primeira linha como *Quarterly Journal of Economics* e *Econometrica*. Sempre esteve preocupado com a questão da validade das representações analíticas da realidade. Assim, com seu profundo conhecimento da Matemática entrou para a comunidade dos economistas discutindo postulados necessários para a sustentação das teorias, e seguiu a carreira tentando propor novas representações para o comportamento do consumidor. A introdução de *Analytical Economics* representa uma profunda reflexão filosófica sobre as ciências. É como se ele passasse a enxergar a Economia “de fora”.

II.2. Termodinâmica x Mecânica

Possivelmente a crítica epistemológica mais importante de Georgescu, já presente na introdução de *Analytical Economics*, se refere ao fato de a Economia Neoclássica considerar o processo econômico como um fenômeno mecânico, independente do lugar e do tempo histórico. O que a Mecânica entende por espaço e tempo não é no sentido de lugar/local e tempo cronológico, mas sim ‘distância indiferente’ e ‘intervalo de tempo indiferente’.

Seu segundo e mais importante livro, *The Entropy Law and the economic process* de 1971, é dedicado quase que exclusivamente a mostrar a diferença irreduzível entre a Mecânica e a 2ª Lei da Termodinâmica, a Lei da Entropia, uma lei evolucionária. Existe uma diferença entre o tempo histórico ‘T’, e o tempo dinâmico ‘t’ da Mecânica, coisa já reconhecida por Schumpeter¹³. Mas, Georgescu mostrou aos economistas que a raiz dessa distinção não está nas ciências históricas, e sim no coração da própria Física, entre a Mecânica e a Termodinâmica. Mostrou que, mesmo do ponto de vista físico, a Economia não pode ignorar o tempo histórico, pois a produção econômica é uma transformação entrópica.

Entropia é o conceito utilizado pelos cientistas para explicar, por exemplo, por que os cubos de gelo derretem numa calçada quente. A Lei da conservação da energia não explica tal fenômeno. Com apenas essa lei, seria possível que o calor saísse do cubo de gelo, contanto que a mesma quantidade de calor fosse para o ar. Se isso pudesse acontecer o cubo de gelo ficaria mais frio e o ar mais quente. A entropia serve para explicar por que o calor sempre flui de objetos mais quentes para os mais frios, e por que esse processo é espontâneo. Assim, ela está relacionada com as mudanças que ocorrem inerentemente à conservação da energia de um dado sistema. A energia em sua forma calor tende a se dissipar homogeneizando temperaturas. Acontece que para realizar trabalho, no sentido físico, um sistema necessita de um diferencial de temperaturas.

O conceito de trabalho na Física pode ser entendido como “maneira de transferir energia em ação coerente”, portanto deve ser visto como um processo e não como uma coisa

¹³ *History of Economic Analysis*. New York, 1954: 965

(SCHNEIDER & SAGAN, 2005: 27). Como o calor tende a perder essa capacidade de transformar energia em ação coerente, é a forma mais inútil e degradada de energia.

Toda transformação energética envolve produção de calor. Mesmo uma geladeira, que existe para manter uma temperatura interna abaixo da do ambiente externo, só consegue realizar tal função, pois há uma entrada de energia elétrica constante, e uma dissipação de energia para ‘fora dela’ em forma de calor. Embora uma parte do calor possa ser recuperada para algum propósito útil, não se pode aproveitar todo o calor justamente pela sua tendência a se dissipar. Assim, a Lei da Entropia diz que num sistema isolado a degradação da energia tende a um máximo, e que tal processo é irreversível.

Para que se entenda melhor a noção de entropia, se faz necessário recordar da ciência que surgiu para estudar o calor, a Termodinâmica. Quem desenvolveu os elementos fundamentais para as bases da Termodinâmica foi o físico e engenheiro militar francês Sadi Carnot (1796-1832) em seu livro *“Reflexões sobre a potência motriz do fogo”*, publicado em 1824. A máquina a vapor começava a ter grande importância na época, contudo não havia a preocupação de recorrer a uma sistematização teórica com intuito de avançar na produção de potência motriz do calor. Carnot se dispôs a analisar a máquina a vapor e propôs uma teoria sobre o seu funcionamento, descrevendo inclusive um ciclo ideal capaz de proporcionar o máximo rendimento à máquina. Carnot concluiu que o calor flui do corpo mais quente para o mais frio; e que é impossível converter completamente o calor em trabalho – uma parte é sempre ‘perdida’ numa transformação energética (SCHNEIDER & SAGAN, 2005: 39).

As descobertas sobre a conservação da energia tornaram difícil a conciliação entre as conclusões de Carnot e a concepção de calor como forma de energia. Foi o físico alemão Rudolf Clausius (1822-1888) quem se propôs a fazer tal conciliação,

combinando a noção de desperdício necessário nas máquinas a vapor, com a idéia que a energia se manifesta de várias formas e que ela não pode ser criada nem destruída. Dividiu o calor (quantidade de energia) pela temperatura (medida da intensidade da energia), formando uma nova relação que inevitavelmente aumentava com o tempo. Era parecida com a energia, mas tinha uma direção. Assim, Clausius chamou tal razão de entropia, emprestando tal palavra com significado de *transformação* em Grego. (SCHNEIDER & SAGAN, 2005: 43).

Clausius avançou o trabalho já realizado por Carnot formalizando as duas primeiras leis da Termodinâmica e introduzindo a noção de entropia. A 1ª Lei diz que a *quantidade* de energia num sistema isolado é constante, enquanto a 2ª Lei diz que a *qualidade* da energia num sistema isolado tende a se degradar, tornando-se indisponível para a realização de trabalho. Portanto, a forma embrionária da entropia está na idéia de que as mudanças no caráter da energia tendem a torná-la inutilizável. A energia desperdiçada ou “perdida”, ou seja, a energia que não pode mais usada para realizar trabalho, é considerada a produção de entropia de um sistema. Um sistema isolado não pode trocar matéria nem energia com o exterior. Estritamente falando, apenas o Universo como um todo atende essa exigência. Por isso, Clausius afirmou na sua formulação das duas primeiras leis da termodinâmica que:

- 1) A energia do universo é constante
- 2) A entropia do Universo tende a um máximo.

A afirmação “num sistema isolado a entropia nunca decresce” envolve o tempo, pois mais precisamente isso significa que a entropia aumenta na medida em que o tempo flui pela consciência do observador. Nenhuma outra lei distingue o passado do futuro. Assim, apenas a 2ª Lei da Termodinâmica define a ‘flecha do tempo’, explicando a direção de todos os processos física ou quimicamente espontâneos. A 2ª Lei afirma que

um sistema pode estar orientado apenas numa direção do tempo, justamente porque não pode voltar da maneira como foi, se o seu caminho envolve dissipação de calor. Tal lei provocou uma revisão drástica no sentido da energia e sua conservação, enquanto muitos físicos tentaram o máximo possível negar que algo de fundamental havia mudado (G-R, 1971; MIROWSKI, 1989).

A admissão aparentemente inócua de que “o calor sempre flui do corpo mais quente para o mais frio por si só” ser uma lei física, deu origem a uma crise na Física que ainda não parece ter se resolvido. A crise está no fato de que a mecânica não consegue lidar com movimento unidirecional do calor. Isso porque de acordo com a mecânica todos os movimentos devem ser reversíveis. Essa peculiaridade dos fenômenos mecânicos corresponde ao fato de as equações da mecânica não variarem ao sinal da variável ‘t’, de tempo, ou seja, não há passado nem futuro. É possível, portanto, opor duas categorias de fenômenos: locomoção reversível e entropia irreversível.

Os processos reversíveis, tipo de fenômeno estudado pela Mecânica Clássica, são “a exceção” na natureza, enquanto os processos irreversíveis constituem “a regra”. Foi justamente Clausius quem distinguiu os dois através do conceito de entropia. Os processos reversíveis mantêm a entropia constante, enquanto os irreversíveis a produzem (PRIGOGINE, 1996:25).

Todavia, como a única maneira de agir sobre a matéria diretamente é puxando ou empurrando, não é difícil entender por que a mente humana só pode compreender claramente um fenômeno se puder representá-lo por um modelo mecânico. Não é à toa que desde quando surgiu a Termodinâmica, os físicos desdobram-se em esforços para reduzir o fenômeno do calor à locomoção. O resultado disso acabou sendo uma nova Termodinâmica, conhecida como Mecânica Estatística (G-R, 1966: 75).

Na Mecânica Estatística, as leis da termodinâmica foram preservadas da mesma maneira em que Clausius havia enunciado, porém mudaram os significados dos conceitos básicos. O calor consiste em movimento irregular das partículas, que são tratadas como indivíduos qualitativamente iguais, pois apenas as coordenadas mecânicas (posição e momentum) das partículas são levadas em conta.

Ludwig Boltzmann (1844-1906), o principal expoente dessa nova Termodinâmica, descreveu a distribuição estatística de bilhões de moléculas de gás fazendo suposições sobre a velocidade média das partículas depois das colisões chegando a uma expressão que lembrava a função de entropia. Daí ele disse ter derivado movimentos temporalmente irreversíveis da mecânica (MIROWSKI, 1989: 62-65).

Entre a década de 1870 e de 1890, objeções à inconsistência de se derivar consequências irreversíveis de premissas reversíveis foram levantadas. A resposta de Boltzmann foi sugerir que haveria flutuações na evolução da entropia, isto é, às vezes o tempo seguiria o sentido “inverso”. Boltzmann defendeu a reconciliação entre a entropia e a mecânica até pouco antes do suicídio em 1906 (G-R, 1971: 166; MIROWSKI, 1989).

Como na época de Boltzmann, as leis da Física que afirmavam a equivalência entre passado e futuro “eram aceitas como a expressão de um conhecimento ideal, objetivo e completo”, ele teve que abandonar a idéia de direcionalidade do tempo (PRIGOGINE, 1996). Com isso, acabou dizendo que o tempo é uma ilusão humana, ou seja, que a direção do tempo é puramente uma convenção que os observadores introduziram no mundo, e que não havia diferença entre passado e futuro. Mas é impossível demonstrar

isto sem admitir implicitamente que há uma direção universal na qual os processos estão ocorrendo (G-R, 1971: 167).

Se o calor não fosse nada além de locomoção no nível molecular, aí poderia estar sujeito às leis ortodoxas da locomoção, que são por sua vez temporal-reversíveis. Entre 1850 e 1950, a atitude de muitos físicos era aceitar que a entropia pode ser reduzida à mecânica. Para isso, noções de probabilidade e aleatoriedade foram introduzidas na teoria física.

A maioria dos livros-texto de termodinâmica não indica que pode haver uma inconsistência entre a Mecânica Clássica e a Termodinâmica Clássica e que essa controvérsia que marcou a virada do século XIX para o XX pode ainda não estar resolvida. O teorema H ¹⁴ de Boltzmann era aceito como verdadeiro até os anos 1960/1970, época em que Georgescu escrevia sua principal obra *The Entropy Law and the Economic Process* (1971). Todavia, hoje há uma aceitação¹⁵ entre cientistas que se preocupam com a epistemologia de sua ciência que tal teorema de Boltzmann é falso, e pelos mesmos motivos apontados por Georgescu (BEARD & LOZADA, 1999; LOZADA, 1995; MIROWSKI, 1989). Este mostrou porque a irreversibilidade não é uma manifestação do acaso. A explicação para os processos irreversíveis não pode ser encontrada na mecânica. A Lei da Entropia é uma lei irredutível da natureza, assim como a Lei da Inércia de Isaac Newton.

II.3. Entropia e Evolução

¹⁴ O teorema H é a afirmação de que a mecânica newtoniana temporalmente reversível pode gerar a flecha do tempo, e particularmente que pode gerar a temporalmente irreversível 2ª Lei da termodinâmica.

¹⁵ Ilya Prigogine (1996) e a 'Escola de Bruxelas', Benjamin Gal-Or (1975) e a 'Escola Astrofísica' discutem a origem da flecha do tempo, rejeitando o teorema-H de Boltzmann.

A Lei da Entropia nas formulações de Clausius e Boltzmann diz respeito aos sistemas isolados que tendem à máxima entropia, ou seja, ao equilíbrio termodinâmico, quando as forças que provocam mudanças estão completamente ausentes, o que é caracterizado por uma temperatura uniforme no sistema.

A condição de que o sistema deve ser isolado é compreensível, pois se matéria ou energia puderem entrar e sair daquele não é possível falar de constância ou de aumento constante. Por outro lado, todos os sistemas da nossa experiência são ou fechados ou abertos, e não isolados. Os sistemas fechados podem trocar energia, mas não matéria, com o exterior. Enquanto os sistemas abertos podem trocar ambos (G-R, 1986; PRIGOGINE & STENGERS, 1984). Qualquer sistema aberto pode diminuir sua própria entropia. Todavia, como ele é um subsistema, o decréscimo de sua entropia deve ser acompanhado por um aumento na entropia do sistema maior no qual está inserido, de tal forma que a entropia do sistema total aumente.

Aqueles que estudaram a eficiência energética na Europa do século XIX ficaram tão impressionados com a predição da 2ª lei da Termodinâmica de aumento da entropia em sistemas isolados que eles estenderam essa idéia para o universo inteiro. Mas tais sistemas da termodinâmica clássica eram isolados artificialmente pelos cientistas. Sistemas que conseguem manter um padrão de organização, como as mais diversas formas de vida, são abertos e existem em áreas de fluxo energético.

A termodinâmica de não-equilíbrio tem seus trabalhos pioneiros em Erwin Schrödinger, Alfred Lotka, Lars Onsager e Ilya Prigogine. Com Boltzmann a entropia havia sido redefinida como medida do grau de desordem de um sistema. E a Lei da Entropia adquiriu o seguinte significado: *Na natureza há uma tendência constante da ordem se*

tornar desordem. Isso parece contra-intuitivo ainda mais ao imaginar a Terra a quatro bilhões de anos atrás sem vida. Não teria diminuído a entropia na Terra com o surgimento e evolução de todas as formas de vida e organização? A vida demonstra uma tendência evolucionária contrária à tendência inexorável de a energia perder sua capacidade de realizar trabalho até chegar ao equilíbrio termodinâmico.

No livro *What is life?*(1944), de Schrödinger, um dos temas tratados foi a capacidade da vida se manter, se expandir e reproduzir num mundo sujeito à Lei da Entropia. Ele queria explicar o paradoxo da vida resistir à tendência universal de degradação entrópica das coisas. Como os organismos se perpetuam e até aumentam sua organização num universo que tende à desordem? A resposta dele foi de que os organismos existem, crescem e aumentam sua organização importando energia de qualidade de fora de seus corpos – o que ele chamou de entropia negativa -, e exportando entropia, ou seja, aumentando a entropia ao seu redor (SCHNEIDER & SAGAN, 2005: 15).

Uma importante contribuição para esse tipo de estudo, dos sistemas abertos e fora do equilíbrio termodinâmico, foi a de Ilya Prigogine (1955). Mostrou que existem sistemas que se mantêm longe do equilíbrio, pois atuam como “estruturas dissipativas”, ou seja, mantêm um padrão de organização graças a um fluxo entrópico. Degradam energia e exibem ciclagem de materiais. Tornam-se mais complexos à medida que exportam – dissipam – entropia para seu entorno. O entendimento dos sistemas fora-de-equilíbrio e das “estruturas dissipativas” deu origem a um programa de pesquisa sobre a ‘termodinâmica da vida’, e mais tarde sobre a ‘complexidade’. E o conceito da termodinâmica mais importante para entender tais sistemas complexos é a entropia.

As próprias plantas são estruturas dissipativas, pois são os instrumentos mais avançados para degradar radiação solar. Para converter 1% da energia que nelas incide em biomassa, as plantas dissipam a maior parte da energia no processo de transpiração, a conversão de água em vapor (SCHNEIDER & SAGAN, 2005: 222).

Sistemas dissipativos não estão em equilíbrio, são abertos e dinâmicos, e são rodeados por gradientes. Schneider e Sagan (2005) consideram a Lei da Entropia de maneira mais ampla que uma tendência ao equilíbrio térmico ou à desorganização total, o caos. Para eles, trata-se de uma *lei da natureza de tendência a redução de gradientes*. Um gradiente é uma simples diferença (seja de temperatura, pressão ou de concentração química) existente numa distância qualquer. A redução de gradientes pela natureza significa que eles tendem a serem eliminados espontaneamente.

Um corolário da redução de gradientes na natureza é que quando um gradiente é imposto a um sistema, este o degrada de maneira mais perfeita possível. Assim, pode desenvolver processos e estruturas que façam com que a energia e os materiais não tendam imediatamente ao equilíbrio (SCHNEIDER & SAGAN, 2005: 220).

Existe um gradiente entre o sol quente e o espaço frio. A vida na Terra tende a reduzir, ao longo de bilhões de anos, esse gradiente. A energia solar é convertida para energia química, por meio da fotossíntese, e estocada em moléculas de açúcares. Assim, a fotossíntese é o processo de conversão de energia mais importante na Terra, pois a energia química resultante é a base das cadeias alimentares que sustentam a maioria das outras formas de vida. Todos os outros seres vivos, que não produzem seu próprio alimento, buscam energia disponível comendo a biomassa ou outros seres animais. Processos heterótrofos (incapazes de produzir o próprio alimento) liberam a energia solar de alta qualidade, obtida dos produtos da fotossíntese, em forma de calor

(SCHNEIDER & SAGAN, 2005; KAUFMANN & CLEVELAND, 2007) Desde Boltzmann tenta-se entender a evolução biológica com base nos princípios termodinâmicos.

Em poucas linhas, a teoria da evolução de Charles Darwin (1859) afirma que os organismos de uma mesma população (portanto de mesma espécie) não são iguais, mas apresentam variações em suas características. Algumas variantes serão mais adequadas nas condições ambientais prevalentes. Se as diferenças forem herdáveis, as variantes mais adequadas terão maior chance de transmitir suas características a seus descendentes. Assim, uma população evolui por meio da seleção natural (STERELNY, 2007). Dois princípios de natureza distinta atuam na evolução: influências que selecionam e influências que fornecem material para seleção.

Para Alfred Lotka (1880-1949), ainda que não seja possível afirmar que a evolução tende a maximizar o fluxo de energia, o princípio da seleção natural, este sim, tende a maximizar o fluxo de energia, sujeito às restrições existentes. Boltzmann já havia afirmado que o objeto fundamental de disputa na “luta pela vida”, na evolução biológica, é a energia disponível (LOTKA, 1922: 147). É a idéia de que na luta pela existência a vantagem vai para aqueles organismos cujos dispositivos de captura de energia sejam mais eficientes em direcionar a energia disponível em canais favoráveis à preservação da espécie.

II.4. Entropia e atividade econômica

Georgescu concordava com a definição de Alfred Marshall (1920) que a Economia “é o estudo da Humanidade nos negócios ordinários da vida”. Rejeitava, portanto, que o

escopo da Economia fosse aquele definido por Lionel Robbins: como dados meios são alocados para satisfazer dados fins. Não se conformava com o dogmatismo na posição dos que defendem que o estudo do processo econômico é esse quebra-cabeça com todos os elementos dados. É uma visão muito restritiva do processo econômico, que ignora questões de como são criados novos meios, novos fins e novas relações econômicas.

No nível mais primário, a atividade econômica resulta de uma luta pela sobrevivência da espécie humana. A sobrevivência requer a satisfação de necessidades básicas, que são sujeitas a mudanças. De todas as necessidades da vida apenas as puramente biológicas são absolutamente indispensáveis para a sobrevivência. Toda a nossa vida econômica se nutre de energia e matéria. Mas não é qualquer energia que é utilizada, não podendo ser energia dissipada. A energia tem que ser capaz de realizar trabalho. Diz-se que essa energia é de baixa entropia. Essa descoberta é consequência da Termodinâmica ter se desenvolvido a partir de um problema econômico: a eficiência das máquinas térmicas. A energia dissipada em forma de calor pela máquina não pode ser utilizada novamente. Por isso, o surgimento da Termodinâmica constituiu uma verdadeira Física do valor econômico, uma vez que distingue energia útil de energia inútil para propósitos humanos. Pode-se dizer, portanto que baixa entropia é uma condição necessária para que algo seja útil. Mas qual a relação entre os recursos de baixa entropia e o valor econômico? Tais recursos são escassos nos seguintes sentidos:

- 1) decrescem contínua e inevitavelmente;
- 2) uma dada quantidade de recursos de baixa entropia não pode ser usada mais que uma vez pelos homens (G-R, 1966).

A Lei da Entropia nos assegura que não podemos usar a mesma energia indefinidamente, queimando o mesmo carvão *ad infinitum*. Se isso fosse possível, não haveria escassez de fato e também não haveria resíduos do processo produtivo uma vez

que se poderia ‘reciclar’ 100%. Um país pobre em recursos naturais como o Japão não precisaria importar matérias-primas, e muitas populações não teriam sido forçadas a migrar por causa da exaustão do solo.

A literatura econômica mostra a crença de que o processo econômico pode continuar e até crescer sem precisar de recursos de baixa entropia¹⁶. Os sintomas analíticos disso são, por exemplo, a representação do processo econômico como um sistema isolado, isto é, modelos matemáticos que ignoram o fluxo de recursos naturais do ambiente. Outro sintoma é a noção de que o processo econômico é completamente circular. A epistemologia Mecânica é a principal responsável por tais concepções. Contudo, tais concepções não estão de acordo com leis da natureza. Simplificações são necessárias, mas trata-se de uma simplificação equivocada, pois não bate com a realidade física.

Do ponto de vista estritamente físico, o processo econômico é unidirecional, consistindo na transformação contínua de baixa entropia em alta entropia. Assim o processo econômico, desse ponto de vista, é entrópico: não cria nem consome matéria e energia, apenas transforma baixa em alta entropia. Mas se os processos físicos do ambiente natural também são entrópicos, então o que distingue o processo econômico? (G-R, 1966).

Como consequência inevitável da transformação dos recursos do ambiente, o processo econômico produz resíduos que não podem ser reaproveitados. Do ponto de vista físico, portanto, produz entropia. Mas essa não pode ser a razão de ser do processo. Afinal, o objetivo do processo econômico não é aumentar a quantidade de energia e materiais dissipados. A diferença é que o verdadeiro produto de tal processo não é um fluxo físico

¹⁶ Um exemplo é o livro-texto “Introdução à teoria do crescimento econômico” de Charles Jones (2000), que sequer menciona o ambiente seja como provedor de recursos naturais (ignorados por Jones) seja como assimilador de resíduos do processo produtivo.

de resíduos, mas sim o *aproveitamento da vida*, ou um fluxo *imaterial* de bem-estar. Sem reconhecer o propósito humano não se está no mundo econômico. Se se admite que a vida em geral tenha a capacidade de se manter, se expandir e reproduzir, e de resistir à tendência universal de degradação entrópica das coisas, e, portanto, o propósito de se perpetuar, o que distinguiria o processo econômico dos biológicos?

Os dispositivos de captura de energia variam entre as espécies, mas são caracterizados pelo fato dos organismos nascerem com eles. Os organismos cujos dispositivos de captura de energia, órgãos, sejam mais eficientes em direcionar a energia disponível levam vantagem. Alfred Lotka (1956) deu o nome para esses órgãos de *instrumentos endossomáticos*: asas e bicos de pássaros, chifres, mas também a constituição biológica humana, seu corpo, são exemplos. Com pequenas exceções marginais o homem é o único animal que usa em suas atividades “órgãos” que não fazem parte da sua constituição biológica. Os economistas chamam isso de equipamento de capital, mas o termo *instrumentos exossomáticos* de Lotka enfatiza que o processo econômico entendido de maneira ampla é uma continuação do processo biológico. Os instrumentos exossomáticos possibilitam ao homem obter a mesma quantidade de baixa entropia com um gasto menor da própria energia do que se ele utilizasse apenas seus órgãos endossomáticos, pois parte do metabolismo é transferida para fora do corpo. E mais do que apenas utilizar instrumentos, os homens produzem seus instrumentos, usam instrumentos para fazerem mais instrumentos.

A evolução exossomática da Humanidade, mudanças no modo de produção de instrumentos por meio de instrumentos, cria novos meios, novos fins e novas relações econômicas. E era esse processo amplo de reprodução material das sociedades que passou a interessar Georgescu.

II.5. Processo produtivo

A abordagem econômica convencional para o problema da produção perde totalmente de vista o caráter de transformação física da criação da riqueza. Ao importar matéria do ambiente e organizá-la de modo que possa ser utilizada, a produção é uma oposição local e temporária à Lei da Entropia.

Com Philip Wicksteed (1894), a Economia passaria a tratar matematicamente o problema da produção, o produto como sendo uma função da quantidade de fatores de produção $P = f(a,b,c,...)$. Não fez nenhuma menção sobre que tipo de “função” e tampouco sobre a natureza distinta desses “fatores”. Com poucas modificações, é com essa visão do processo produtivo que um aluno de Economia se depara hoje quando abre seu livro-texto:

Suponha que Y denote a quantidade de produtos, L , a quantidade de trabalho, K , a quantidade de capital humano, e N , a quantidade de recursos naturais. Então podemos escrever $Y = A.F(L, K, H, N)$ onde $F()$ é uma função que mostra como os insumos são combinados para gerar o produto. ‘ A ’ é uma variável que representa a tecnologia produtiva disponível. À medida que a tecnologia se aperfeiçoa, ‘ A ’ aumenta, de modo que a economia produz mais a partir de qualquer combinação dada de insumos (MANKIW, 2001: 538).

Em 1965, um ano antes da publicação de *Analytical Economics*, Georgescu havia apresentado o artigo “Process in farming versus process in manufacturing: a problem of balanced development” (1965b) na Conferência da Associação Internacional de Economia. O objetivo desse trabalho foi o de representar adequadamente o processo produtivo. Mostrou que existem diferenças fundamentais entre os processos produtivos

na agricultura e na indústria. Continuou aprimorando sua nova representação que rendeu o artigo “The economics of production” (1970), publicado na *American Economic Review*, e o bem mais detalhado capítulo IX do livro *The Entropy Law and the Economic Process* (1971).

Uma das novidades de sua abordagem é a inclusão do fator tempo na representação do processo produtivo. Não era mais possível que as representações continuassem a ignorar os diferentes intervalos de tempo nos quais participam os fatores de produção. A função de produção convencional que relaciona quantidades de fatores seria substituída por uma funcional, analiticamente muito mais rigorosa. Para Georgescu, o produto é uma função de uma série de outras funções relacionadas ao intervalo de tempo nos quais participam os fatores de produção. Contudo, sua reformulação é muito mais difícil de ser usada em aplicações econométricas e para se chegar aos resultados da teoria neoclássica (MUELLER, 2004, 2007). E foi nesse artigo que ele apontou a falácia de se representar o sistema econômico como um fluxo circular fechado, afinal trata-se de um processo unidirecional.

A idéia de que o processo econômico não é uma analogia mecânica, mas sim uma transformação entrópica e unidirecional começou a modificar meu pensamento há muito tempo (...) Contudo, foi a nova representação de um processo que me possibilitou cristalizar meus pensamentos descrevendo pela primeira vez o processo econômico como a transformação entrópica de recursos naturais valiosos (baixa entropia) em resíduos sem valor algum (alta entropia)¹⁷ (G-R, 1976a: xiv).

¹⁷ Tradução do autor desta dissertação.

Por ser complexa e sem linhas demarcatórias, a realidade precisa ser cortada, decomposta analiticamente pelas ciências. Cada uma das ciências estuda um processo parcial do funcionamento do universo, que envolve a operação de um imenso processo total. Para avançar, a ciência necessita de grandes simplificações, a primeira delas sendo delimitar uma fronteira analítica de um processo. Isto é, é necessário estabelecer a linha demarcatória entre o que faz parte de um processo e o que está fora de tal processo (ambiente externo, ou sistema maior no qual se insere o processo parcial).

Existe uma diferença qualitativa básica entre os chamados fatores de produção, que foi ignorada pela abordagem neoclássica até a formulação de Georgescu. Para começar, isso que se chama de produção deveria se chamar de transformação, pois isso daria a dimensão adequada do fenômeno em jogo. Elementos da natureza são transformados em bens econômicos.

Como poderia ser representado o processo mais elementar dessa transformação? Existe uma diferença entre o que entra e sai relativamente inalterado do processo produtivo; e aquilo que entra, se transforma, saindo, portanto, outra coisa. A falha primordial de tratar todos os fatores igualmente como insumos fez com que a produção econômica fosse representada de forma simplista. A categoria de fatores que entram e saem do processo sem sofrer mudança pode ser chamada de agentes, e são eles: capital, terra (espaço físico) e força de Trabalho. Os objetos que são alterados pelos agentes representam a categoria de fluxos. Os agentes transformam certos fluxos de energia e materiais, advindos diretamente da natureza ou de outro processo produtivo, em produtos finais, evidentemente, mas também em resíduos e poluição. Assim, há fluxos de entrada e de saída no processo produtivo.

Os fluxos que entram no processo produtivo são:

- Insumos fornecidos pela natureza (energia solar, chuvas, petróleo, nutrientes nos solos agrícolas, minerais, etc);
- Insumos produzidos (se originam de outros processos de produção, por exemplo, o aço usado por montadoras de automóveis, tábuas de madeira usadas por fábrica de móveis, etc);
- Insumos de manutenção (necessário para deixar o equipamento usado na produção intacto, por exemplo, peças de reposição e lubrificantes).

Os fluxos que saem do processo produtivo são ‘Produtos’ e Resíduos. Emanam inevitavelmente de qualquer processo produtivo fluxos de resíduos, rejeitos e poluição, que a teoria convencional da produção não considera. Os fluxos são substâncias materiais que cruzam a fronteira do processo produtivo, e não devem ser confundidos com os serviços prestados pelos Fundos. Um fluxo tampouco representa necessariamente um aumento ou decréscimo no estoque da mesma substância. Um fluxo é mais como um estoque espalhado por um intervalo de tempo.

Por que diferenciar fluxo de fundo, e não de estoque? Porque apesar de uma máquina, por exemplo, ser um estoque material, não é no mesmo sentido que um estoque de carvão. É um estoque de serviços, mas é mais seguro chamá-lo de fundo de serviços. O uso de um fundo requer duração. Para exemplificar, uma caixa com 20 balas pode satisfazer 20 crianças agora ou amanhã, ou alguns hoje outros amanhã. Mas uma lâmpada que dure 500h não pode ser usada para iluminar 500 quartos agora. Nesse caso, a caixa com balas é um estoque e a lâmpada é um fundo (G-R, 1971:226). Os fundos foram os fatores de produção considerados pelos economistas clássicos. A terra é um fundo, ou agente do processo produtivo, pois atua como uma rede, capturando os fluxos de chuva e radiação solar.

Só os elementos que fluem no processo podem ser fisicamente incorporados no fluxo de produtos finais. Na análise do processo produtivo, Georgescu considera que os fundos, ou seja, a estrutura do processo se mantém intacta. Essa suposição permite que o processo seja repetido. O fluxo de manutenção serve justamente para manter os fundos intactos. Para fins analíticos o processo de produção ocorre num “estado estacionário”, ou seja, com os fundos constantes. Constância aqui significa que a eficiência específica de cada parte do equipamento de capital é mantida constante. O termo “reprodução simples” de Marx exprime melhor a idéia de uma tecnologia que se mantém constante.

Contudo para Georgescu, apesar de ser uma simplificação bastante útil, a idéia de que tanto o equipamento de capital quanto a força de trabalho são mantidos constantes não deixa de ser uma ficção (G-R, 1971: 228), pois o processo econômico muda contínua, quantitativa e qualitativamente o equipamento de capital. Além disso, a crítica que faz aos esquemas de reprodução econômica tais como o de Marx é que mesmo uma reprodução simples precisa dos fluxos de entrada da natureza para se manter, se não seria um moto-perpétuo.

Ainda assim, o problema mais grave no tratamento da produção está em sua associação com um dilema de escolhas. A definição do escopo da Economia como sendo o estudo da alocação de meios escassos entre fins alternativos tem consequências sérias para o tratamento da produção. Com os neoclássicos o problema da produção passou a ser estritamente um problema da alocação ótima de fatores de produção (HODGSON & SCREPANTI, 1991:155).

A tecnologia aparece para o economista como uma variável externa que permite a substituição necessária entre os fatores de produção. Considera-se que há substituição quando um fator se torna relativamente mais escasso que os outros, e, portanto mais

caro. Em geral é o capital quem “substitui”, pois o conhecimento tecnológico – a compreensão das ‘melhores’ formas de produzir bens e serviços – é incorporado nele. Isso permite melhoras no seu desempenho, permitindo utilizar menos dos outros fatores trabalho e recursos naturais.

Contudo, não é captado nas suas funções de produção que um processo mais intensivo em capital, por exemplo, requer um tipo qualitativamente diferente de capital, e que ele próprio tem origem física nos recursos naturais. No caso do capital e dos recursos naturais, a relação no processo produtivo é muito mais de complementaridade. Um conhecimento tecnológico incorporado em equipamentos de capital significa um outro capital, e algumas vezes utilizando outros recursos naturais.

Assim, na formulação de Georgescu, é conceitualmente errado acreditar que o potencial do fator capital (entendido como equipamentos do processo produtivo) de sustentar o produto real no curto prazo seja um exemplo de substituição de um pelo outro. Quando um melhor conhecimento humano é “incorporado” no capital manufaturado adicional, cria-se uma ilusão substitutabilidade, pois se reduz a geração de resíduos (produção de entropia) no processo produtivo.

Como a teoria convencional trata todos os fatores como de natureza semelhante, nela se supõe que a substituição entre eles não tenha limites. Os recursos naturais poderiam ser facilmente e indefinidamente substituídos por capital. As duas maiores distorções da abordagem convencional são: ignorar o fluxo inevitável de resíduos, e apostar na substitutabilidade sem limites dos fatores.

Entram no processo produtivo matéria e energia, e saem dele os produtos que a sociedade valoriza, mas também um fluxo inevitável de resíduos, que também são

matéria e energia. É claro que uma teoria da produção não pode ser contrária à Lei da conservação da matéria e energia em que “nada se perde tudo se transforma” (G-R, 1965; 1971).

Mas a Lei da conservação, por si só, não dá conta de uma importante mudança qualitativa que ocorre em todas as transformações físicas, uma parte dessa energia conservada se torna indisponível. Uma parte dos Resíduos não pode ser aproveitada novamente em nenhum processo produtivo de tão dissipada que se torna. Isso é consequência da Lei da entropia.

Assim, extrapolando essa análise de um processo produtivo para todo o processo econômico, chega à conclusão de que o que entra no processo econômico são recursos da natureza e que há uma saída inevitável de ‘lixo’. Georgescu mostrou através de profunda reflexão sobre o processo de produção, que o processo econômico como um todo é aberto e unidirecional, e não fechado e circular.

A visão da economia como um fluxo circular fechado tem origem nos Fisiocratas. É claro que a posição política contra a intervenção do Estado mercantil, e a visão da economia como um sistema que segue leis naturais foi crucial na representação do processo pelos Fisiocratas.

A percepção da produção e da reprodução como processos que se verificava em sistemas essencialmente fechados e mais ou menos auto-reguladores servia suas noções pré-analíticas a apoiava seus julgamentos normativos de políticas (KAPP, 1976: 92).

Para Georgescu, algo que é indispensável para a produção, e que, portanto, tem valor econômico pode não ser uma mercadoria. Todavia, uma importante limitação da Economia está no fato de que suas fronteiras analíticas são desenhadas onde a circulação de mercadorias pode ser observada.

II.6. Bioeconomia

Em 1976, publica livro coletânea *Energy and Economic Myths*. No artigo com o mesmo nome (1976b), ele critica tanto economistas que ignoram leis da física, quanto ambientalistas bem intencionados.

Diz ele que os mitos sempre tiveram um papel importante na vida do homem. O homem tem uma compulsão a acreditar que está acima de tudo o mais no Universo, e que seus poderes não conhecem limites. No Gênesis, o homem proclamou ter sido criado à imagem de Deus. Em outra época, disse que todo o Universo gira em torno da Terra, e depois que apenas o sol gira em torno da Terra. Uma vez o homem acreditou que poderia mover as coisas sem consumir qualquer energia. Este é essencialmente um mito econômico. E o mito de que podemos usar a mesma energia muitas e muitas vezes ainda está presente, ainda que de forma velada. Este último mito vai contra a Lei da entropia. Tal lei diz apenas que a entropia, o índice de energia dissipada e indisponível em relação à energia total, de um sistema isolado é não-declinante.

Não é nada trivial explicar o fenômeno da vida pelas leis da física. Mas certamente a vida não as pode violar. De acordo com Erwin Schroedinger (1944) a vida parece evitar a degradação entrópica à qual a matéria inerte está sujeita. Para ele, o organismo vivo se esforça para compensar sua própria degradação entrópica utilizando recursos de baixa

entropia do ambiente e dissipando a energia em forma e calor de volta para o ambiente. Contanto que a entropia do ambiente aumente mais que a compensação do organismo, o fenômeno não vai contra a Lei da Entropia.

A vida tem uma importância no processo entrópico. Para Schneider e Sagan (2005) a vida é uma manifestação da 2ª Lei da Termodinâmica. As mais diversas formas de vida são estruturas dissipativas que existem para degradar gradientes. E é assim que a vida mantém sua organização, diminuindo gradientes, que inclui dissipação de energia em forma de calor.

Georgescu considerou que os organismos, para manterem sua própria organização, aceleram a marcha da entropia. Não está, portanto, em desacordo com o entendimento recente (SCHNEIDER & KAY, 1994; SCHNEIDER & SAGAN, 2005) da relação entre vida e entropia. Para Georgescu (1976b), o homem, com seus instrumentos exossomáticos, ocupa a mais alta posição na escala dos organismos que aumentam a entropia, e esse seria o cerne das questões ambientais, que tem dois aspectos ligados um ao outro: o da depleção dos recursos terrestres e o dos resíduos inevitáveis do processo produtivo.

A humanidade tem duas fontes básicas que possibilitam sua reprodução material. Os estoques terrestres de minerais concentrados e o fluxo solar. Há uma enorme desproporção na quantidade total dessas duas fontes. Se todos os combustíveis fósseis fossem queimados de uma vez, isso proveria a energia equivalente a algumas semanas de luz solar. Espera-se que o sol dure mais 5 ou 6 bilhões de anos. Tal desproporção leva a uma questão constrangedora: Se a fonte solar é muito mais abundante, por que nos últimos 150 anos a humanidade mudou a base física da economia da energia solar e recursos renováveis para uma dependência cada vez maior de recursos minerais não-

renováveis? Uma parte importante da resposta está no fato de que o homem tem capacidade para utilizar os estoques terrestres à taxa que desejar.

Os estoques terrestres são obviamente limitados em quantidade total, enquanto à taxa na qual a humanidade os utiliza é uma questão de escolha. Já a fonte solar é praticamente ilimitada em quantidade total, porém altamente limitada pela taxa que chega à Terra. Há uma outra diferença fundamental entre essas duas fontes de riqueza. São os estoques terrestres que abastecem a base material para as manufaturas, enquanto o fluxo solar tem o papel insubstituível de manutenção da vida.

Como o homem pode ter total controle sobre a utilização dos estoques terrestres, mas não pode controlar o fluxo solar, o problema relativo às gerações futuras está nos estoques, pois estes podem ser delas subtraídos, ao passo que os fluxos não. Para Georgescu (1976b, 1977b) resta saber se a Humanidade quer continuar usando rapidamente os estoques de recursos terrestres, e assim comprometer a possibilidade de reprodução material das gerações que ainda virão; ou ao contrário, por algum princípio de amor à nossa espécie, evitar qualquer utilização desnecessária de recursos, aumentando a ‘expectativa de vida’ da espécie humana.

Contudo, para Georgescu, em algum momento a escala da economia terá que ser reduzida, ambos os fundos de capital e força de trabalho. Assim, mesmo que os estoques de energia e materiais do planeta continuassem sendo usados, a tendência de extração de recursos seria decrescente. Na medida em que a população e o equipamento de capital fossem encolhendo, também estaria se reduzindo a utilização da energia e dos materiais dos estoques terrestres necessários para manter aqueles fundos. Quanto mais cedo tal processo de encolhimento da escala da economia começasse, maior seria a sobrevida da atividade econômica da espécie humana.

A idéia é que não bastará parar de crescer, ou mesmo estabilizar o fluxo de recursos naturais que entra na economia. A rigor, dever-se-ia estar pensando na redução desses fluxos. A partir do momento em que a entrada de recursos naturais for tão pequena que não é mais capaz de manter o fundo de capital intacto, este passa a se deteriorar fisicamente. Isso significa um decrescimento real da escala da economia. É por isso que no longuíssimo prazo Georgescu não via outra maneira de evitar que o processo de extinção da espécie humana seja acelerado a não ser por meio do decrescimento econômico.

Poder-se-ia argumentar que uma economia que dependa inteiramente da radiação solar e que recicle os materiais dissipados pelo processo não tenderia ao aniquilamento, e poderia sim continuar crescendo ou pelo menos se manter numa condição estacionária (BOULDING, 1966; DALY, 1973). Georgescu considerou esse tipo de idéia uma falácia baseada no mito da reciclagem perfeita de materiais. É a idéia de que não haveria necessidade de novas entradas de insumos materiais no processo econômico, e que este poderia, portanto, operar como um ciclo fechado em termos materiais. Para rebater essa idéia acabou propondo uma nova lei da termodinâmica, que também foi alvo de sérias críticas. Esse tema será discutido mais adiante na terceira parte da dissertação.

O segundo aspecto da reprodução material da humanidade, o resíduo, é um fenômeno físico geralmente prejudicial a uma ou outra forma de vida, e direta ou indiretamente à vida humana. Deteriora o ambiente de várias maneiras, quimicamente, como no caso do mercúrio ou da chuva ácida, nuclearmente, como o lixo radioativo, ou fisicamente, como a acumulação de CO₂ na atmosfera. O problema com a acumulação de resíduo é a falta de espaço acessível. Uma boa analogia da humanidade é uma família que

consome a oferta limitada de um depósito, e joga os resíduos inevitáveis numa lata de lixo finita, o ambiente.

Deu muita atenção aos efeitos da depleção dos *inputs*, ou seja, dos recursos naturais utilizados no processo produtivo, e menos aos efeitos dos *outputs*, lixo, poluição, resíduos tóxicos, gases de efeito estufa, etc. gerados pelo mesmo processo. E hoje, talvez a maior preocupação seja com os *outputs*. Todavia, reconheceu que a poluição e os resíduos se tornariam um problema antes, devido a sua acumulação e por serem fenômenos visíveis e de superfície¹⁸. Nesse contexto, o aquecimento causado por atividades humanas tem provado ser um obstáculo maior ao crescimento econômico sem limites do que a finitude de recursos acessíveis, como sugeriu Georgescu¹⁹.

A sobrevivência da humanidade apresenta um problema totalmente diferente da sobrevivência de todas as outras espécies por causa do apego do homem aos instrumentos exossomáticos. Georgescu faz uma analogia com os peixes voadores que se tornaram dependentes da atmosfera e se tornaram pássaros para sempre. É por causa deste apego que o problema não é nem só biológico e nem só econômico, é bioeconômico. E depende das assimetrias existentes entre as três fontes de baixa entropia das quais depende a humanidade: a energia recebida do sol, a energia livre presente nos estoques terrestres, e as estruturas materiais ordenadas também presentes nos estoques terrestres.

Como a atividade econômica de uma geração tem influencia na atividade das gerações futuras, devido à utilização dos recursos energéticos e materiais terrestres e à

¹⁸ “The accumulation of pollution might under circumstances beget the first serious ecological crisis” (G-R, 1976b: 15).

¹⁹ “Since the Entropy Law allows no way to cool a continuously heated planet, thermal pollution could prove to be a more crucial obstacle to growth than the finiteness of accessible resources” (G-R, 1976b: 14).

acumulação dos efeitos prejudiciais da poluição no ambiente, um dos problemas ecológicos mais importantes para a humanidade é a relação entre a qualidade de vida de uma geração com as seguintes. A Economia não pode lidar com esse problema, por isso um dia deverá ser englobada pela mais ampla Ecologia. Todavia isso só ocorrerá quando a humanidade tiver que se preocupar com a gestão dos escassos recursos terrestres, e não apenas com a administração de recursos relativamente escassos de uma geração apenas.

A defesa da tese de que a Economia será absorvida pela Ecologia custou a condenação acadêmica de Georgescu. Seu banimento foi explicitamente assumido em 1976, na décima edição do livro-texto *Economics*, de Samuelson. Em poucas linhas professores e estudantes de Economia foram advertidos que ele não podia mais ser aceito porque se embrenhara pela obscura Ecologia, uma disciplina que os economistas ainda hoje acham tão estranha e suspeita quanto à quiromancia. Foi assim a excomunhão do autor de *Analytical Economics*, obra que dez anos antes havia sido elogiada no prefácio do próprio Samuelson

Cinquenta anos depois do artigo clássico “The Pure Theory of Consumer Behaviour”, e vinte anos depois do elogiado livro *Analytical Economics*, a publicação do artigo “The Entropy Law and the Economic Process in retrospect”, no periódico *Eastern Economic Journal*, em 1986, dá uma idéia do anátema que Georgescu se tornou para a Economia convencional. Seria de se esperar que o artigo fosse aceito para publicação em algum periódico de primeira linha de Economia, contudo só conseguiu aceitação nesse, que é pouco conhecido, e do interior dos Estados Unidos.

Infelizmente, Georgescu não criou nenhuma escola de pensamento com seu nome. Uma das razões para isso pode ter sido sua personalidade irascível e sua falta de habilidade

política. Segundo ex-alunos brasileiros Ibrahim Eris e Charles Mueller, ele era extremamente rígido, e tinha a idéia de que o professor é uma figura intocável. Para se ter uma idéia Eris foi o único aluno que concluiu uma tese com Georgescu. Não fazia nenhuma concessão na busca de popularidade e reconhecimento. Tanto é que largou a Associação de Economia Americana como protesto contra uma publicação que examinava o “conteúdo econômico” do comportamento de ratos (Informação Pessoal)²⁰.

Georgescu era um pensador do tipo renascentista, pois queria entender profundamente sobre todas as ciências, num século XX de alta especialização. E mesmo no que diz respeito ao seu conhecimento econômico, ele não teve uma formação convencional. De acordo com Ibrahim Eris, por essas razões ficou sem ter com quem dialogar, fato agravado pelo seu isolamento geográfico. Por ter escolhido ir pra Nashville, e não ter ficado em Harvard, acabou ficando de fora da elite intelectual (Informação Verbal)²¹.

II.7. Manuais introdutórios

Se as idéias que relacionam o processo econômico com a entropia fossem introduzidas num livro-texto de Economia, como seria ele modificado? A primeira modificação seria o diagrama do fluxo circular, que constitui importante visão pré-analítica dos economistas. O diagrama mostraria o fluxo entrópico unidirecional que liga o ambiente à economia e de volta ao ambiente. Nenhuma economia pode sequer existir sem esse fluxo entrópico. Mas a coisa não pararia por aí, pois o conceito de fluxo entrópico é como um “cavalo de Tróia” que tem um exército de implicações escondidas que forçariam alterações em todos os capítulos do livro-texto (DALY, 1996).

²⁰ Informação Pessoal fornecida Charles Mueller por correio eletrônico, enviada para andrei@usp.br, em Outubro de 2007. Questionário sobre Georgescu respondido por Mueller está no Anexo II.

²¹ Informação Verbal fornecida por Ibrahim Eris em Dezembro de 2007. Transcrição do relato está no Anexo II.

As implicações epistemológicas seriam sérias, pois a Economia Neoclássica foi construída com base no paradigma Mecânico. Os modelos mecânicos não conseguem lidar com o fato mais elementar da vida econômica, que é o fluxo entrópico necessário para manutenção do processo econômico, ou seja, a utilização de recursos naturais de qualidade e o despejo de resíduos no ambiente. Há uma mudança qualitativa da matéria e energia pelo processo econômico. Todavia, o formalismo matemático da Economia não consegue captar mudanças qualitativas importantes.

É claro que os capítulos especiais sobre recursos naturais e o ambiente não existiriam mais. O ambiente e os recursos naturais seriam integrados no centro do estudo econômico. O capítulo sobre crescimento econômico teria que ser corrigido, pois um fluxo circular de valor abstrato só pode crescer indefinidamente devido à falta da dimensão física. Mas o crescimento do fluxo entrópico encontra barreiras como a poluição, o esgotamento de recursos, e a desestabilidade ecológica.

O capítulo sobre a produção certamente corrigiria a visão convencional que se tem do processo produtivo, e que está na raiz de muitas concepções equivocadas sobre a sustentabilidade. As funções de produção que concebem o capital como um substituto quase perfeito para os recursos leva a crer que se poderia construir a mesma casa com o dobro de serras, mas com a metade da madeira. Sem contar que mais serras requerem mais madeira para sua produção. O novo capítulo adotaria o modelo Fluxo-Fundo de Georgescu. Capital e Trabalho são agentes que transformam um fluxo de recursos naturais em um fluxo de produtos. A relação de substituição é marginal e serve apenas para diminuir os resíduos do processo. A relação dominante entre fundos e fluxos é de complementaridade.

O capítulo sobre população traria uma discussão sobre a idéia de população ótima. A pergunta fundamental envolve três aspectos: Quantas pessoas? Por quanto tempo? E a que nível de utilização e recursos per capita? A questão relevante seria como maximizar o conjunto pessoas-anos a serem vividos num padrão de utilização de recursos per capita suficiente para se ter uma boa vida. Aí o conceito de suficiência teria tanta importância quanto o de eficiência (DALY, 1996).

Todas essas alterações evidenciam que a noção de entropia certamente é incompatível com a estrutura teórica da Economia Neoclássica. Fica difícil imaginar as suposições da corrente principal, baseadas na noção de equilíbrio convivendo lado a lado com noções mais realistas fundamentadas na Termodinâmica de não-equilíbrio. Mais complicado ainda fica a situação da representação do processo produtivo como uma simples questão de alocação de fatores, todos com a mesma natureza.

Também haveria incompatibilidade entre um livro que dá muito mais peso às formalizações matemáticas do que ao estudo da história, e a idéia de que importantes fenômenos econômicos não são captados por números. As mudanças qualitativas que ocorrem ao longo da História, por exemplo, as inovações radicais que mudam todas as outras facetas do processo econômico não podem ser entendidas de maneira puramente analítica. Isso quer dizer que o uso da palavra e o estudo da história são muito mais importantes do que se imagina no estudo da economia, a não ser que a única preocupação da disciplina seja a de fazer previsões de curto prazo.

Todavia a incompatibilidade maior é a da concepção do processo produtivo como algo unidirecional. E não é apenas em relação à Economia Neoclássica. Desde que a Economia passou a ser considerada uma ciência autônoma, ela está interessada na mercadoria. As fronteiras do processo que lhe interessa são desenhadas onde a

circulação de mercadorias pode ser observada, isto é, onde elas passam de uma unidade de produção para outra, ou de uma unidade de produção para uma unidade de consumo. Por isso, a Economia não pode abandonar o fetichismo pela mercadoria assim como a física não consegue abandonar seu fetiche da partícula elementar, e, no caso da química, a molécula (G-R, 1971: 218).

PARTE III – Pessimismo da razão

A economia neoclássica analisava o crescimento econômico em capital, mão-de-obra e progresso técnico. Mas hoje creio que seria mais esclarecedor conceber os principais propulsores da economia como energia e idéias (WOLF, *Folha de S.Paulo*, 17/11/2007).

III.1. Escassez e crescimento

Durante as décadas de 1970 e 1980 Georgescu participou do debate sobre a ‘questão energética’. Tal debate fazia parte do *dilema escassez de recursos naturais x crescimento econômico*. O lançamento do relatório “The Limits to Growth” em 1972, a emergência de grupos ambientalistas, e a crise do petróleo de 1973 chamaram a atenção para o problema da adequação da oferta de recursos naturais para sustentar os padrões de consumo e produção. Tal debate sobre a adequação dos recursos materiais gerou um amplo espectro de opiniões cujos extremos chegavam a conclusões completamente opostas. Os economistas, em geral otimistas, se recusavam a ver a íntima relação entre escassez de recursos e o processo econômico como um todo. Além disso, os recursos naturais eram tratados apenas como insumos materiais para a produção e consumo. Evidentemente, tal concepção leva a se considerar os ‘efeitos colaterais’ das atividades de transformação (produção inevitável de resíduos) como fenômenos distintos da exaustão dos recursos (SMITH & KRUTILLA, 1979).

Já as principais idéias de Georgescu sobre o assunto tinham sido formuladas antes do choque do petróleo, e do relatório “Limites ao crescimento”. Sua teoria da produção fazia justamente essa ligação entre o que entrava no processo econômico e o que dele saía. ‘Recursos naturais’, é na verdade matéria e energia de qualidade que entra no processo econômico. Poluição, calor e matéria dissipados saem do processo econômico.

O que sai está intimamente ligado ao que entra, pois do ponto de vista físico o processo econômico não cria matéria e energia, apenas os transformam.

O lado otimista do debate, que dizia que os recursos naturais não-renováveis não apresentam restrição ao crescimento econômico, teve como apoio um importante estudo realizado por Barnett & Morse, em 1963, intitulado *Scarcity and Growth*. Com a hipótese de que um conjunto de indicadores reflete bem a escassez de recursos naturais, os autores analisaram a tendência desses indicadores no tempo. Os preços eram um deles. A hipótese é de que uma tendência ascendente de longo prazo do preço do recurso reflete situação de crescente escassez. O estudo revelou que permaneceram estáveis entre 1870 e 1953, os preços reais da maioria dos recursos não-renováveis no mercado americano. Tal tendência foi interpretada como comprovação de que não estaria havendo escassez de tais recursos. Outro indicador foi o custo de extração. A hipótese aqui é que a exploração começa nas jazidas mais ricas, de menor custo de extração, até as jazidas mais pobres de custo mais elevado. Inicialmente o recurso é abundante e seu custo de extração será reduzido, mas com o tempo torna-se escasso, e o custo de extração aumenta. Barnett e Morse encontraram uma tendência declinante para esse indicador chegando à conclusão de que haveria super abundância e não escassez.

Há, contudo, problemas com a utilização de tais indicadores. No caso do petróleo, e a tendência do preço pode ser afetada pelo funcionamento de monopólios. Além disso, para que os preços refletissem a escassez, os responsáveis sobre a decisão de explorar o recurso precisariam estar perfeitamente informados a respeito da escassez relativa presente e futura (MUELLER, 2007).

Quanto ao custo econômico de extração, o problema é que eles consideraram apenas capital e trabalho como fatores que compõem tal custo, ignorando a energia empregada

na extração. Se tratassem a energia como fator primário, veriam que houve substituição de capital e mão-de-obra por energia de origem fóssil. Na verdade uma quantidade cada vez maior de energia vem sendo usada no processo que vai desde a descoberta, a extração e o refino até a transformação do recurso. No início do período estudado (1870), a energia empregada na extração provinha da madeira. A substituição da madeira pelo carvão e por outros combustíveis fósseis tornou possível a redução no uso de trabalho e de capital. Mas se a avaliação tivesse sido feita não em termos de custos monetários de capital e trabalho, mas em termos de energia (medida em Joules, por exemplo), ela revelaria custos unitários de extração crescentes (MUELLER, 2007).

Em 1979 foi organizada uma coletânea de artigos para que se entendesse a divergência de opiniões sobre o tema. Não por acaso o nome do livro é “Scarcity and Growth Reconsidered”. Nessa coletânea o representante da Economia Neoclássica foi o prêmio Nobel Joseph Stiglitz. No outro extremo do debate estava Georgescu, que ficou responsável por comentar o artigo de Stiglitz.

Na visão da Economia Neoclássica, os recursos naturais só representariam uma restrição de fato se as seguintes condições fossem satisfeitas:

- 1) Um recurso deve ter sua oferta limitada relativamente às taxas de uso;
- 2) Deve ser não-renovável e não-reciclável;
- 3) Deve ser essencial, ou seja, necessário para a produção;
- 4) Não pode haver substitutos para tal recurso;
- 5) Deve ser impossível melhorar a eficiência com a qual o recurso é utilizado além de um ponto-- para termos um problema devemos estar perto de tal ponto;
- 6) Deve ser impossível desenvolver um substituto para tal recurso (STIGLITZ, 1979: 40).

Um conceito chave entre os economistas para a possibilidade de substituir recursos naturais por capital, por exemplo, é o de elasticidade-substituição (NORDAUS & TOBIN, 1972). Esta fornece a mudança percentual na razão entre os insumos (potencialmente substitutos) provocada por uma mudança percentual no preço relativo entre os dois insumos. Ou seja, se o preço de um recurso natural aumenta, sua participação relativa no processo produtivo diminui.

A visão otimista da Economia Neoclássica se baseia em duas hipóteses sobre a tecnologia. A primeira é a possibilidade de progresso técnico poupador de recursos naturais; e a segunda é a facilidade do trabalho e do capital reproduzível substituírem os recursos naturais na produção. Portanto, nessa visão os recursos naturais não são diferentes de outros fatores de produção.

A crítica de Georgescu (1979b) é basicamente a de que o problema da distribuição de recursos entre gerações nada tem a ver com elasticidade substituição! O problema dos recursos naturais diz respeito a todas as gerações futuras. Não é possível imaginar uma economia que funcione sem recursos naturais. Uma mudança nos fatores capital e trabalho pode apenas diminuir a quantidade de desperdício na produção de uma mercadoria. Mas aqueles não podem substituir os recursos naturais, mesmo porque as máquinas não podem criar a matéria da qual são feitas. Assim, critica a idéia de Stiglitz de que os recursos naturais são apenas mais um tipo de fator de produção. Esse tipo de pensamento refletiria o hábito de se preocupar muito com “exercícios de papel e lápis”, o que leva a resultados sem nenhuma ligação com os fatos, com as leis da natureza.

A solução para o problema da distribuição de recursos naturais entre as gerações se encontra no campo da ética e não no da Economia. Isso quer dizer que depende de postura ética das atuais gerações em relação às gerações que ainda estão por vir. Por isso, na hora de prescrever uma política para a economia de recursos, as recomendações devem se basear no princípio de minimizar futuros arrependimentos, e não no princípio de maximizar as utilidades. Tais políticas devem considerar que uma sociedade é uma entidade virtualmente imortal, e por isso não pode ser aplicado o mesmo tipo de raciocínio econômico que se aplica ao indivíduo.

Um indivíduo é mortal e por isso escolhe entre consumir no presente ou consumir no futuro. O amor pelo presente e a certeza de que vai morrer um dia pode fazer com que ele decida consumir suas reservas antes de chegar à velhice. Mas o planejamento de uma sociedade não poderia repetir o mesmo raciocínio, pois quem sofreria o ônus são as gerações futuras dessa sociedade. Por isso, para Georgescu, seria necessário diminuir a depleção de combustíveis fósseis para não nos colocar na posição impossível de não ter suporte para pesquisar outras fontes de energia.

Sua abordagem mostra o idealismo, no sentido de oposição ao materialismo, dos neoclássicos, ou seja, a ignorância das restrições biofísicas ao crescimento econômico. Tais restrições foram muito bem apontadas ao mostrar que a Termodinâmica na verdade é uma Física do valor econômico. Para que os propósitos materiais humanos sejam atendidos, matéria e energia devem ser disponíveis. Em termos de matéria, isso significa estrutura, ordem, organização, e concentração. Em termos de energia, significa capacidade de realizar trabalho. O sistema econômico não pode se manter, e muito menos crescer sem uma entrada de energia e matéria. Imaginar o contrário é acreditar no moto-perpétuo.

Durante o debate sobre escassez de recursos naturais versus crescimento econômico algumas idéias equivocadas sobre a realidade foram repetidas e são até hoje. A idéia de que a humanidade poderá passar bem sem recursos naturais, e que o esgotamento desses será apenas mais um evento é um exemplo de crença no moto-perpétuo. Esse tipo de visão ganhou força e fundamentação teórica com o prêmio Nobel Robert Solow (1973). Sua idéia é a de que se a tecnologia permite a substituição, não há com que se preocupar.

Para Solow toda essa preocupação com o esgotamento de recursos não se justifica, pois o que importa é que o nível de consumo *per capita* seja sustentado indefinidamente no nível mais elevado possível. Dada a disponibilidade finita do recurso natural, para que o consumo *per capita* se mantenha constante, algumas condições devem ser satisfeitas. Entre elas o aumento na participação relativa do capital na produção quando houver aumento de preço do recurso natural em relação ao preço do capital. Na visão neoclássica isso é considerado como substituição de recursos naturais por capital. Outra condição é que deve haver contínua mudança tecnológica que seja poupadora do recurso.

Solow considera que existem três tipos de capital: o capital manufaturado – tudo aquilo que construímos, incluindo as máquinas; o capital humano – que quer dizer a força de trabalho, considerando trabalho qualificado, educação; e por fim o capital natural - que é o estoque de recursos naturais. Para que o consumo *per capita* seja mantido indefinidamente, o que deve ser conservado é a soma dos três tipos de capital. Por isso, se acaba o estoque de recursos naturais, mas houver uma compensação em termos de aumento do capital manufaturado e/ou do capital humano, estamos no caminho certo, e a economia poderá continuar operando e gerando bem-estar sem necessidade do capital natural.

Georgescu não ignorava a importância da tecnologia, só não admitia a visão de que ela permite substituir recursos naturais por capital construído. E muito menos admitia modelos que consideram o sistema econômico como um moto-perpétuo, em que não há necessidade de entrada de energia nem de matéria. Os equipamentos de capital não podem se reproduzir sem que haja uma oferta adicional de recursos naturais. Por isso, a visão de futuro de Solow é a de um “Jardim do Éden”.

Isso que Georgescu chamou de Jardim do Éden, pode ser considerado como um mito de desmaterialização da economia. É a idéia de que a eficiência no uso da energia poderá desconectar o crescimento econômico do uso de energia e materiais, reduzindo o impacto ambiental para cada incremento monetário adicional do PIB (FOSTER, 2002: 22-24).

Contudo, apesar das reduções na intensidade energética, ou seja, da quantidade de energia em relação ao valor monetário do produto, e das emissões de resíduos por unidade monetária, como as economias crescem o que ocorre é o aumento no uso de energia e materiais. Foi o que mostrou o estudo do World Resources Institute “O peso das nações”. Entre os países analisados estavam EUA, Alemanha e Japão. A conclusão é de que a queima de combustíveis fósseis tem sido dominante nesses países e é a principal responsável pela emissão de resíduos. Os ganhos de eficiência trazidos pelas tecnologias foram compensados negativamente pelo aumento da escala do crescimento econômico (WORLD RESOURCES INSTITUTE, 2000).

Aliás, o descolamento do PIB do uso de energia não é algo tão novo. A Revolução Industrial foi acompanhada por contínuos melhoramentos tecnológicos, em que cada nova máquina a vapor era mais eficiente no uso de energia do que as anteriores. Foi o

que mostrou Stanley Jevons (1865) antes de se tornar um dos pioneiros da Economia Neoclássica. Jevons estava preocupado com o futuro dos estoques de carvão na Inglaterra, e sua relação com a economia daquele país. No capítulo “On the economy of fuel”, do livro *The Coal Question*, Jevons tenta mostrar a importância do carvão para a economia inglesa, mas principalmente que foi justamente a eficiência no uso do carvão por meio de novas tecnologias que permitiu aumentar a escala de produção e desenvolver a indústria inglesa.

A questão era de saber se novas tecnologias *no uso do carvão* seriam capazes de evitar o esgotamento da fonte. Jevons argumentou que aumentos de eficiência no uso de um recurso natural, como o carvão, apenas resultavam em aumento da demanda por aquele recurso, e não uma redução na demanda. Tal melhora na eficiência ou na economia de um combustível é o que faz da indústria o que é. “A história da máquina a vapor foi uma história de economias sucessivas em seu uso o que levava a um aumento na escala da produção e na demanda por carvão” (JEVONS, 1865:152).

III.2. Dissipação da matéria

Muitos consideravam, já na década de 1970, a tecnologia baseada no uso direto da radiação solar como sendo viável. Georgescu, ao contrário, chegou à conclusão de que tal tecnologia não era viável, pois qualquer receita de uso direto da energia solar seria parasita da tecnologia corrente, baseada principalmente em recursos fósseis.

A definição de uma tecnologia viável foi formulada para se opor ao que ele chamava de “dogma energético”. Este se referia às avaliações tecnológicas baseadas somente em

análises do fluxo de energia, não considerando os materiais necessários no processo de extração de energia.

Assim, criticou a escola de análise energética representada por Cotrell (1955), Odum (1971), Slessor, (1978) e Constanza (1980) por assumirem que a reciclagem perfeita dos materiais é possível se houver energia suficiente disponível. Para Georgescu (1979a), esse “dogma energético” leva a conclusão errônea que a energia é o único recurso limitante. Se por um lado, ele corretamente chamou atenção para a importância e singularidade dos materiais na economia, por outro lado acabou formulando uma nova Lei da Termodinâmica com status científico duvidoso para tentar se contrapor escola energética. Sua “4ª Lei” seria considerada equivocada e desnecessária, como será mostrado adiante.

A escola de análise energética tem como importante figura o ecólogo americano Howard Odum, que publicou um livro importante chamando a atenção para a importância da energia no sistema econômico. *Environment, power and society* (1971) tenta mostrar como a energia circula entre os setores da economia no sentido contrário ao dinheiro.

A escola de H.Odum considera o excedente energético como único critério de eficiência: quanto maior o excedente obtido por um processo, mais eficiente é tal processo. Se se utiliza uma tonelada de petróleo para extrair dez toneladas de petróleo, o excedente é de nove toneladas de petróleo. A computação do excedente é baseada não apenas na energia utilizada diretamente no processo de extração, mas também na quantidade de energia necessária para produzir ou consertar todos os componentes materiais do processo. Contudo, para Georgescu, o excedente energético, por si só, não pode constituir um princípio geral de avaliação tecnológica. Existem processos que

apesar de deficitários energeticamente, provêem um superávit de materiais. É o caso da mineração. Outros processos geram superávit energético, mas dissipam materiais. Qualquer princípio de avaliação tecnológica deve levar em conta ambos os fluxos de materiais e de energia (1979a)

Sua crítica ao modelo energético é de que não se considera a saída de matéria do processo econômico. Sabe-se que todos os processos produzem dissipação de energia (indisponível), que retorna ao ambiente em forma de calor. Mas eles não consideraram que o processo econômico também dissipa materiais. Consideram, ao contrário, que o processo econômico recicla toda a matéria, como um ecossistema. Por isso, também não haveria necessidade de entrada de matéria do ambiente para o processo econômico.

Qualquer que seja a fonte de energia usada, não se pode ignorar a depleção dos depósitos terrestres de materiais disponíveis causada por qualquer processo produtivo. Considerando o planeta como um sistema fechado em que não entra matéria (apenas energia), no longuíssimo prazo, devido à dissipação material e ao declínio da qualidade no uso dos recursos naturais, alguns elementos materiais se tornarão mais críticos que energia para um sistema industrial do tipo atual, para Georgescu (1979a).

Sua visão do processo também o levou a criticar a afirmação de Kenneth Boulding (1966) de que não há lei que diga que a entropia da matéria aumenta, e que seria possível com a energia do sol reciclar todos os materiais utilizados pela economia. Assim, não haveria necessidade de entrada de materiais no processo econômico, pois este seria circular nesse aspecto. De fato, existem ciclos de reciclagem material no planeta Terra. Contudo, os materiais utilizados no processo industrial são compostos heterogêneos e concentrados.

Boulding havia proposto uma “economia do astronauta” em contraposição à “economia do cowboy”. A “economia do cowboy” é o que prevaleceu ao longo da história. Está relacionada à exploração de novos recursos, e a uma visão de expansão das fronteiras que delimitam os domínios do homem. Nessa visão o crescimento do bem estar humano está associado ao crescimento do consumo material. Muito recentemente a humanidade entendeu que se encontra num mundo esférico fechado e não num plano ilimitado. Se o mundo é um sistema fechado para materiais, mas aberto para entradas e saídas de energia, ele é como uma “nave espacial”. Para Boulding, a implicação disso é que a economia deve passar a ser vista como um sistema circular auto-renovável em termos materiais. Daí a expressão “economia do astronauta”, que deve ser o *modus operandis* do processo econômico: um sistema cíclico capaz de contínua auto-reprodução material, sendo necessária apenas uma entrada líquida de energia suficiente.

Georgescu criticou essa visão de economia circular, como se fosse possível que o processo econômico funcionasse sem entrada de materiais. Enfatiza que a reciclagem da matéria nunca poderá ser 100%, pois ela também está sujeita a transformações irreversíveis. Como, para Boulding, a reciclagem pode ser completa, o sistema econômico poderia operar como se todos os recursos fossem renováveis.

Para reforçar sua oposição ao tipo de pensamento acima exposto, Georgescu acabou propondo uma 4ª Lei da Termodinâmica relacionada à dissipação da matéria. Para ele, um sistema fechado, em que só entra energia a uma taxa constante, não pode realizar trabalho a uma taxa constante indefinidamente. Alternativamente, significa que não é possível reciclar 100%. Propôs tal lei de maneira específica em 1977 no artigo “Matter, matters too” (A matéria também importa).

Na época, não foi respondido. Em 1986, Bianciardi et al. relativizaram esta lei de Georgescu dizendo que, em termos teóricos, a reciclagem total é possível sim. Por isso, sua 4ª lei não teria status de lei científica.

In our opinion, G.R.'s statement is very important from the standpoint of analysis of physical processes, or even ethics, but it is false in the field of physical laws where the author intended it to stand (BIANCIARDI et al., 1986).

Os mesmos autores consideram que a reversão da degradação material é possível se houver uma entrada líquida de energia suficientemente grande no sistema, pois o custo energético desta reversão é crescente. Isto quer dizer que em termos concretos a reciclagem de 100% é inviável, mesmo que seja possível em termos teóricos.

A introdução da 4ª lei teria sido desnecessária. Para recuperar materiais desperdiçados, é necessária uma forma ordenada de energia que diminua a entropia de dentro do sistema, aumentando, contudo a entropia do ambiente. Se a reciclagem perfeita é fisicamente possível havendo quantidade suficiente de energia disponível, o problema é que tal gasto de energia envolveria aumento tremendo de entropia do ambiente, o que não seria sustentável para a Biosfera (BIANCIARDI et al, 1993).

Para Robert Ayres (1997), a reciclagem dos materiais não envolveria qualquer aumento de entropia na biosfera, se realizada apenas com a energia direta do sol. Concorde que os materiais não podem ser reciclados com 100% de eficiência, e que, portanto, sempre há perdas. Contudo, para ele a conclusão de Georgescu de que “o sistema econômico

está fadado a decrescer na medida em que materiais de baixa entropia forem dissipados e se tornarem indisponíveis” é falsa.

Para Ayres, o que deriva da proposição de imperfeição da reciclagem é que: 1) mesmo os processos de reciclagem mais eficientes gerarão resíduos; 2) esses resíduos acumulam no tempo em alguma “lixreira” que pode ser a crosta terrestre, os oceanos; 3) na ausência de recuperação, os materiais úteis diminuiriam em cada período em termos da quantidade perdida para a lixeira. Contudo, dada a disponibilidade de energia advinda do sol, não há barreira para se tratar a “lixreira”; 4) a recuperação nunca será de 100%, portanto sempre haverá resíduos do próprio processo de recuperação. Esses resíduos simplesmente voltam para a lixeira; 5) assim, a implicação correta é de que nem todos os materiais da Terra podem estar em serviço ativo em um dado momento, porque a “lixreira” nunca pode ser eliminada de uma só vez. Georgescu debateu veementemente com físicos que energia não é suficiente, porque materiais de qualidade também se dissipam e se tornam crescentemente indisponíveis. Para enfatizar esse ponto explicitamente propôs uma 4ª lei da Termodinâmica. Ayres rebate dizendo que sua lei está longe de ser uma lei geral.

Se o status dessa lei é tido como incerto, e, para alguns, falso, as investigações de sua validade também são problemáticas. Todavia, para todo efeito prático, sua observação sobre a dissipação da matéria é ecologicamente relevante mesmo que a 4ª lei seja falsa. Com a tecnologia atual a reciclagem de materiais está muito longe de ser completa. Materiais valiosos estão constantemente sendo dissipados em formas que não podem ser reutilizadas. Além disso, para reciclar toda a matéria num sistema fechado, seria necessário não apenas energia quase infinita, mas também tempo infinito (BEARD & LOZADA, 1999; NOBRE & AMAZONAS, 2002).

III.3. Teoria do valor energético

Georgescu criticou a chamada “escola de análise energética” por outro motivo ainda: a tentativa de reduzir a noção de valor econômico à energia incorporada num bem econômico qualquer. Howard Odum desenvolveu a noção de eMergia, que em inglês quer dizer *embodied energy*, que é algo como uma memória energética, ou seja, uma medida da energia disponível que já foi utilizada direta e indiretamente para fazer um produto ou serviço. Para H.Odum, pode-se medir alguma riqueza real através do trabalho físico previamente realizado. Por isso, a base do valor econômico seria a eMergia, e os valores monetários deveriam refletir isso.

Howard Odum (1996: 164) compara sua teoria energética do valor à teoria do valor trabalho de Marx. Para Marx, o valor é gerado em proporção às contribuições dos serviços do trabalho humano. Portanto, a medida do valor é a contribuição prévia de trabalho ao produto. Um produto contém uma quantidade de energia, mas a eMergia mede toda a energia utilizada no processo de produção, ou seja, a contribuição energética prévia para produção do bem em questão.

É um erro medir tudo pelo dinheiro. Ao contrário, deveríamos usar a energia como medida, afinal apenas dessa maneira podemos levar em conta a contribuição da natureza²² (ODUM, H. & ODUM, E, 1981: 42).

²² Tradução do autor desta dissertação.

Para Georgescu, mesmo se fosse aceita a visão da “escola energética” de que o processo econômico é mantido apenas por um fluxo de energia do ambiente, o valor econômico não poderia ser reduzido à energia. Isso significaria ignorar o capital, o trabalho, e a terra, pois não estaria sendo levado em conta que os serviços prestados por esses fundos têm valor econômico. Foi por isso que ele rejeitou a teoria do valor baseada na memória energética proposta por H. Odum. Isso significaria substituir a Economia pela Termodinâmica. Claro, o processo econômico está relacionado a problemas humanos e sociais, portanto o produto tem mais do que simples matéria e energia.

Rejeitava explicações únicas para o determinante do valor econômico. O valor tem um componente objetivo, que é uma qualidade intrínseca ao objeto, e um subjetivo, que é a avaliação subjetiva feita pelo usuário do objeto. O pré-requisito para a qualidade intrínseca ao objeto é baixa entropia (matéria e energia disponíveis). Baixa entropia é transformada pelo trabalho e pelo capital em bens úteis. Já o componente subjetivo é o desejo humano de atingir sua meta: o *gozo da vida*. Assim, uma ciência humana como a Economia não pode ignorar o homem e seus objetivos. É verdade que do ponto de vista material o processo econômico transforma recursos de qualidade em resíduos dissipados. Mas esse não é o objetivo do processo econômico! (DE GLERIA, 1999; G-R, 1971).

Tudo o que entra no processo econômico tem valor econômico mesmo que não tenha preço. Uma condição necessária para que algo tenha valor econômico é ter baixa entropia. O que entra no processo econômico como um todo são os fluxos de energia e matéria, e os serviços prestados pelos fundos: equipamentos de capital, força de trabalho, e terra. O preço por sua vez está relacionado à possibilidade do objeto ser possuído, no sentido de que seu uso pode ser negado para alguns membros da

comunidade. Fatores como as preferências e a distribuição da renda também influenciam os preços.

De acordo com os cálculos de Constanza (1981), discípulo de Odum, não haveria conflito entre os valores de energia incorporada e os preços. Por isso, nos casos em que não há preço para um bem ou serviço, seria possível usar os valores energéticos para determinar os valores de mercado.

Georgescu (1986a: 10) demonstrou que para obter tal proporcionalidade entre preços e valores energéticos Constanza ignorou os serviços dos fundos. Isso significa que os preços dos serviços do capital, do trabalho, e da terra foram considerados nulos. A suposta prova matemática da relação entre os preços e o conteúdo energético dos bens foi severamente criticada por ele, para quem os preços não são funções apenas dos fluxos.

Até o padeiro de uma pequena vila sabe que ele deve pagar não apenas pelos fluxos de farinha, sal e combustível, mas também pelo serviço dos agentes (fundos) trabalho, instalações e espaço²³ (G-R, 1986a: 10).

Reduzir o valor econômico à energia é uma posição mais extrema que a mais pura das teorias do valor trabalho (G-R, 1979a). A visão energética diria que se a mesma energia líquida foi utilizada para produzir tanto caviar (que é basicamente proteína) quanto macarrão (basicamente carboidratos), ambos deveriam ter o mesmo preço. Isso

²³ Tradução do autor desta dissertação.

simplesmente ignora o papel que as preferências e a distribuição de renda têm na formação dos preços.

III.4. Condição Estacionária

É possível identificar nas críticas de Georgescu um forte “pessimismo da razão”²⁴. Ele se opunha a visão panglossiana “venha o que vier que nós daremos um jeito”. Também se opunha ao “otimismo da vontade” do “dogma energético”, que considerava as tecnologias alternativas à combustão de combustíveis fósseis prontas para serem utilizadas em larga escala. Por isso, acabou criticando não apenas economistas neoclássicos como Solow e Stiglitz, mas também autores que pensavam em termos de energia como H. Odum e Constanza. Até seu ex-aluno Herman Daly, que lhe prestava tributo, foi alvo do seu rigor.

Nos anos 1970, Daly passou a argumentar que já seria o caso das economias avançadas pararem de se preocupar com crescimento econômico, e passarem para uma “Condição Estacionária”, em que a utilização de recursos da natureza serviria apenas para manter o fundo de capital e população constantes. A utilização de recursos primários, ou seja, de recursos naturais só seria permitida para melhorar qualitativamente esses fundos.

Uma boa analogia da “Condição Estacionária” é a de uma biblioteca lotada em que um livro só pode entrar se for para substituir outro, e o que entra deve ser melhor do que o

²⁴ Exercer o pessimismo da razão com o otimismo da vontade, máxima de Romain Rolland (1866-1944), Nobel de Literatura em 1915, adotada por Antonio Gramsci em “*Il pessimismo dell’intelligenza e l’otimismo della volontà*”. Giuseppe Fiori, *Vita di Antonio Gramsci* (Bari, Editori Laterza, 1966), p. 323.

que sai. Essa noção se apóia na idéia de que é possível seguir se desenvolvendo sem crescer materialmente. Ou seja, a escala da economia é mantida constante enquanto as melhoras são qualitativas. O que seriam essas mudanças qualitativas para Daly? Basicamente tem a ver com o aumento de duas eficiências: a eficiência com que o fundo de capital gera serviços, e a eficiência no uso de recursos naturais para manutenção do capital. A primeira eficiência está relacionada ao fluxo de serviços de um dado fundo de capital. A segunda eficiência está relacionada ao fluxo biofísico do meio ambiente necessário para manter um dado fundo de capital.

A noção de “Condição Estacionária” tem origem na Economia Política Clássica, e foi com John Stuart Mill (1848) que tal cenário futuro passaria a ser visto como algo positivo. Mill vislumbrava um futuro em que não haveria mais a necessidade de crescimento econômico, e que as preocupações da sociedade seriam outras. Demonstrava algum tipo de preocupação ecológica, ainda que de um ponto de vista paisagístico. Argumentava que a solidão e as paisagens silvestres são fundamentais para o fortalecimento moral e para a felicidade do homem.

Para Mill, não há satisfação em contemplar um mundo em que nada sobrou de atividade espontânea da natureza. Por isso, esperava que a posteridade se contentasse em ser estacionária, de modo que o que importe seja uma população mais feliz e moralmente superior. A condição estacionária do capital e da população não implica em um estado estacionário da melhoria humana. Haveria, ao contrário, mais espaço do que nunca para todos os tipos progressos culturais, quando as mentes parassem de querer crescimento ilimitado da riqueza.

Herman Daly recebeu severas críticas de Georgescu, que considerou a proposta de Condição Estacionária como um “mito de salvação ecológica”. Passa a idéia de que é possível manter o padrão de vida e o conforto já alcançado pelos países abastados indefinidamente. Como se parar de crescer significasse vencer a Lei da Entropia, o que é um mito perigoso. Além disso, tal idéia representa um falso silogismo, ou seja, não é a conclusão necessária dos argumentos que chamam a atenção para as restrições biofísicas ao crescimento. Nenhum sistema aberto pode existir para sempre num ambiente finito. Em algum momento ele será declinante (G-R, 1976b, 1977b).

Durante a maior parte de sua História, a humanidade viveu numa condição tipo estacionária. O desenvolvimento moral e artístico na Idade Média foi significativo? Além disso, uma sociedade industrial que cresce é confrontada com um decréscimo na acessibilidade dos materiais e dos estoques de energia. Se tal decréscimo não é compensado por inovações tecnológicas, o estoque de capital deve necessariamente aumentar e as pessoas devem trabalhar mais (se a população se mantém constante). Todavia, as inovações tecnológicas no modo de vida industrial não podem evitar utilização dos recursos do ambiente. E nem sempre os recursos necessários estarão acessíveis para a melhora qualitativa da economia (G-R, 1976b, 1977b).

Além dos problemas mencionados com o raciocínio em defesa da Condição Estacionária, esta tese não tem nada a dizer sobre o tamanho da população ou sobre o nível do padrão de vida. Qual deveria ser o nível da população e do estoque do capital? Se for grande representaria uma pressão sobre os recursos do mesmo jeito.

É como se a negação do crescimento produzisse a condição estacionária. Mas, para Georgescu, os argumentos a favor da condição estacionária funcionam ainda melhor para a condição de uma economia decrescente.

III.5. O novo Prometeu

Durante 99% da história humana até agora, os seres humanos obtiveram sua subsistência através da combinação das atividades de caça e coleta. Eram restringidos em termos de população potencial pelas mesmas restrições encontradas por outros animais. A chamada revolução agrícola mudou a natureza da restrição energética sob o comportamento e quantidades de humanos. A domesticação de alguns animais e plantas e a manipulação do seu comportamento reprodutivo tiveram como efeito aumentar a quantidade de energia disponível para os humanos, aumentando assim o tamanho potencial da população. Um estilo de vida radicalmente diferente assim emergiu baseado na alteração dos ecossistemas de modo a produzir colheitas e pastos (PONTING, 1991).

A transição da caça e coleta para a agricultura é considerada uma Revolução devido as suas conseqüências – crescimento populacional, surgimento de cidades, estratificação social – e não por ter sido um evento dramático e abrupto, ou mesmo planejado. A transição durou milênios. A agricultura permite uma produção de alimento muito maior a partir de uma área muito menor, quando comparada à caça e coleta. Enquanto a agricultura melhorou o acesso humano aos produtos da fotossíntese, os seres humanos continuaram operando dentro dos limites da taxa de radiação solar e dos processos

biológicos nela baseados (PONTING, 1991; KAUFMANN & CLEVELAND, 2007). A Revolução Industrial e o uso de combustíveis fósseis mudaram tudo.

Uma maneira de descrever as atividades humanas é olhar para a tecnologia. Em termos de suas características predominantes ao longo dos milênios, seria possível dividir as atividades humanas, até hoje, em três grandes eras tecnológicas: o domínio do fogo; a agricultura e o advento da máquina a vapor. Apenas essas aumentaram o poder sobre o ambiente de uma maneira essencial. Georgescu (1979a, 1982, 1984) considerava tais tecnologias como sendo ‘Prometeanas’, em referência ao Titã que teria roubado o fogo dos deuses e entregado aos homens na mitologia grega. Com a ajuda do fogo os homens conseguiram se aquecer, cozinhar, fazer cerâmica e derreter metais.

Na metade do século XVII a tecnologia baseada no fogo começou a acabar com seu combustível, a madeira. A transição da madeira para o carvão, na Inglaterra, parece ter sido resultado de uma crescente escassez de madeira. O crescimento populacional aumentava a demanda por combustível, e as florestas eram destruídas não apenas para prover mais terra para a agricultura mais também para prover cada vez mais lenha como combustível. A resposta à crescente crise energética na Inglaterra foi a mudança para um combustível considerado inferior na época, o carvão (PONTING, 1991).

O carvão já era conhecido como uma fonte de calor desde o século XIII, mas na crise energética da madeira a demanda crescente por aquele combustível levou a problemas na sua mineração com a tecnologia então existente. Embora disponível, a energia do carvão não estava acessível. Abaixo de uma profundidade moderada a mina de carvão ficava inundada, e a água precisava ser drenada, o que requer bastante energia. Foi a invenção da máquina a vapor que permitiu a drenagem das minas e a retirada de muito

mais carvão do que o exigido pela máquina no processo de extração (G-R, 1979a, 1982, 1984).

A transição da madeira para os chamados combustíveis fósseis produziu uma transição fundamental na existência humana como foi a transição das sociedades caçadoras e coletoras para as sociedades agrícolas. A mudança para uma sociedade industrial dependeu do consumo dos recursos energéticos não-renováveis. Assim como o carvão provou ser o suporte à expansão da indústria no século XIX, a disponibilidade de petróleo barato como fonte de energia foi o principal sustentáculo do crescimento econômico contínuo do século XX (PONTING, 1991: 287).

Para Georgescu (1979a, 1982, 1984), a tecnologia é o conjunto de receitas técnicas disponíveis para os humanos num dado momento. Todavia uma tecnologia só é viável se ela se auto-sustenta, sendo capaz de se reproduzir sujeita ao estoque limitado de recursos no qual está baseada. Assim como um organismo vivo, uma tecnologia viável deve ser capaz de manter seu aparato material (corpo) intacto de um minuto para o minuto seguinte. A energia extraída com uma tecnologia deve exceder a energia necessária pelos setores da economia que produzem o equipamento exigido na extração. Máquinas a vapor cujo combustível é o carvão são viáveis, pois tal máquina permite minerar carvão e derreter minério numa quantidade suficiente para produzir muitas outras máquinas a vapor. Tal expansão pode continuar até que os estoques de carvão acessíveis se esgotem.

A disponibilidade de um recurso não significa que ele está sempre acessível. A acessibilidade depende da tecnologia. E é isso que faz uma tecnologia viável, ou ‘Prometeana’. Ela aumenta a quantidade de recursos acessíveis gerando um excedente

de recursos que será utilizado na produção e manutenção dos elementos que constituem a própria tecnologia.

Num exercício para exemplificar a definição de tecnologia viável, Georgescu (1978, 1979a) supõe uma tecnologia de uso direto da radiação solar. A economia é dividida em três processos para simplificar:

Processo 1 – coleta energia solar com coletores e outro capital

Processo 2 – produz coletores usando energia solar e capital

Processo 3 – produz equipamento de capital usando energia solar

Admite-se que não há restrição quanto à acessibilidade dos materiais necessários para a produção de capital. A energia solar coletada no processo 1 deve exceder aquela utilizada nos outros dois processos para fabricar o equipamento necessário no processo de coleta. Se a energia solar coletada for suficiente para suprir a necessidade energética dos setores que produzem tanto os coletores quanto o capital, a tecnologia de coleta é viável.

Via o esforço em pesquisa para substituir o uso de combustíveis fósseis por tecnologias solares com qualidades Prometenas não apenas como legítimo, mas sim como algo imperativo. Na ausência de um novo Prometeu, o processo de exaustão do petróleo levaria a um desastre, que poderia incluir mísseis voando atrás do último barril. Mas reconheceu as dificuldades no uso direto da energia solar através das receitas conhecidas atualmente. A radiação solar, que é uma energia de baixa intensidade, requer enorme quantidade de materiais na sua coleta para que seja factível suportar os

processos industriais de hoje. A estrutura material necessária para coletar a energia solar é feita com energia de recursos fósseis. O ponto é que não é possível produzir coletores apenas com a energia que eles coletam. Assim, Georgescu (1978, 1979a) enfatizou que as receitas então conhecidas eram parasitas da tecnologia corrente. Sendo um parasita, não sobreviveria ao seu hospedeiro. Por isso, ele não aceitava que se afirmasse que a tecnologia já está pronta.

A única energia renovável que excede o uso anual de energia fóssil é a radiação solar, que é muitas vezes maior que o uso do combustível fóssil. Até agora, contudo, o fornecimento de energia elétrica (fotovoltaica) ou calor diretamente da energia solar representa uma minúscula fração da energia que se consome devido a restrições técnicas e econômicas. Outros fluxos de energia renovável, como a energia dos ventos, não conseguiriam satisfazer as necessidades energéticas atuais do mundo mesmo se fossem totalmente utilizados. Mais importante, existem aspectos qualitativos da energia solar, do vento e da biomassa que colocam desafios únicos para a universalização de sua utilização. As substituições de madeira por carvão e de carvão por petróleo foram mudanças para formas mais concentradas de energia. Fontes de energia menos concentradas requerem infra-estrutura maior para produzirem quantidade equivalente de energia (CLEVELAND, 2007).

A intermitência é uma questão significativa para a energia do vento. As velocidades do vento são altamente variáveis e a potência gerada cai drasticamente quando a velocidade do vento diminui. Como resultado, as turbinas eólicas produzem em média muito menos eletricidade que sua capacidade máxima. A fronteira da pesquisa tecnológica em energia eólica inclui o desenvolvimento de técnicas que permitam as turbinas operarem com ventos de baixa velocidade (reduzindo tanto os custos com infra-estrutura e quanto a necessidade de armazenar a energia).

As tecnologias fotovoltaicas usam semicondutores para converter fótons de luz diretamente em eletricidade. Tais tecnologias têm tido um importante nicho que é a aplicação em áreas sem acesso à rede elétrica. Estimativas da contribuição futura da captação direta da radiação solar variam bastante e dependem em suposições de custos e políticas energéticas. Assim como ocorre com o vento, a base de recursos potencial é grande e distribuída pelo planeta, mas a intermitência também representa uma questão importante para essa tecnologia. A pesquisa tecnológica em energia fotovoltaica inclui maneiras de melhorar a produção das células, de reduzir a quantidade de semicondutores necessários, de desenhar sistemas que usam luz solar concentrada, e de substituir semicondutores por silicone (INTERACADEMY COUNCIL, 2007).

A crescente preocupação com a oferta mundial de petróleo adequada e a atual falta de diversidade de opções de combustíveis para o setor de transportes faz do biocombustível o uso mais valorizado da energia da biomassa atualmente. As aplicações de biomassa mais promissoras envolvem sistemas integrados de co-produção de combustíveis líquidos e eletricidade como ocorre com o etanol da cana-de-açúcar no Brasil, que já atende aproximadamente 40% das necessidades de combustível para veículos de passageiros com o álcool da cana (MACEDO, 2005; GOLDEMBERG et al, 2003).

A expansão da contribuição da energia da biomassa dependerá não apenas da redução de custos e da mitigação de impactos ambientais como perda de biodiversidade, uso da água e de agrotóxicos, mas também da minimização da pressão sobre áreas de produção de comida e fibras (INTERACADEMY COUNCIL, 2007).

Tais exemplos de energia renovável ilustram que as fontes renováveis de energia são difusas, especialmente quando comparadas às fontes não-renováveis (fósseis). Isso significa que grandes quantidades de capital, trabalho, energia, e materiais são necessários para coletar, concentrar e distribuir a energia para os usuários. Isso tende a torná-las mais caras que os fósseis. A diferença é bem representada pelo retorno energético por investimento (cuj sigla em inglês é EROI) que tende a ser alto para os fósseis, e baixo para as renováveis. Essa é a principal razão do desenvolvimento agressivo da tecnologia baseada em fósseis nos séculos XIX e XX. No caso dos combustíveis, uma importante diferença qualitativa é a densidade energética, que é a quantidade de energia contida por unidade de massa de algum combustível. Um quilograma de petróleo contém aproximadamente três vezes mais energia que um quilograma de madeira. Altas densidades energéticas contribuem para um retorno (EROI) mais alto (CLEVELAND, 2007).

Sem um “corta caminho” tecnológico imprevisível, um Prometeu, nenhuma opção renovável de energia por si só representa a “bala de prata” para o desafio energético mundial. O caminho da transição envolverá mudanças no lado da demanda como na infra-estrutura dependente de energia, e também uma diversificação das fontes de oferta de energia.

A próxima transição energética ocorrerá sob condições muito diferentes daquelas presentes nas transições passadas. A energia solar e a eólica são inerentemente de qualidade inferior (em termos de densidade e retorno energético) aos fósseis. Independentemente de quem está certo no que diz respeito ao prazo que se tem até o pico do petróleo, o fato que haverá tal pico ainda nesse século coloca um desafio sem precedentes na história da humanidade. O desenvolvimento de tecnologias que substituirão o petróleo – seja pelo lado da oferta, como novas fontes de energia, seja

pelo da demanda, como maior eficiência no uso final e alteração de comportamentos – demoram a acontecer. Assim, uma das características da sociedade moderna que é o crescimento econômico acelerado pode não ser tão normal nas sociedades pós-fósseis.

PARTE IV - Correntes atuais

Se sua teoria estiver contra a 2ª Lei da termodinâmica não posso lhe dar nenhuma esperança; não há nada para ela a não ser colapsar na mais profunda humilhação (EDDINGTON, 1928:74)²⁵.

Non economists find it easier to see the metaphors than do economists, habituated as the economists are by daily use of the idea that of course production comes from a “function” and of course business moves in “cycles” (MCCLOWSKY, 1985:74).

Georgescu é um dos principais inspiradores da Economia Ecológica. Seu nome também está associado de alguma maneira aos programas de pesquisa em “Economia da Complexidade” e “Economia Evolucionária”. Como se deram essas inspirações e até que ponto esses novos programas de pesquisa se valem de suas idéias é o que será apresentado nesse capítulo.

IV.1. Economia Ambiental

Originalmente a questão ambiental foi abordada de duas maneiras distintas pela Economia Neoclássica: pela “Economia da poluição” e pela “Economia dos recursos naturais”. A Economia da poluição é um desdobramento direto da teoria neoclássica do bem estar e dos bens públicos. Ao perceber que a atividade econômica pode gerar custos ou benefícios que são transferidos para a sociedade, Pigou (1920) diferenciou os custos ou benefícios privados dos sociais.

Exemplos de atividades que tem um custo social diferente do custo do agente privado ocorrem em casos de bens que não são de uso exclusivo, mas apresentam rivalidade no

²⁵ Tradução do autor desta dissertação

consumo, chamados também de recursos comuns. São bens que as pessoas não podem ser impedidas de usar, mas cujo desfrute pode causar prejuízos para os outros. Para fins didáticos os bens econômicos são geralmente divididos em:

	Rivalidade no consumo	Não-rivalidade no consumo
Exclusivos	Bens privados	Bens públicos pagos
Não exclusivos	Recursos comuns	Bens públicos puros

Figura 2. (Baseada na Tabela “Quatro tipos de bens” Mankiw, 2001: 229).

Ao utilizarem um recurso comum em benefício privado, as famílias e empresas podem gerar custos que são externalizados socialmente. O meio ambiente é considerado fonte de recursos comuns. Por ser quase impossível cobrar dos pescadores pelo peixe que pescam, e de pessoas que derrubam árvores em áreas públicas para usar a madeira, estes são exemplos de bens de uso não exclusivo. Contudo, são bens rivais, pois quando uma pessoa pesca, há menos peixes para os outros que também pescam, e quando alguém derruba uma árvore há menos madeira para eventuais pessoas que queiram madeira.

Danos ambientais são definidos por essa teoria como externalidades negativas. É o caso da poluição, que, ao ser emitida, faz com que os custos privados sejam diferentes dos custos sociais. Essa assimetria faz com que a quantidade efetiva de poluição seja maior que a quantidade socialmente “ótima”. Para corrigir esses “desvios”, a teoria propõe que os custos sociais sejam internalizados nos cálculos dos agentes geradores, por exemplo, através de taxação (AMAZONAS, 2002, MUELLER, 2007).

A Economia dos recursos naturais se funda com o artigo de Hotelling “The economics of exhaustible resources” de 1931. A teoria foi construída para tratar dos aspectos da extração e exaustão dos recursos naturais ao longo do tempo. Parte do entendimento que a utilização dos recursos naturais é um problema de alocação intertemporal, já que um estoque de recursos naturais pode ser extraído hoje ou no futuro. A análise, portanto, foca na determinação da depleção ótima de um recurso natural que existe em quantidade limitada e fixa. Depleção “ótima” é aquela que maximiza o valor presente do benefício da extração do recurso (AMAZONAS, 2002; MUELLER, 2007).

Todavia as condições do “ótimo” econômico não garantem de forma alguma a estabilidade ecológica. Pelo contrário, contribuem para perturbá-la. Amazonas (2002) aponta os motivos pelos quais os atributos dos problemas ambientais não podem ser apreendidos pelas preferências individuais reveladas no consumo:

- 1) O enorme desconhecimento e incerteza que os indivíduos têm diante dos fatores ambientais;
- 2) Limitação dos indivíduos de expressarem seus julgamentos sobre o ambiente em termos de um dispêndio monetário pessoal.
- 3) Possibilidade de não-ocorrência do desejo de equidade para com as gerações futuras (AMAZONAS, 2002: 127-29).

A questão da sustentabilidade ambiental não pode, portanto, ser tratada pelos critérios e procedimentos de otimização. Por isso mesmo, a própria abordagem neoclássica passou a adotar critérios adicionais que estabelecessem a “transmissão de algum tipo de constância ao longo das sucessivas gerações”. Chegou-se assim à idéia de que o que deve permanecer constante é o consumo, de modo a não favorecer nenhuma geração em

detrimento de outra. Esta posição está intimamente ligada à posição de que o que deve ser mantido constante são os fatores do processo produtivo, ou seja, as diferentes formas de capital. Estas duas posições passaram a ser conhecidas como “sustentabilidade fraca”, e têm o Prêmio Nobel Robert Solow(1974; 1993) como principal expoente. Outra posição é de que o que deve ser mantido constante é o estoque de capital natural. Este critério é o da “sustentabilidade forte”, e tem David Pearce (1990, 1993) como expoente (AMAZONAS, 2002: 130).

Para Solow (1974), o que deve ser mantido pelo menos constante ou crescente ao longo do tempo é o consumo *per capita*. Contudo, este critério está associado à manutenção da capacidade produtiva da economia, ou seja, a soma das três formas de capital - capital manufaturado, capital humano (trabalho) e capital natural. Para manter o consumo pelo menos constante é necessário que as rendas provenientes do uso dos recursos exauríveis sejam reinvestidas principalmente em capital manufaturado. Esse raciocínio pressupõe a substituição entre esses ‘fatores’ de produção, levando à conclusão de que, no limite, não há problema em esgotar o capital natural contanto que isso seja compensado pelo acréscimo do capital manufaturado e/ou do capital humano. Duas questões são centrais para essa abordagem: a possibilidade de substituição do capital natural exaurível por outras formas de capital reprodutível, e progresso técnico.

Em relação ao progresso técnico parece irrealista acreditar que o aumento da eficiência energética, por exemplo, possa suplantiar a exaustão dos combustíveis fósseis e o desaparecimento final do recurso, como mostrou Georgescu (1976b). O pressuposto de que capital natural e capital manufaturado são substituíveis é altamente questionável, pois o capital manufaturado tem origem física no capital natural. A relação entre eles no processo produtivo é de complementaridade. É um equívoco acreditar que o potencial do capital manufaturado adicional de sustentar o produto real no curto prazo é um

exemplo de substituição de um pelo outro. Trata-se de uma “ilusão de substitutabilidade” que é criada quando um melhor conhecimento humano é “incorporado” no capital manufaturado adicional, e reduz a geração de resíduos (produção de entropia) no processo produtivo (LAWN, 1999; 2007).

Para Pearce (1990), o critério de manter o capital total constante é inadequado, e por isso o critério de sustentabilidade deveria ser o da transferência de um estoque de capital natural constante para as gerações futuras. Mas isso só pode ser aplicado para os recursos renováveis, que podem se manter no tempo se a taxa de sua extração não for maior do que a taxa de sua regeneração, e se produção de resíduos mantiver-se a baixo da capacidade de assimilação do ambiente. Recursos exauríveis, ou não-renováveis, não podem ter seus estoques mantidos se são usados.

No caso dos recursos renováveis, o critério de manter o capital natural constante pode ser incluído como uma restrição no cálculo de otimização neoclássica. Já no caso dos recursos não-renováveis, o mesmo critério leva a uma incompatibilidade com a otimização neoclássica, pois como o estoque a ser mantido é o existente, não sobra espaço para a determinação de algum estoque “ótimo” a partir das preferências individuais (AMAZONAS, 2002:141).

Todavia, ambos os critérios de sustentabilidade fraca ou forte são incongruentes com a realidade biofísica. A “sustentabilidade fraca” se apóia nas suposições de progresso técnico sem limites e de substituição de capital natural por natural manufaturado. A “sustentabilidade forte” enfrenta dificuldades no que diz respeito aos recursos exauríveis, pois dada a irreversibilidade no uso desses recursos não é possível manter seus estoques.

Além disso, se a manutenção do capital natural é entendida como uma quantidade intacta, como fica a questão da qualidade desse capital natural? Imagine que a quantidade de árvores num território se mantém constante, mas há uma substituição da diversidade de árvores nativas (crescimento lento) por simples plantação homogênea com intuito de se produzir lenha ou celulose (crescimento rápido). Ainda que a função de prover recursos aumentasse, a função de suporte à vida do capital natural diminuiria (LAWN, 2007:57).

O que caracteriza as duas abordagens é a definição de sustentabilidade como alguma “constância”. Se, ao contrário, a sustentabilidade fosse entendida como a utilização dos recursos mais adequada à sobrevivência da espécie humana, ter-se-ia que definir critérios biofísicos para isso. Ao contrário de estudar tais condições biofísicas, os economistas fizeram de tudo para defender que o crescimento econômico não encontra nenhuma limitação natural. E por causa das crescentes preocupações ambientais, passaram a defender a possibilidade de compatibilizar crescimento econômico e conservação da natureza.

Na década de 1990, um trabalho empírico conferiu novo status para o crescimento econômico. O próprio crescimento econômico seria benéfico ao meio ambiente a partir de certo nível de riqueza aferida pela renda *per capita*. Gene Grossman & Alan Krueger (1995), lançaram tal conjectura ao examinarem a relação entre o comportamento da renda *per capita* e quatro tipos de indicadores de deterioração ambiental: poluição atmosférica urbana, oxigenação de bacias hidrográficas, e duas de suas contaminações (fecal e metais pesados). Segundo os autores, há uma forte tendência de os níveis de poluição aumentarem durante o período inicial de crescimento econômico, mas caírem gradativamente na medida em que os países vão se tornando mais ricos. Em suma, é a

idéia de que o crescimento inicial degrada meio ambiente, mas a continuidade do crescimento resolve os problemas ambientais.

Esse modelo, que ficou conhecido como “curva de Kuznets ambiental”²⁶ ou “U invertido”, tem sofrido, porém, severas críticas, sobretudo aquelas que apontam insuficiência metodológica e a fraca previsibilidade de resultados se aplicado aos inúmeros países que ficaram de fora da pesquisa original, diga-se mais de 97% do planeta. Além disso, os problemas ambientais globais não foram contemplados nesse modelo. Aumentos na utilização de recursos fósseis e, portanto, nas emissões de gases de efeito estufa tendem a aumentar com o crescimento econômico (VEIGA, 2005).

O raciocínio em termos monetários mostra que mesmo a Economia Ambiental Neoclássica continua sendo crematística. Esta é o estudo da formação dos preços nos mercados, como explicou Aristóteles no livro *Política*. Ele distinguiu esse estudo da Economia, que é o estudo do abastecimento material da casa, ou da cidade. Aristóteles não usou a palavra “Ecologia”, mas para ele a Economia estava relacionada ao estudo do uso de energia e materiais nos ecossistemas onde vivem seres humanos. Todavia, a Economia foi se tornando cada vez mais crematística, passando a se preocupar apenas com o estudo das transações de mercado (MARTINEZ-ALIER, 1987).

Na verdade, a Economia só conseguiu se tornar uma ciência devido à redução do seu “objeto” de pesquisa, o “sistema econômico”. Um sistema composto apenas por objetos produzíveis, que possam ser apropriados e valorados. Por isso, a vertente ambiental da Economia Neoclássica é uma tentativa de expandir a Economia para um campo que não

²⁶ Simon Kuznets (1955) lançou a hipótese que a relação entre o PIB per capita e a desigualdade de renda tem formato de “U” invertido no gráfico. Haveria uma fase inicial em que a desigualdade de renda aumentaria junto com aumento do PIB per capita. A partir de certo patamar de PIB per capita, novos aumentos diminuiriam a desigualdade de renda. É a idéia de que é preciso “crescer o bolo” antes de dividi-lo.

é o seu. Assim, o tratamento dos problemas relacionados aos recursos naturais e ao meio ambiente pelo aparato teórico convencional apresenta um impasse epistemológico. Não é possível passar da escala individual tratada pela teoria Neoclássica para a escala da espécie humana, e do horizonte temporal pertinente ao indivíduo para o horizonte pertinente à espécie humana sem mudar o arcabouço conceitual (NAREDO, 1987).

IV.2. Economia Ecológica

A Economia Ecológica foi institucionalizada com o estabelecimento da sociedade internacional em 1988 e com o periódico *Ecological Economics*, cujo primeiro número surgiu em 1989. Desde então um amplo espectro de tópicos de pesquisa tem sido apresentados na revista. A observação mais básica desse campo de pesquisa é a de que a economia humana está incrustada na natureza, e de que os processos econômicos devem ser vistos também como processos de transformação biológica, física e química.

Entre o final do século XIX e o começo do século XX alguns autores isoladamente aplicaram a Termodinâmica para entender a agricultura e o processo econômico como um todo. Sergei Podolinsky (1850-1891), analisando a comida do ponto de vista energético e sua relação com o trabalho humano pretendia substituir o trabalho pela energia na teoria do valor de Marx.

Frederick Soddy (1877-1956), prêmio Nobel em 1921 por suas contribuições à Química e à teoria da estrutura atômica, tentou mostrar que a noção de riqueza com que os economistas trabalham é virtual, pois não representa uma realidade física. Referia-se à contabilização monetária da riqueza e de seu crescimento através da mágica dos juros compostos. Para Soddy, isso claramente estava em desacordo com as leis da

Termodinâmica. Ambos, Podolinsky e Soddy, são exemplos de precursores no tipo de estudo que interessa a Economia Ecológica, mas que caíram no esquecimento (MARTINEZ-ALIER, 1987).

Assim, a consolidação do que hoje é chamado de Economia Ecológica deve tributo às contribuições independentes de Kenneth Boulding, Georgescu-Roegen, Herman Daly e Robert Ayres & Allen Kneese, na década de 1960, ainda que a expressão “Economia Ecológica” não tenha sido usada por eles na época.

A contribuição de Georgescu e a importância da Lei da Entropia para a Economia Ecológica foram objetos de importantes debates na primeira década do periódico (AYRES, 1998; 1999; BIANCIARDI et al, 1993; KHALIL, 1990; 1991; LAWN, 1998; LOZADA, 1991, 1995; O’CONNOR, 1991). É certo que alguns economistas ecológicos foram bastante influenciados por Georgescu. O caso mais notório é o de Herman Daly, possivelmente o economista ecológico mais famoso atualmente, e ex-aluno de Georgescu. Foi ele quem organizou, em 1997, um número especial da *Ecological Economics* em homenagem ao Georgescu.

Herman Daly (1938-) é professor da Escola de Políticas Públicas na Universidade de Maryland, nos EUA. Foi economista sênior do departamento de meio ambiente do Banco Mundial de 1988 a 1994, e uma das figuras-chave na fundação da Sociedade Internacional de Economia Ecológica. Em 1967, concluiu o doutorado na universidade de Vanderbilt, onde teve contato direto com Georgescu. Em 1968, escreve o importante artigo “On Economics as a Life Science”, *Journal of Political Economy*. Nesse artigo Daly já tinha percebido que as ciências naturais juntamente com as observações do dia-a-dia provavam que a economia humana é um subconjunto de um sistema biótico maior.

Há mais de três décadas²⁷ ele argumenta que a capacidade de carga do planeta, a poluição, degradação do solo, extinção de espécies a perda de ecossistemas inteiros, e a mudança climática mostram que os limites ecológicos estão convertendo o crescimento econômico em crescimento “deseconômico”.

Paradoxalmente, a Economia que se preocupa com o crescimento econômico tem sido muito materialista e não materialista o suficiente, segundo Daly (1979). Ao ignorar as leis da Termodinâmica tem sido nem um pouco materialista. E ao ignorar a preocupação com as gerações futuras, vidas não-humanas, e desigualdades na distribuição da riqueza, a Economia tem sido excessivamente materialista.

Tal paradoxo se explicaria pela visão incompleta que tem os economistas do espectro meios-fins. Para Daly, de um lado, a natureza limita a atividade econômica no que diz respeito à capacidade de lhe prover recursos materiais primários, e de assimilar seus resíduos. Este é um dos extremos do espectro, e diz respeito aos meios. No outro extremo, são os valores e a ética da sociedade que limitam a atividade econômica. São os limites relacionados aos fins do processo. Assim, os valores e a ética da sociedade limitam a insaciabilidade por mais riqueza, enquanto os recursos naturais e os serviços prestados pela natureza limitam materialmente a expansão da atividade econômica. Todavia, os limites absolutos, por estarem nos extremos do espectro, estão fora do paradigma dos economistas.

Para Daly, o paradigma contemporâneo na Economia é o da *growthmania*, ou mania de crescimento econômico, pois a resposta para os problemas da pobreza, desemprego,

²⁷ Dentre os livros de Daly estão: *Towards a Steady-State Economy* (1973); *Steady-State Economics* (1977); *Economics, Ecology, Ethics* (1980); *Valuing the Earth: Economics, Ecology, Ethics* (co-editado com K. Townsend); *For the Common Good: Redirecting the Economy Toward Community, the Environment and a Sustainable Future* (com John Cobb, 1989); *Population, Technology and Lifestyle* (co-editado com R. Goodland e S. El Serafy, 1992); *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development* (1996).

poluição e até mesmo do esgotamento dos recursos estaria no crescimento. O termo *growthmania* foi utilizado pelo pioneiro Ezra Mishan (1967) num livro dedicado aos custos sociais do crescimento econômico.

Em *The Costs of Economic Growth*, Mishan discute o hiato entre a afluência material das sociedades e o bem-estar e felicidade humana. Muitas das coisas que contribuem para o bem-estar não passam pelos mercados. Para Mishan, o crescimento das sociedades afluentes gera desamenidades não-mercantis em proporção maior que o crescimento no bem-estar. Em 1950, William Kapp já chamava a atenção dos economistas para o fato de a atividade econômica gerar custos sociais que não são computados e nem tem valor monetário. Tais custos não são “externalidades”, mas sim inerentes à economia da empresa privada que repassa constantemente custos para toda a sociedade.

A esta linha de crítica social ao crescimento econômico é possível acrescentar as críticas à visão neoclássica de bem-estar como mais afluência material (COMMON, 1995: 79; LAWN, 2007). Dois exemplos dessa linha de crítica são Tibor Scitovsky (1976) e Fred Hirsch (1977). Scitovsky (1976) mostrou que alguns tipos de consumo provêm um prazer muito temporário, pois as pessoas se acostumam a certos bens, como os de conforto. Um consumo realmente prazeroso, com o qual não se acostuma facilmente, envolve a composição dos seguintes elementos: desafio, risco e senso de realização.

Já Hirsch (1977) apontou para o limite que tem o crescimento econômico na geração bem-estar para todos. Tal suposição ignora as implicações do fato de que o bem-estar de um indivíduo é afetado pelo consumo dos outros. Alguns itens de consumo são chamados “bens posicionais”. A satisfação envolvida no seu consumo depende de ser

confinada a uma parcela pequena da sociedade. Tais bens não podem ser expandidos senão deixam de gerar a utilidade adicional para quem pode desfrutar delas.

Voltando ao Herman Daly, este também não identifica crescimento material generalizado com aumento da felicidade e bem-estar. Ao incorporar as leis da Termodinâmica, seguindo seu mestre Georgescu, e levar em consideração a tradição de crítica social ao crescimento generalizado, retomou uma idéia antiga como solução para o impasse ecológico: a Condição Estacionária. Como foi discutida no capítulo anterior, essa idéia foi criticada por Georgescu por não ter ido até o limite das conseqüências no raciocínio sobre a entropia. Daly jamais falou que a economia um dia terá que encolher, decrescer ou coisa parecida. Talvez por sua convicção religiosa não pudesse admitir o declínio do processo econômico e da espécie humana. É do cristianismo que Daly tira as lições e os mandamentos éticos para uma sociedade de Desenvolvimento Sustentável. O livro de Daly *For the Common Good*, por exemplo, foi escrito em co-autoria com o teólogo John Cobb.

De qualquer maneira, a transição para uma Condição Estacionária é importante como meta para quem está preocupado com a sustentabilidade ambiental do desenvolvimento (que não é igual ao crescimento), mesmo que se saiba de seu caráter provisório (LAWN, 2007). Muitos duvidam da capacidade de um sistema democrático e capitalista atingir essa meta. Argumentam que uma economia de crescimento lento ou em estado estacionário é inconsistente com o capitalismo de mercado, e que apenas um regime autoritário poderia impor e manter as restrições ambientais defendidas pelos economistas ecológicos. Philip Lawn (2007) defende que uma economia em estado estacionário e um sistema democrático-capitalista são inteiramente compatíveis. Para ele, a maior ameaça à democracia, ao capitalismo, e à paz internacional é a mania de crescimento.

Aqui não será discutida a compatibilidade ou não da Condição Estacionária com o capitalismo e a democracia, mas apenas apontadas algumas das restrições e políticas exigidas para uma eventual transição. Em artigo para a revista *Scientific American* (2005) Herman Daly não utiliza mais a expressão “Condição Estacionária”. Fala sim de “economia sustentável”, em que o que deve ser sustentado é a “capacidade do meio ambiente de suprir cada recurso natural e absorver os produtos finais descartados” (DALY, 2005: 95). Propõe os seguintes ajustes necessários na política econômica para que a economia opere de modo sustentável ambientalmente:

- 1) “Transição demográfica” dos bens, ou seja, taxas de produção iguais às taxas de depreciação, em níveis baixos. Isso significa estender a vida útil dos produtos;
- 2) Melhoras qualitativas e aumentos de eficiência que permitam o PIB continuar crescendo mesmo com rendimento constante, ou seja, sem aumentar a quantidade de materiais processados;
- 3) Banir o comércio livre enquanto co-existirem economias sustentáveis e insustentáveis, pois as economias insustentáveis podem praticar preços inferiores por não pagarem os custos da sustentabilidade;
- 4) Mudar o alvo dos impostos da renda auferida por trabalhadores e empresas para o fluxo produtivo, “de preferência no ponto em que os recursos são apropriados da biosfera”;

É claro que tais “ajustes” são impensáveis se organismos multilaterais como o Banco Mundial continuarem a ignorar as íntimas relações entre os sistemas econômicos e os sistemas ambientais. Por isso, na saída do cargo que ocupava no Banco Mundial, em 1994, Herman Daly fez um discurso com conselhos para que fosse adotada uma postura fomentadora do desenvolvimento ambientalmente sustentável. Alguns deles foram:

- 1) Parar de contabilizar o consumo de capital natural como renda, para evitar que o banco financie projetos de desenvolvimento ambientalmente insustentáveis. Isso implicaria a correção da conta da balança de pagamentos quando capital natural é exportado. Em vez de ser contada como renda advinda do comércio internacional, a exportação de petróleo e madeira, por exemplo, deve passar a ser vista como transferência de capital.
- 2) Taxar menos o trabalho e a renda, e taxar mais a utilização de recursos naturais. Deve-se taxar a extração de energia, materiais e a poluição.
- 3) Maximizar a produtividade do capital natural e investir no seu aumento. Em muitos lugares o fator limitante da produção não é mais o trabalho ou o capital manufaturado, e sim o capital natural.
- 4) Abandonar a ideologia do livre comércio e da livre mobilidade do capital em direção à produção nacional para mercados internos. O Banco existe para servir os interesses de seus membros, os Estados Nacionais, e não das empresas multinacionais (DALY, 1996: 88-93).

A mensagem de Daly é clara. As perdas de recursos naturais continuarão a ser mascaradas pela contabilização do PIB durante algum tempo, mas será difícil evitar o desastre, que ocorrerá mais cedo ou mais tarde.

IV.3. Abismo epistemológico

Georgescu morreu em 1994 sem ter suas críticas aos modelos de Solow e Stiglitz respondidas. Por isso, ambos foram chamados a respondê-las numa edição especial da *Ecological Economics*, em 1997, principalmente com o esforço de Herman Daly. O

“Fórum Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz” reuniu diversos economistas, em que o tema central era a questão da substitutabilidade entre recursos naturais e capital manufaturado.

Solow não encarou as questões levantadas por Daly, dando respostas extremamente curtas e evitando o confronto, como se seu desejo fosse o de que a crítica de Georgescu nunca tivesse sido feita. Stiglitz responde dizendo que no médio prazo existe possibilidade de substituir recursos naturais por capital sim, e que para o economista o longo prazo é daqui a cinquenta anos. O papel dos modelos analíticos é de responder questões de médio prazo do tipo *“é possível o crescimento ser sustentado pelos próximos 50-60 anos?”* (STIGLITZ, 1997:269).

Aqui se esbarra na própria idéia de Economia como ciência, pois o dinheiro é a unidade que permite agregar os fatores de características distintas, e mostrar que os recursos naturais podem ter uma importância pequena relativamente aos outros fatores. Esse anátema tem como origem a representação do sistema econômico como um sistema fechado. Aí mesmo quando se introduz o fator recursos naturais, ele aparece como qualquer outro insumo, circulando dentro da economia como mais um valor monetário. Especificando mais ainda o papel dos modelos analíticos, eles pretendem responder se o crescimento na produção de bens e serviços com valores monetários pode se sustentar no tempo.

Georgescu e os economistas ecológicos estão preocupados com os limites biofísicos ao crescimento da produção e do consumo material, e com a capacidade de absorção e assimilação dos resíduos pela natureza. Os economistas que se preocuparam com a sustentabilidade querem saber se a renda nacional (em valores monetários) que inclui

tanto a produção material quanto os serviços imateriais em proporções não-fixas pode continuar a crescer mesmo que alguns insumos sejam exauríveis.

Todavia, em termos reais, não dá para imaginar uma economia aumentando em escala, em tamanho, com uma entrada quase nula de recursos naturais. Pelo contrário, a escala da economia aumentando, mais energia e matéria é necessária para manter os fundos de capital e força de trabalho. Se os modelos referidos são fórmulas matemáticas que guardam relação fantasiosa com o mundo físico real em que vivemos, eles simplesmente refletem a visão do processo econômico como algo fechado em que circulam bens e fatores de produção, tratados todos da mesma maneira: como insumos substituíveis.

A sustentabilidade ambiental da China se apresenta como um objeto de estudo perfeito para a Economia Ecológica. Análises do metabolismo social da China permitem enxergar o que acontece com aquela economia em termos reais, para que se compare com análises econômicas mais convencionais. Ramos-Martín et al, (2007) mostraram, com base no esquema fluxo-fundo de Georgescu que o consumo exossomático de energia tem se expandido continuamente.

No período entre 1980 e 2002 os otimistas defensores da hipótese de desmaterialização ou da curva de Kuznets ambiental argumentariam que a China é um claro exemplo de desmaterialização em termos de energia. A hipótese subjacente é que a depleção de recursos tende a cair à medida que aumenta a renda. De fato, a intensidade de energia, quantidade de energia por dólar do PIB, diminuiu nesse período. Contudo, no mesmo período, o total de energia (em termos de Joules) utilizado na economia no ano mais que dobrou, com um aumento médio de 3% ao ano (RAMOS-MARTIN et al, 2007).

Por todos esses motivos é quase impossível o diálogo entre os gurus da Economia Neoclássica e aqueles que vêem a economia de uma perspectiva mais realista cientificamente. Georgescu nunca usou a expressão ‘Economia Ecológica’ e não fazia nenhuma militância ambientalista, mas suas contribuições representam a linha demarcatória entre o que pode ser considerado Economia Ecológica e as vertentes ambientais da Economia Neoclássica.

Ao considerar o processo como unidirecional, sua abordagem permitiu avaliações realistas da sustentabilidade ambiental do desenvolvimento. No limite, o único fluxo de entrada no processo econômico é o de recursos naturais, e de saída é o de resíduos. Ambos, depleção de recursos e poluição são inevitáveis. Por isso, para a Economia Ecológica, uma questão central é a da escala da economia, ou seja, do tamanho dela frente ao ecossistema, tema bastante tratado por Herman Daly.

A Economia Ecológica não nega a contradição entre crescimento e conservação da natureza. Os neoclássicos, por sua vez, defendem que não há qualquer incompatibilidade entre eles. Continuaram acreditando no moto-perpétuo, ou seja, que a economia pode não apenas se manter, mas continuar crescendo sem necessidade de recursos naturais.

Há, contudo, economistas ecológicos que não consideram Georgescu um precursor, e há quem considere que suas contribuições podem ser absorvidas pela Economia Ambiental Neoclássica.

Robert Constanza, ex-presidente da Sociedade Internacional, e autor de alguns livros-texto de Economia Ecológica, escreveu artigo sobre a história da Economia Ecológica e

da Sociedade Internacional constante na Enciclopédia da Economia Ecológica²⁸. Curiosamente no primeiro parágrafo ele atribui o interesse de juntar Economia com Ecologia aos trabalhos de Kenneth Boulding e Herman Daly, mas sequer cita Georgescu-Roegen. Sabe-se que a principal influência de Constanza foi H. Odum e a escola energética. Georgescu, por sua vez, foi um crítico severo das conclusões tiradas por essa escola, e demonstrou que uma prova matemática de Constanza era na verdade uma grande manobra (G-R, 1986a: 11). Seria necessário adentrar pela sociologia da ciência, para saber o porquê de Constanza ter ignorado a existência de Georgescu.

Por outro lado, Charles Perrings considera que a contribuição de Georgescu não se restringe à Economia Ecológica, e que poderia ser absorvida pela Economia Ambiental Neoclássica. Charles Perrings, economista australiano, ex-presidente da Sociedade Internacional de Economia Ecológica (2004-2005), vem se dedicando nos últimos anos ao Beijer Institute, da Academia de Ciências da Suécia. O Beijer é uma instituição de pesquisa que congrega economistas e ecólogos para o estudo da interação entre sistemas sociais e institucionais e sistemas ambientais.

Convidado a se manifestar no “Fórum Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz”, Perrings considera que a importância de Georgescu não está tanto na ênfase de não-substituição entre fatores, mas sim na idéia de irreversibilidade. O reconhecimento da irreversibilidade das transformações materiais seria sua mais importante contribuição. Sua abordagem permitiu que os efeitos irreversíveis fossem vistos como uma classe de problemas muito mais ampla do que anteriormente se imaginava. Muitas transformações materiais são irreversíveis do ponto de vista prático, mesmo que não sejam irreversíveis em teoria. Isso quer dizer que, do ponto de vista econômico, não

²⁸ <https://www.ecoeco.org/pdf/costanza.pdf>

importa que um processo possa ser reversível com tanto que haja energia e tempo quase infinitos.

No livro *Economy and Environment: a theoretical essay on the interdependence of economic and environmental systems*, de 1987, Perrings considera que há pouco no seu livro que não possa ser destilado de uma leitura atenta dos trabalhos de Georgescu-Roegen. Segundo resenha de Herman Daly (*The Economic Journal*, Vol. 98, No. 392 Sep., 1988), poucos economistas entenderam a magnitude da importância de Georgescu. Por isso, Perrings merece muito crédito por tê-lo reconhecido. O livro pretende analisar as relações da produção econômica com o meio ambiente de um ponto de vista quantitativo, atentando para restrições da Termodinâmica.

John Gowdy, presidente eleito da Sociedade Internacional de Economia Ecológica para o período 2010-2011, foi bastante influenciado por Georgescu. Organizou com Kozo Mayumi um livro em sua homenagem, e já escreveu muitos artigos explorando seus *insights*, não apenas de sua teoria da produção, mas também de sua teoria do consumidor.

Gowdy (1993, 2001) é um entusiasta de sua abordagem para o consumo e a escolha. Considera que ela fornece importantes instrumentos para uma teoria da escolha econômico-ecológica. Os axiomas da teoria da escolha do consumidor são inconsistentes com a evolução das preferências ao longo do tempo, e com o ordenamento das vontades humanas. Níveis diferentes de necessidades têm níveis diferentes de importância para as pessoas. Só depois que certas necessidades básicas são satisfeitas é que aparece um desejo mais elevado na escala de vontades. Trata-se do princípio da subordinação de vontades de Georgescu (1954b).

O individualismo metodológico da teoria do consumidor neoclássica ignora sistematicamente a natureza hierárquica dos sistemas sociais e ecológicos. Uma das maiores falhas da teoria neoclássica é tratar todo valor como valor de troca no mercado, ignorando a base biológica da existência humana. Para essa teoria, as necessidades biológicas são indistinguíveis das mercadorias que o consumidor escolhe. Todavia, as pessoas não querem necessariamente substituir um objeto de utilidade por outro. As observações do dia-a-dia mostram que o pão não pode evitar que alguém morra de sede, e morar num palácio luxuoso não pode substituir a comida.

Georgescu (1954b) chamou atenção para esse fato e o chamou de “princípio da irreducibilidade”. Apesar de não ter tratado a questão ambiental do ponto de vista do consumidor, sua abordagem para a escolha é mais consistente com a realidade. Ajuda a entender porque muitas pessoas se recusam a escolher entre a biodiversidade ou bens de mercado, e consideram que a preservação da vida selvagem não deve ser determinada por quanto de dinheiro pode ser gasto.

Não é de se espantar que seus escritos mais antigos dedicados ao comportamento do consumidor estejam sendo recuperados por autores da Economia Ecológica interessados em fundamentos mais realistas para uma teoria da escolha. Uma teoria do consumidor heterodoxa, e que alguns chamam de “pós-keynesiana”, pode ser representada por princípios cujos termos foram utilizados pioneiramente por Georgescu (GOWDY; 1991; 1993; GOWDY & MAYUMI, 2001; LAVOIE, 1994, 2005).

Desde o início da carreira, ele se preocupou com a questão da natureza do valor econômico, rejeitando simplificações e explicações de mão única. Desde a mesma época, percebeu que os fenômenos econômicos são irreversíveis, mesmo aqueles ligados a escolha, pois o bem-estar não é uma quantidade, mas um fluxo que segue o

fluxo do tempo. A Economia Neoclássica, por sua vez, está fora do tempo, por ser Mecânica. Além disso, Georgescu nunca esqueceu que consumidores também são seres biológicos e sociais.

IV.4. Evolução e Complexidade

O mecanicismo e o fascínio pelo equilíbrio na Economia vêm sustentando um ponto ‘ótimo’ para o sistema econômico que ignora suas interações com o sistema biótico. E há um sério perigo de o planeta ser danificado de forma irreversível se políticas econômicas continuarem a ignorar tais restrições. Muitos economistas convencionais atentaram para o problema. Todavia, não reconheceram a necessidade de substituir os fundamentos mecanicistas da Teoria Econômica.

A Economia já esqueceu a fonte de metáforas cruciais da qual tirou tanta inspiração teórica durante os séculos XVIII e XIX. Por isso, a exposição do papel das metáforas é importante ao revelar estruturas de pensamento profundamente incrustadas ²⁹ (HODGSON, 1999:7).

O reconhecimento dos sistemas econômicos como sistemas constituídos de seres humanos vivos e como partes de ecossistemas que contêm outras formas de vida exige uma abordagem evolucionária. Uma abordagem evolucionária para a economia significa, em primeiro lugar, uma mudança no tipo de questão a ser respondida. Não se trata de saber como, sob certas condições, os recursos econômicos são alocados de maneira ótima ao equilíbrio, dado um estado de preferências individuais, a tecnologias e

²⁹ Tradução do autor desta dissertação.

as condições institucionais. As questões são por que e como mudam o conhecimento, as preferências, as tecnologias e as instituições nos processos históricos, e quais são os impactos dessas mudanças numa economia (WITT, 2008).

Uma mudança fundamental no ponto de vista da ciência econômica vem ocorrendo com as pesquisas da chamada Economia da Complexidade e da Economia Evolucionária. Não se trata de novas teorias, mas sim de visões do processo econômico como algo eminentemente “fora-do-equilíbrio”. Em vez de se olhar para um fenômeno de maneira estática e procurando equilíbrio de maneira reducionista, tal mudança de ponto de vista implica olhar para processos e propriedades emergentes de maneira mais sistêmica.

Para Brian Arthur, trata-se de um movimento de longo prazo na ciência. Por 300 anos se olhou para os fenômenos a serem estudados de cima para baixo. Buscou-se a mecânica causal de como algo funciona. Mas há outra forma de fazer ciência, que é olhar de baixo para cima como as interações entre elementos de um sistema formam padrões e estruturas. Olha-se para elementos que interagem e produzem padrões agregados que fazem os mesmos elementos reagirem. Assim, uma questão crucial é que os elementos criam aquilo à que reagem (DELORME, & HODGSON, 2005).

Os programas de pesquisa em Economia da Complexidade e em Economia Evolucionária são complementares. Enquanto a Complexidade foca na auto-organização do sistema econômico a partir da interação de elementos muito diversos, a Evolucionária foca nos processos de seleção de algumas variedades em detrimento de outras. Ambas fazem parte de um ponto de vista “fora-do-equilíbrio” (FINCH & ORILLARD, 2005).

Quando se introduz a diversidade na Economia, esta fica mais parecida com a Biologia moderna do que com a Física do século XIX. Ainda que haja enorme divergência entre as abordagens, alguns pensadores da primeira metade do século XX são vistos retrospectivamente como pioneiros da abordagem evolucionária para o processo econômico. Entre eles estão: Thorstein Veblen (1857-1929), Joseph Schumpeter (1883-1950), e Friedrich Hayek (1899-1992).

Apesar de ser um terreno bastante controverso, vem ganhando força a idéia de um “Darwinismo Generalizado” na Economia. Hodgson (2006) argumenta que o sistema econômico é um sistema populacional complexo, e que por isso pode ser entendido com base nos princípios darwinianos: *variação, herança e seleção*. Considera que na medida em que há uma população de entidades capazes de serem herdadas, mas com diferentes capacidades de sobrevivência, ocorrerá evolução do tipo darwiniana. O sistema é complexo, pois envolve uma variedade de entidades que interagem entre si, produzindo resultados não-intencionais. E tem propriedades que não correspondem a nenhuma entidade individual sozinha.

Uma abordagem evolucionária significa, em primeiro lugar, procurar uma explicação de como ocorre a variedade. Segundo, é necessária também uma explicação de como a informação útil que diz respeito a soluções para problemas adaptativos particulares é retida e passada adiante (herança). Para que haja retenção de conhecimento útil é necessário algum mecanismo de replicação das soluções. Finalmente, é necessária uma explicação para o fato de as entidades diferirem em longevidade e fecundidade. Em dados contextos, certas entidades são mais adaptadas do que outras, algumas sobrevivem por mais tempo, e outras obtêm mais sucesso na produção de descendentes ou cópias. É aqui que entra o princípio da seleção, que se refere ao mecanismo que possibilita a sobrevivência de algumas variações em vez de outras, reduzindo a

variedade. A criação de variedade e a seleção são dois processos diferentes. Criação de variedades tem a ver com inovação, e seleção tem a ver com o teste da inovação no mundo real.

A abordagem evolucionária não pode ser acusada de reducionismo biológico, pois não pretende explicar fenômenos sociais com categorias biológicas. Tampouco afirma que os mecanismos de evolução são semelhantes no mundo social e biológico. Não se trata também de analogia, em que se tem um fenômeno como referência e outros fenômenos são comparados àquele. Trata-se do estudo de sistemas evolucionários, em que se enquadram tanto os sistemas econômicos quanto os sistemas biológicos (BIENHOCKER, 2006; HODGSON, 2006; HODGSON & KNUDSEN, 2006).

De fato, a revolução de Darwin representou muito mais que uma nova teoria da evolução biológica. Para Ernst Mayr (1904-2005), trata-se de um sistema filosófico que rompe com o pensamento essencialista³⁰ e tipológico, e introduz o “pensamento populacional” em que a diversidade entre indivíduos é aspecto central (BOCK, 2004; BORGES, 2005).

Um raciocínio evolucionário é importante para Economia por pelo menos quatro motivos: i) sistemas econômicos são sujeitos a desenvolvimentos extremamente rápidos, caracterizados por mudanças qualitativas, estruturais, irreversíveis, e não apresentam nenhuma tendência a um estado estacionário; ii) muitos elementos da mudança econômica podem ser entendidos como mudanças na composição de populações de diversos agentes, firmas e tecnologias; iii) sistemas econômicos têm a

³⁰ Antes de Darwin, prevalecia um essencialismo tipológico de origem platônica e aristotélica, em que as espécies eram definidas de acordo com algumas características distintivas de alguns indivíduos, que estabeleciam sua essência. Variações em torno do tipo ideal eram consideradas aberrações acidentais. Já no “pensamento populacional”, as espécies são entendidas em termos de uma distribuição de características.

capacidade de aprendizagem e adaptação; iv) a evolução na estrutura organizacional da economia é um fenômeno real que envolve ciência, tecnologia, negócios, mercados, sistemas legais, preferência do consumidor e instituições (BERGH & GOWDY, 2003).

Crucial para entender a evolução socioeconômica é a compreensão do papel da inovação, sua emergência, e difusão (WITT, 1992). Uma questão que permanece é a fonte da inovação, se “de dentro” ou “de fora” do processo econômico. Como o processo não é fechado, a evolução socioeconômica depende tanto de causas “internas” quanto “externas”. Isso significa que a relação com o ambiente natural e choques culturais são fundamentais na explicação das mudanças econômicas. (HODGSON, 1999; 2006).

Se a economia fosse um sistema fechado, sua característica seria de tender a um estado de menos complexidade, e menos estrutura ao longo do tempo. Sendo um sistema aberto, é a entrada de energia livre que permite que ela fique longe do equilíbrio, e mantenha certa organização. Os sistemas isolados sempre têm um estado final previsível. Já os sistemas abertos são bem mais complicados.

A incerteza associada à evolução de sistemas abertos foi assunto bastante discutido por Georgescu (1958; 1971). A incerteza se aplica aos casos em que não é possível prever o resultado porque o potencial evento nunca foi observado no passado³¹. Assim, ciências preocupadas com fenômenos evolutivos não podem ser estruturadas a partir de um conjunto pequeno de proposições das quais se deduzem conclusões e se fazem previsões. Georgescu achava que a Economia era uma dessas ciências, por isso era

³¹ “(...) é risco quando não se sabe exatamente o que irá acontecer, mas conhecem-se as chances do que pode acontecer; é incerteza quando não se conhecem nem mesmo as chances do que pode acontecer” (SETZER, 2007: 46).

cético em relação à possibilidade de organizar proposições relevantes sobre o processo econômico em forma de uma teoria.

Nas últimas décadas seu pensamento tem tido impacto na Economia Ecológica pelas considerações biofísicas e termodinâmicas do processo produtivo. Todavia, o aspecto metodológico, principalmente da obra *The Entropy Law and the Economic Process*, tem sido pouco mencionado. O livro *Economics and Evolution* (1993), de Geoffrey Hodgson, foi dedicado a ele justamente por considerá-lo uma exceção na guinada atomista e mecanicista do pensamento econômico do pós-Guerra.

In economics, in the 1954-1974 period, by far the most important work inspired by biology was by Nicholas Georgescu-Roegen: *The Entropy Law and the economic process* (1971). He asserted the value of biological as well as thermodynamic analogies and founded a distinctive version of bioeconomics (HODGSON, 1999:120).

Para Georgescu, a evolução socioeconômica depende de um processo de histerese e de propriedades novas que emergem de combinações. A histerese é um termo para descrever processos físicos, magnéticos, que dependem da sua trajetória particular. Na Economia, significa que o processo socioeconômico depende da sua trajetória passada, de sua história. Isso estava claro para Georgescu (1950a) desde que estudava o comportamento do consumidor. Para ele, o processo de escolha individual também apresenta histerese, ou seja, depende das experiências passadas. O caminho tomado pelos consumidores terá efeitos permanentes nas escolhas futuras. Trata-se do “princípio da herança” (CRIVELLI, 1993; GOWDY, 1993; ZAMAGNI, 1999).

Também considerou impossível repetir fórmulas de desenvolvimento para países como a Romênia com instituições e história particular. Alguns sistemas exibem um tipo de inércia estrutural, pois tendem a continuar “amarrados” a características passadas. A importância da dependência da trajetória, em inglês *path dependency*, no desenvolvimento de tecnologias e na mudança institucional foi enfatizada por Douglass North (1990) e Brian Arthur (1994).

Como um bom discípulo de Schumpeter, Georgescu considerou o processo econômico irreversível assim como a evolução biológica, e o motor dessa evolução como sendo as inovações radicais. Chegou a dizer que o equipamento de capital, que ele chamava de instrumentos exossomáticos, evolui de forma análoga aos organismos no reino biológico, porém muito mais rápido. Se no reino biológico, as mutações são responsáveis pela criação de diversidade que funciona como combustível da evolução, o mesmo ocorre com o equipamento de capital no processo econômico, nesse caso por meio de inovações radicais.

A visão de Georgescu, e de seu mestre Schumpeter, era de que as inovações não são sucessivas pequenas mudanças, quase imperceptíveis, mas saltos que levam a emergência de uma nova entidade. É consistente com a teoria evolucionista do ‘equilíbrio pontuado’ na Biologia, formulada por Niles Eldridge & Stephen Jay Gould (1972). A idéia é que existe uma hierarquia de processos evolucionários, em que choques exógenos levam a uma ruptura temporária na articulação dos níveis e a rápidas mudanças na especiação. Richard Goldschmidt³² já havia sugerido, em 1940, que a

³² Numa época de consolidação do neo-darwinismo, uma perspectiva gradualista da evolução, em que mutações imperceptíveis nos genes e a seleção natural geram espécies diferentes no longuíssimo prazo, Richard Goldschmidt propôs a idéia de que a evolução não ocorre de maneira gradual mas sim por meio rupturas. O debate mais recente entre neo-darwinismo e “equilíbrio pontuado” teve como expoentes Richard Dawkins e S. Jay Gould, respectivamente. Ver *Dawkins vs. Gould: Survival of the fittest*, de Kim Sterelny (2007)

evolução é um processo em que ocorrem macro-mutações, originando indivíduos tão diferentes que ele os apelidou de ‘monstros esperançosos’.

Para Ernst Mayr (2005: 91-92), “a atitude com relação à emergência é a diferença mais decisiva entre reducionistas e não-reducionistas”. Georgescu não era um reducionista, pois não acreditava que o todo é simplesmente a soma aditiva de suas partes. Sabia do elemento irredutível de incerteza associado à evolução de sistemas biológicos ou sociais, pois atribuía a devida importância à emergência de propriedades num nível superior de integração que não são passíveis de serem explicadas pelos modos de ação de seus componentes tomados de maneira isolada.

À parte da influência de Schumpeter e das analogias com a evolução biológica, o principal objetivo de Georgescu na sua obra máxima de 1971 é mostrar que o processo econômico é um processo evolucionário em todas as suas “fibras materiais”. Por isso, a citação anterior de Hodgson sobre Georgescu não corresponde de fato ao significado de sua Bioeconomia. Não se trata *apenas* de analogias emprestadas da Termodinâmica e da Biologia, mas da reconexão do processo econômico com o mundo biofísico. A geração necessária de entropia pelo processo econômico implica que, mesmo em nível físico básico, há sempre algum tipo de mudança qualitativa, qual seja, a transformação de energia “útil” em energia “inútil”. Isso implica que a ocorrência de mudanças qualitativas na economia não é questão que possa ser considerada periférica.

Claro que ao trazer *insights* da Termodinâmica e da Biologia para a Economia, Georgescu acabou discutindo também propriedades mais gerais dos sistemas termodinâmicos, contribuindo para uma Termodinâmica do não-equilíbrio, e para o estudo dos chamados “sistemas complexos”. Na verdade, sua crítica à Economia Neoclássica trouxe à tona um debate mais amplo sobre a ciência clássica e a ciência

moderna (MUELLER, 2007). Mostrou que a complexidade de macro sistemas biológicos ou sociais, não pode ser compreendida com base numa epistemologia mecanicista. A Mecânica não distingue o passado do futuro, e não leva em conta as mudanças qualitativas e irreversíveis. A lei da Física que diferencia o passado do futuro e mostra a importância das mudanças qualitativas e irreversíveis no universo é a Lei da Entropia.

Georgescu é considerado por Schneider & Sagan (2005: 286) importante figura na abertura de portas para uma necessária termodinâmica de não-equilíbrio. O mais interessante de suas contribuições estaria nas implicações epistemológicas de se considerar mercados e economias como estando longe do equilíbrio. É este o ponto de partida da abordagem que vê a economia como um “sistema complexo”. De acordo com Eleutério Prado (2007):

O sistema econômico não pode ser visto como estando em equilíbrio no sentido da análise dinâmica tradicional, em que a organização é perfeita, nem no sentido termodinâmico, em que prevalece a perfeita desorganização. Isto abre uma agenda de pesquisa promissora cujo desenvolvimento mudará profundamente a teoria econômica tal como ela é hoje estudada e desenvolvida (Informação pessoal)³³.

A importância e pioneirismo de Georgescu em relação às novas possibilidades que se abrem à ciência econômica também foram reconhecidos por Eric Beinhocker (2006), autor do livro *The origin of wealth: evolution, complexity and the radical remaking of*

³³ Informação Pessoal obtida por correio eletrônico enviada para andrei@usp.br no dia 30 de Setembro de 2007 (original no Anexo II). Eleutério Prado tem estudado e trabalhado na área de economia e complexidade, junto com os professores Jorge Soromenho, Décio Kadota e Gilberto Lima no núcleo de estudos chamado Complex, sediado na Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da USP.

economics que pretende sistematizar o que existe de pesquisa na área de “Economia da Complexidade”. Com base nos trabalhos de diversos pesquisadores de áreas diferentes, mas que juntos apontam para um novo paradigma da Economia, Beinhocker se propõe a responder como consegue a economia funcionar de maneira auto-organizada, e por que parece haver uma relação entre complexidade de uma economia e sua riqueza.

Por isso, “Economia da Complexidade” é mais um “termo guarda-chuva” que engloba muitas áreas de pesquisa em Economia. Significa um abandono das analogias mecânicas de equilíbrio, que orientaram a disciplina desde a “Revolução Marginalista”, e uma incorporação de *insights* da Termodinâmica de sistemas abertos, e da teoria da evolução darwiniana. O termo “fora-do-equilíbrio” resume melhor o que está em jogo (ARTHUR, 1999).

De acordo com Beinhocker, Georgescu teria percebido que a atividade econômica é fundamentalmente criação de ordem, e que a evolução é o mecanismo pelo qual ordem é criada. Um organismo precisa de uma fonte de energia para manter e aumentar sua complexa ordem interna, realizando um “lucro” termodinâmico (entrada de energia precisa ser maior que os gastos de energia do sistema). A evolução biológica tem sido uma batalha por estratégias termodinâmicas lucrativas num mundo em competição e constante mudança. Materialmente falando, a economia consiste em transformações de matéria e energia visando manter e aumentar sua própria ordem.

Beinhocker chama atenção para três de suas observações que conectam a idéia de uma economia como sistema evolutivo complexo com a questão da origem da riqueza. Chamou-as de “*Condições Georgescu-Roegen para a criação de valor econômico*”. São elas:

- (1) Irreversibilidade – Todas as transformações e transações econômicas criadoras de valor são termodinamicamente irreversíveis;
- (2) Entropia - Todas as transformações e transações econômicas criadoras de valor reduzem entropia localmente dentro do sistema econômico, enquanto aumenta a entropia globalmente;
- (3) Adequação - Todas as transformações e transações econômicas criadoras de valor produzem artefatos e/ou ações aptas a satisfazerem os propósitos humanos (BEINHOCKER, 2006: 299-303).

Assim, para satisfazer propósitos humanos, uma economia precisa de uma entrada de energia e materiais de qualidade, mas também tem uma saída inevitável de resíduos (parte dos materiais e da energia que não pode ser reaproveitada). Por isso, já no nível mais elementar a criação de riqueza é um processo irreversível.

IV.5. Coevolução socioambiental

A Economia Ecológica se preocupa com o longo prazo da reprodução material das sociedades e sua principal questão é: quais são os condicionantes ecológicos que não só restringem a atividade econômica, como colocam em risco a sobrevivência da Humanidade em futuro mais distante? Os materiais fundamentais transformados pelo sistema econômico existem no meio ambiente em quantidades limitadas, decrescendo com o uso, e a capacidade do ecossistema global de assimilar os resíduos e a poluição que o sistema econômico vem gerando é fixa e menor do que se supõe (MUELLER, 2007:463).

Por outro lado, a relação da sociedade com o meio ambiente e seus recursos é fortemente influenciada pela forma como atuam as instituições. A ‘condição econômica’ de uma sociedade não pode, portanto, ser compreendida com base numa disciplina que abstrai as relações sociais. A idéia de que os comportamentos humanos podem ser estudados de maneira específica quando se trata da vida material das sociedades constitui aquilo que Louis Dumont (1977) denomina de ‘ideologia econômica’.

Assim, para ser coerente com a verdadeira ruptura epistemológica que lhe é característica, a Economia Ecológica deve se distanciar dos fundamentos da Economia Neoclássica. Esta assume que uma ordem social ideal (equilíbrio) pode ser obtida pelas interações entre um conjunto de átomos sociais egoístas e racionais, que configuram o Homem Econômico (ZAMAGNI & SCREPANTI, 2005).

É por isso que as abordagens da Complexidade e Evolucionária são complementares à Economia Ecológica. Enquanto esta considera os fluxos de energia e matéria que entram e saem do processo produtivo, aquelas podem fornecer um entendimento das íntimas e complexas relações entre decisões econômicas, tecnologias, valores de uma cultura, hábitos e instituições. A compreensão do sistema econômico como algo que evolui com a mudança institucional e tecnológica, e com a aprendizagem e adaptação dos agentes, pode ajudar na compreensão sobre a lentidão dos seres humanos na resposta aos desafios ambientais.

Muitos economistas que se preocuparam com a evolução do sistema consideraram esse processo como independente do ambiente natural. E muitos economistas preocupados com a questão ambiental consideraram os sistemas econômicos independentemente da

evolução das instituições, tecnologias e preferências. Contudo, as interações entre sistemas econômicos com sistemas ambientais dão origem a padrões históricos de mudanças irreversíveis. Essa “co-evolução” (NORGAARD, 1994; GOWDY, 1994), pode tomar forma de respostas à escassez de recursos, à degradação ambiental e à regulação ambiental. O olhar co-evolutivo enfatiza que as inovações tecnológicas num sistema econômico podem ser estimuladas por diferentes características dos recursos naturais e dos ecossistemas no tempo e no espaço.

Quando se fala de “desenvolvimento sustentável” se está falando de projeções de longo prazo. As projeções baseadas nos modelos convencionais da Economia são geralmente a-históricos, deterministas e não consideram a diversidade de agentes, produtos, instituições e tecnologias. Consequentemente, tais modelos não dão conta da incerteza nem da “dependência da trajetória” inerentes aos sistemas (MULDER & BERGH, 2001; RAMMEL et al., 2007).

Exemplos de questões que unem a Economia Ecológica com a Economia Evolucionária, especialmente aquela que lida com a evolução das instituições são: Quais são os mecanismos de transmissão de padrões de comportamento referentes ao uso dos recursos naturais e dos ecossistemas? Como esses padrões podem ser modificados numa cultura de modo a ir ao encontro de processos sociais ambientalmente sustentáveis? (GOWDY, 2005).

A contribuição de Georgescu no que diz respeito aos aspectos biofísicos do processo econômico teve bastante influencia no surgimento da Economia Ecológica. Contudo, sua contribuição epistemológica para uma Economia Evolucionária não tem merecido suficiente atenção. Ao apontar os limites da metáfora mecânica e a necessidade de pensar o processo econômico de um ponto de vista fora-do-equilíbrio, inclusive se

valendo de metáforas biológicas, Georgescu antecipou a atual fronteira do conhecimento representada pelas abordagens da Complexidade e da Economia Evolucionária.

PARTE V – Energia e Desenvolvimento Sustentável

Será que realmente entendemos todas as implicações do fato de que podem surgir graves incompatibilidades entre o sistema econômico e o sistema ecológico (e também o social), que ameacem o processo econômico, sua reprodução social e, portanto, a garantia constante de bem-estar e sobrevivência humana? (KAPP, 1979: 91).

When you warn people about the dangers of climate change, they call you a saint. When you explain what needs to be done to stop it, they call you a communist (MONBIOT, *The Guardian* 04/12/2007).

V.1. Desenvolvimento e sustentabilidade

Para Jared Diamond (2005), há pelo menos uma dúzia de problemas ambientais sérios ao ponto que não podem ser descartados cenários de colapsos semelhantes ao da civilização Maia, ou da ilha de Páscoa. São eles: desmatamento e destruição do habitat, problemas com o solo (erosão, salinização e perda de fertilidade), problemas com o controle da água, sobrecaça, sobrepesca, efeitos da introdução de outras espécies sobre as espécies nativas e aumento *per capita* do impacto do crescimento demográfico. A sociedade industrial acrescentou mais quatro problemas: mudanças climáticas provocadas pelo homem, acúmulo de produtos químicos tóxicos no ambiente, carência de energia e utilização total da capacidade fotossintética do planeta.

A sobre-utilização dos recursos ambientais é uma armadilha a que nenhum agrupamento humano está imune. Tais recursos parecem inesgotáveis e têm suas reduções mascaradas por oscilações ao longo dos anos. Muitas sociedades do passado sumiram por não terem conseguido lidar com seus problemas ambientais intimamente relacionados à sua reprodução material e ao seu desenvolvimento.

Um exemplo de desastre ecológico do passado ocorreu na isolada ilha de Páscoa, cuja civilização que lá habitava foi bem sucedida por quase um milênio. O principal impacto ambiental de Páscoa, o desmatamento, foi agravado pela impossibilidade da emigração como válvula de escape, pela competição entre clãs e chefes que induziram à construção de estátuas cada vez maiores, requerendo mais madeira, cordas e alimentos, portanto, um uso mais intensivo do solo. Diamond arrisca uma analogia com os problemas ambientais atuais em escala planetária:

Se alguns insulares usando apenas pedras como ferramentas e seus próprios músculos como fonte de energia conseguiram destruir o seu ambiente e, assim, destruir a sua sociedade, o que farão bilhões de pessoas com instrumentos de metal e com a energia das máquinas? (DIAMOND, 2005: 152).

Certamente a história da ilha de Páscoa não é apenas mais uma de civilizações perdidas junto com seus conhecimentos esotéricos. É um exemplo claro de como as sociedades humanas dependem de seu ambiente (PONTING, 1991; DIAMOND, 1997). Mas será que o desenvolvimento das sociedades pode de alguma maneira ser ambientalmente sustentável? Algumas sociedades vêm operando de modo mais ou menos sustentável há milhares de anos. As ocupações da ilha de Tikopia (4,7 km²) e de Tonga (746km²) ainda são ambientalmente sustentáveis após 3 mil anos. Caso ainda mais impressionante são as pessoas vivendo de modo sustentável nas terras altas da Nova Guiné há 46 mil anos. A agricultura ali praticada há sete mil anos faz desta “uma das mais longas experiências de produção sustentável de alimentos” (DIAMOND, 2005: 341).

Ocorre que elas não fazem parte do clube restrito de nações ditas “desenvolvidas” e nem da periferia “em desenvolvimento”, ou seja, não são parte da chamada civilização industrial. Por outro lado, não há qualquer evidência que permita afirmar que os estilos de crescimento econômico acelerado dos últimos dois séculos sejam ambientalmente sustentáveis (VEIGA, 2006).

Se as sociedades que interagem há milênios com seus ambientes de maneira sustentável não são consideradas “desenvolvidas” e nem “em desenvolvimento”, será que há na novíssima expressão “desenvolvimento sustentável” algo além da mera inovação retórica? Tudo indica que existe sólida base material que justifique a adjetivação da expressão “desenvolvimento”. No final do século passado, o qualificativo “sustentável” se tornou um novo valor, tão importante e popular quanto a justiça social (VEIGA, 2006). O surgimento desse valor foi determinado por dúvidas sobre continuidade do processo de expansão das liberdades humanas, processo este que é a própria definição de desenvolvimento como formulou o Prêmio Nobel Amartya Sen.

O desenvolvimento é um processo de ampliação das liberdades humanas, ou seja, de expansão das escolhas que as pessoas têm para ter vidas plenas e criativas. O crescimento econômico é um simples meio nesse processo. Os benefícios do crescimento devem servir à ampliação de no mínimo quatro capacidades humanas mais elementares, quais sejam, ter vida longa e saudável, ser instruído, ter acesso aos recursos necessários a um nível de vida digno e ser capaz de participar na vida da comunidade (SEN, 1999).

Historicamente, contudo, a idéia de desenvolvimento, tem sido dissociada das estruturas sociais, ignorando as aspirações dos grupos constitutivos da sociedade. Por isso, tem tido um caráter economicista. A idéia de desenvolvimento que predominou na segunda

metade do século XX vê o processo como performance econômica no cenário internacional (FURTADO, 1978).

O desenvolvimento, entretanto, não pode ser visto apenas com os óculos da Economia. Trata-se de um processo em que o homem satisfaz suas necessidades e ainda renova suas aspirações, portanto seu estudo tem como tema central a criatividade cultural e a morfogênese social (FURTADO, 2000). A invenção cultural, todavia, tem dois eixos básicos: a busca na eficácia da ação e a busca de propósito para a própria vida.

Na civilização industrial a invenção cultural girou em torno da eficácia da ação, fenômeno conhecido como progresso técnico. É por isso que as teorias do desenvolvimento de nossa época tenderam a se confundir com a explicação do sistema produtivo que emergiu na civilização industrial. Todavia, a invenção cultural que gira em torno da busca de propósito para a própria vida também encontra respaldo na história. Tal tipo de invenção, ligada aos desígnios últimos, nos dá os valores, que podem ser morais, religiosos, estéticos, etc. (FURTADO, 2000).

É justamente por fugir do economicismo que Sen (1999) procura mostrar que, antes de qualquer coisa, o desenvolvimento requer a remoção das principais fontes de privação de liberdade: a pobreza e tirania, a carência de oportunidades econômicas e destituição social sistemática, a negligência dos serviços públicos e a intolerância ou interferência de Estados repressivos.

Por sua vez, a palavra “sustentabilidade” era utilizada inicialmente por biólogos de populações e engenheiros florestais para o estudo da reprodução do reino vegetal e animal *vis-à-vis* à exploração desses ‘recursos’ pelo homem, e só na década de 1970 foi transposta para as atividades econômicas em geral. A questão era de saber se um

processo poderia ser comprometido pela destruição de seus próprios alicerces naturais (VEIGA, 2005).

Mas a legitimação da expressão “desenvolvimento sustentável” na década de 1980, acabou negando a incompatibilidade inerente entre o crescimento econômico contínuo e a conservação da natureza (NOBRE & AMAZONAS, 2002). A definição de “desenvolvimento sustentável” é essencialmente política, e vem ganhando força desde a divulgação do relatório da Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMD) da ONU, em 1987, que ficou conhecido como Relatório Brundtland. A definição é *“o desenvolvimento que garante atender as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas necessidades”* (CMMD, 1987:43).

Todavia, enxergar o desenvolvimento apenas como um processo de satisfação de necessidades restringe muito a dimensão do problema. A questão do desenvolvimento sustentável está relacionada com a possibilidade de que as gerações que estão por vir continuem o processo de expansão das liberdades (SEN, 2004). De um lado, a base material que possibilita o desenvolvimento não pode ser depredada de maneira míope. Por outro lado, a liberdade das gerações futuras usufruírem um ar limpo ou uma bela paisagem pode não ter nenhuma relação com necessidades ou mesmo com o padrão de vida das sociedades.

Se o processo de expansão das liberdades humanas exige expansão da produção econômica, a expressão “desenvolvimento sustentável” é inerentemente contraditória uma vez que a própria criação de valor econômico em nossa civilização provoca processos irreversíveis de degradação do mundo físico.

As tentativas de negar essa contradição entre o crescimento econômico contínuo e a conservação da natureza fazem com que muitas reivindicações atuais sejam quase esquizofrênicas. Ao mesmo tempo em que se pede mais e mais crescimento, se pede também para “salvar o planeta”.

O crescimento é visto como um fim em si mesmo, e reivindicado sem sequer ser qualificado, e sem que se perceba que sua medida oficial, o PIB, não é um bom indicador nem da própria Riqueza. A verificação que houve crescimento econômico por meio do PIB não esclarece *o que cresceu, como se cresceu e para quem foram os frutos do crescimento*. Além disso, o mesmo indicador PIB não pode ser uma boa medida da Riqueza, pois esta está relacionada a estoques, enquanto o PIB mede fluxos monetários. Isso significa que pode haver crescimento com diminuição da Riqueza, se este crescimento ocorre, por exemplo, à custa da depredação de florestas inteiras ou dos depósitos de petróleo que demoraram milhões de anos para se formarem (GADREY & JANY-CATRICE, 2005; VIVERET, 2005).

Por isso que uma das mudanças institucionais mais importantes e mais urgentes é o abandono do PIB como indicador de bem estar e progresso das sociedades. O PIB acaba se tornando fonte de informações equivocadas, e por isso leva agentes econômicos a tomarem decisões erradas na perspectiva do bem estar social. Não há maior falha informacional no mundo que aquela causada pelo indicador PIB. “O crescimento do PIB não deveria ser considerado como indicador de progresso, mas como um reflexo dos custos crescentes da mudança econômica (seja progresso ou declínio)” ³⁴ (BERGH, 2007: 3).

³⁴ Tradução do autor desta dissertação.

Do outro lado, a expressão “salvar o planeta³⁵”, bastante usada atualmente, revela uma visão equivocada do problema. Isso porque o planeta continuará a existir por muito tempo após a extinção da espécie humana. Não é a Terra que está correndo perigo pelos atuais problemas ambientais, como o aquecimento global, a erosão da biodiversidade, ou a escassez e degradação dos recursos hídricos. O que está em jogo é a possibilidade de a espécie humana evitar a aceleração de sua própria extinção pela depredação dos ecossistemas vitais para ela.

A escala da crise ambiental foi esclarecida por Stephen Jay Gould (1990), que chamou a atenção para a impotência de o homem destruir o planeta. Combate dois argumentos normalmente promovidos como base de uma ética ambiental:

- 1) que vivemos num planeta frágil agora sujeito a permanentes desequilíbrios e desvios por causa das intervenções humanas;
- 2) que os humanos precisam aprender a agir como “diretores” nesse mundo ameaçado.

Os seres humanos são virtualmente impotentes em relação à Terra na sua própria escala geológica. Mesmo o mais radical dos cenários de aquecimento global seria mais frio que muitas épocas de um passado pré-humano. É possível que a espécie humana se destrua sim, e que leve muitas outras espécies com ela, mas não acabar com a vida na Terra. A escala de tempo da evolução e geologia do planeta Terra é da ordem de dezenas de milhões de anos. Todavia, não é pela impotência do homem frente ao planeta que não existe um problema para a espécie humana e suas culturas.

Não se sustenta a idéia de que os humanos devem agir como diretores do planeta, cuidando de todas as formas de vida. Um princípio ético ambiental não deve deixar de

³⁵ Por exemplo, o livro “1001 maneiras de salvar o planeta” Publifolha, 2007.

ser auto-interessado. A potência de todo o arsenal nuclear junto não chega à fração de um milésimo da potência do asteróide que provavelmente causou a extinção dos dinossauros. Assim, o planeta sobreviveria a um holocausto nuclear, mas a cultura humana pereceria junto com a espécie. A Terra prosperaria se as calotas polares derretessem devido ao aquecimento, mas boa parte das grandes cidades construídas ao nível do mar inundaria, e a mudança nos padrões da agricultura forçaria drásticas migrações das populações (GOULD, 1990).

Por isso, no fundo do debate sobre o desenvolvimento sustentável está o debate sobre os recursos que o processo econômico utiliza, e o despejo inevitável de resíduos nos ecossistemas. Desenvolvimento requer energia. E é ela que conecta os desafios da sustentabilidade ambiental com as dimensões social e econômica do desenvolvimento. No século XX, ficou evidente que a base de recursos na qual se baseou o crescimento econômico moderno tem uma série de problemas. Os recursos fósseis são desigualmente distribuídos pelo globo, o que gera potenciais conflitos geopolíticos. São recursos finitos, cuja exploração chegará a um pico em que o ritmo de exploração excederá a descoberta de depósitos acessíveis. Além disso, há o problema ambiental mais discutido atualmente, o do aquecimento global, que parece ser resultado da acumulação de gases de efeito estufa na atmosfera provocada pela emissão crescente de CO₂ durante o século XX.

O uso comum da expressão “aquecimento global” refere-se à elevação da temperatura média da superfície da Terra de pouco menos de um grau Celsius no último século. O 4º e último relatório de 2007 do Painel Intergovernamental sobre a Mudança Climática (IPCC), que representa o consenso da maior parte da comunidade científica internacional estudiosa das mudanças climáticas, sustenta que aumento global de

temperatura registrado no século XX tem como origem as atividades humanas, também chamadas de antrópicas (OLIVEIRA, 2008).

Não é possível, portanto, falar de desenvolvimento sustentável sem falar da base energética na qual se baseou o desenvolvimento a partir da Revolução Industrial. Por isso, a questão fundamental é saber se os humanos podem coletivamente perceber a magnitude do problema atual e encaminhar as soluções necessárias.

V.2. Futuro energético e o aquecimento global

Muitos dos confortos valorizados pela civilização industrial e que são acessíveis a quase todas as pessoas dos países ricos, conferem uma qualidade de vida com a qual nenhuma geração prévia jamais sonhou. Por exemplo: muito tempo para lazer, viagens de longa distância em curto intervalo de tempo, nutrição adequada, cuidados com a saúde, educação de todas as crianças, ambientes quentes e seguros, etc. Tais possibilidades foram viabilizadas pelos combustíveis fósseis, uma vez que a restrição de se viver com a energia ambiente foi substituída pelo uso da energia solar estocada na forma de carbono pelos 350 milhões de anos precedentes. Uma das dádivas dos combustíveis fósseis é o grau de liberdade proporcionado por eles. As liberdades possíveis, confortos e prosperidades atuais são em grande parte produtos do carbono fossilizado, cuja combustão libera gás carbônico, responsável pelo aquecimento global do século XX.

O relatório "Iluminando o caminho: em direção a um futuro de energia sustentável", lançado no final de 2007 pelo Inter Academy Council, que articula as mais importantes academias de ciência e de engenharia do mundo, com sede na Holanda, enfatiza a

necessidade de acelerar as pesquisas científicas e tecnológicas focadas nas possibilidades de descarbonização das matrizes energéticas.

Fazer a transição para um futuro energético sustentável é, segundo o relatório, um dos desafios centrais da humanidade nesse século. A idéia de sustentabilidade energética engloba não apenas o imperativo de assegurar que os serviços básicos energéticos sejam estendidos para mais de dois bilhões de pessoas que não têm acesso às modernas formas de energia. Evitar que o aumento da temperatura (até o final do século XXI) do planeta seja de mais de 2°C (em relação à temperatura pré-industrial), preservar a integridade de ecossistemas essenciais, e reduzir os riscos de conflitos geopolíticos também estão embutidos na idéia de sustentabilidade energética.

A meta de 2°C acima da temperatura média antes da Revolução Industrial se justifica como sendo o patamar a partir do qual a mudança de clima se torna perigosa pelas conseqüências negativas para os ecossistemas, a biodiversidade e o suprimento de água e alimentação. Além disso, aumentos de temperatura acima dessa “meta” podem causar retroalimentações positivas³⁶.

Quando a temperatura cresce, o gelo próximo dos pólos funde, e terra ou oceano tomam seu lugar. Ambos têm muito menor capacidade de refletir a luz (albedo) que o gelo, e, portanto absorvem mais radiação solar. Isso causa mais aquecimento, que por sua vez aumenta o degelo, alimentando o processo (OLIVEIRA, 2008:16).

Conseguir essa equivalência significa estabilizar concentração de gases de efeito estufa na atmosfera em 440 ppm (partes por milhão) de CO₂. A concentração atual de CO₂ é

³⁶ Mecanismos de retroalimentação positiva ocorrem quando o resultado de um processo inicial desencadeia um segundo processo que influencia o inicial, no caso, amplificando-o.

de 380 ppm, mas quando são somados outros gases de efeito estufa, o número vai para 440 ppm. Se tudo permanecesse como está, a concentração de gases de efeito estufa em 2030 deveria ser a mesma de hoje. Contudo, estima-se que em 2030 a capacidade de biosfera absorver carbono vai ter sido reduzida dos atuais 4 bilhões de toneladas/ano para 2,7 bilhões de toneladas/ano. Assim, o nível das emissões mundiais deverá estar em torno de 2,7 bilhões de toneladas/ano em 2030, para que não ocorra um aumento médio de temperatura acima de 2°C (MONBIOT, 2007).

Pegando apenas duas dimensões do desafio da transição energética - a segurança energética e a mudança climática - as previsões mais recentes da IEA (Agência Internacional de Energia) sugerem que se as coisas continuarem como estão (cenário de referência), o aumento no consumo mundial de energia entre 2005 e 2030 será de 50%. Os combustíveis fósseis serão responsáveis por 84% desse aumento, e as emissões de dióxido de carbono (CO₂) aumentarão em 57% até 2030.

O rápido crescimento econômico da China e da Índia tem transformado o sistema energético mundial. A crescente demanda global por energia ameaça não só a segurança energética global, mas a possibilidade de diminuir substancialmente as emissões de CO₂. Em 2007, a China passou os EUA em termos de emissões e passou a ser o maior emissor do mundo. Contudo, em 2030, as emissões *per capita* da China serão apenas 40% das dos EUA (no cenário de referência). Por isso, a China será um ator-chave nas questões de sustentabilidade ambiental, nas próximas décadas (IEA, 2007).

Todavia, para que a temperatura do planeta não aumente mais do que 2°C acima do nível pré-industrial até o final do século, seria necessário reduzir, até 2050, as emissões globais de CO₂ para 15% do nível de emissões do ano base 2000. Isso pode ser visto no

4º relatório de 2007 do Painel Intergovernamental sobre a Mudança Climática (IPCC)³⁷, em que há uma tabela que relaciona diferentes temperaturas com os cortes exigidos nas emissões. Quando se olha tanto para as tendências de aumento na demanda global por energia, e a participação dos combustíveis fósseis nessa demanda, quanto para a necessidade de cortes drásticos nas emissões ficam mais claros os reais dilemas relacionados ao aquecimento global.

Atualmente se emite mais ou menos sete bilhões de toneladas de carbono por ano. Isso implica uma necessidade de redução global de 60% nas emissões até 2030. Nos países ricos tal redução seria da ordem de 90%. Esse número fica mais claro ao se pensar em termos de emissões *per capita*. Se a produção de dióxido de carbono do ano 2000 for dividida pela população mundial do mesmo ano, chega-se a cota de 3,58 toneladas de CO₂ *per capita*. Se o corte exigido nas emissões for levado a sério, a produção global *per capita* de CO₂ deve ser reduzida para 0.537t até 2050. Os EUA produzem atualmente 23.6t *per capita* de CO₂. Se a população mundial se mantivesse constante, os EUA teriam que reduzir suas emissões em 97.7% para alcançarem essa cota *per capita* mundial (MONBIOT, 2007).

Será que a civilização industrial, com todas as suas liberdades, habita uma espécie de breve interlúdio histórico entre a restrição ecológica e a catástrofe ambiental? Isso dependerá da capacidade da humanidade descarbonizar a sua economia o quanto antes. Considerando o imperativo de restringir as emissões de gases de efeito estufa, resta saber se as economias do mundo poderão continuar crescendo. Será que as tecnologias para a descarbonização das matrizes energéticas já estão disponíveis, de modo que os países não precisem parar de crescer?

³⁷ http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_spm.pdf

O debate internacional é dividido pelas respostas a tal pergunta. Os que dizem que já estão prontas as tecnologias costumam fazer a observação de que só falta decisão política. Aqueles que enfatizam a necessidade urgente de intensa cooperação internacional nas pesquisas que poderão fazer emergir ao longo do século as imprescindíveis inovações na tecnologia de conversão energética preferem o pessimismo da razão ao otimismo da vontade (VEIGA, 2008b).

Nesse começo do século XXI, o debate sobre a transição energética parece estar bem mais sóbrio do que o de algumas décadas atrás, seja pela cautela e certa dose de realismo com que as energias renováveis são vistas, seja pelo reconhecimento da esgotabilidade do petróleo e da importância que tem essa transição.

Ainda no final do século passado, em 1998, a OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) promoveu, juntamente com a IEA (Agência Internacional de Energia), o “Fórum para o Futuro”, uma conferência cujo objetivo era discutir os desafios crescentemente complexos do setor energético. Reconheceram que tais desafios são de ordem econômica, geopolítica, tecnológica e ambiental, todos eles interligados. O evento gerou uma publicação intitulada “*Energy: The Next Fifty Years*” (1999) que procura traçar estratégias a partir de uma perspectiva multidisciplinar.

O intervalo durante o qual a política energética atual poderá ser sustentada sem grandes problemas é reduzido na medida em que o nível de consumo global de energia aumenta. Ainda mais porque os combustíveis fósseis ainda terão um papel importante nas próximas décadas. Foi esse o prognóstico de Imboden & Jaeger (1999), autores de um dos capítulos do livro da OCDE antes mencionado. Este também foi um dos recados da do relatório *World Energy Outlook* de 2007, que conclui dizendo que a escassez crucial que enfrenta o planeta não é de dinheiro e nem de recursos naturais, e sim de tempo.

Investimentos realizados agora na infra-estrutura de oferta de energia vão condicionar a tecnologia por décadas.

A posição otimista, sem deixar de ser sóbria, sobre a possibilidade de descarbonizar a economia mundial tem George Monbiot (2007) e Lester Brown (2008) como porta vozes recentes. Ambos reconhecem a necessidade de mudanças na infra-estrutura de modo que a demanda por energia seja reduzida. Não acreditam, portanto, que as fontes de energia renovável sejam capazes *por si só* de suprir a demanda mundial de energia no nível atual. Monbiot mostra como os países ricos podem cortar 90% de suas emissões de gases de efeito estufa até 2030 da maneira “menos dolorosa” e compatível com a civilização industrial. Isto significa uma tentativa de reconciliar a demanda por conforto e prosperidade com as restrições requeridas. Usa o exemplo do Reino Unido para mostrar que com importantes reestruturações no sistema de transportes, na construção civil e no aquecimento das casas é possível descarbonizar uma economia moderna sem que ela deixe de ser moderna.

Lester Brown mostra como uma reestruturação energética possibilitaria que em 2020 as emissões de carbono fossem 80% inferiores às de 2006, impedindo que a concentração de CO₂ na atmosfera chegasse a um nível muito acima daquele que representa um risco de trágico de aumento da temperatura média global. A adoção de importantes inovações na construção civil e nos sistemas de transporte aliadas às restrições aos fósseis, incentivos aos renováveis, plantação de florestas e manejo racional de solos evitaria o acréscimo de 30% da demanda de energia prevista para o período 2006-2020. Na construção civil as inovações diminuiriam as necessidades de eletricidade e de vários combustíveis usados para regular a temperatura interna dos edifícios, e nos sistemas de transporte, se destaca a introdução de veículos que combinam eletricidade com combustíveis líquidos.

A energia mais barata, e a que menos polui, é aquela que deixa de ser usada graças à adoção de um perfil mais sóbrio de demanda energética e à maior eficiência no seu uso final. A questão da substituição das energias fósseis por qualquer tipo de energia renovável só vem depois. A busca de um perfil energético mais sóbrio depende, entre outras coisas, de mudanças nos estilos de vida, nos padrões de consumo e na organização do espaço e do aparelho produtivo, da reestruturação dos espaços urbanos, durabilidade dos produtos e melhor manutenção das infra-estruturas (SACHS, 2007). Assim, o “otimismo” não é tanto sobre a viabilidade das tecnologias de energia alternativas, mas principalmente sobre a possibilidade de reestruturar os modos de vida das nações industriais avançadas.

Há quem duvide seriamente da possibilidade de uso global em larga escala da energia proveniente das fontes eólica e hídrica, da radiação solar direta e mesmo da biomassa. É o caso de Rogério César Cerqueira Leite, que em artigo da Folha de São Paulo (21/08/2005), “*O fim da era da maldição do petróleo*”, ironiza dizendo que deveríamos “tirar as velhas bicicletas do sótão” e nos preparar para uma sociedade que mudaria radicalmente sua organização devido à escassez energética. Sua ênfase não está no aquecimento global, mas sim no reconhecimento que o fim da era do petróleo está próximo e no ceticismo quanto à possibilidade de descarbonizar a economia em nível global.

Sem uma mitigação a tempo, os custos sociais, econômicos e políticos do pico do petróleo serão sem precedentes. Essa é a conclusão do relatório “*Peaking of world oil production: impacts, mitigation and risk management*”, lançado em 2005 pelo Departamento de Energia dos EUA (HIRSH. et al, 2005). É possível reduzir a demanda por petróleo e começar a desenvolver alternativas, mas o processo de substituição

demoraria de dez a vinte anos. Por isso, esperar o pico de produção antes de agir significaria um déficit de combustível líquido no mundo por duas décadas. Assim, as medidas necessárias de cortes no uso de combustíveis fósseis, como política de mitigação do aquecimento global, também significam postergar o pico do petróleo e reduzir os impactos econômicos quando isso acontecer.

Em termos de políticas de mitigação do aquecimento global, ainda se está muito longe do necessário se corretas as avaliações do IPCC. O único acordo internacional surgido até agora para lidar com as mudanças climáticas, o Protocolo de Kyoto, tem estado distante do que diz a ciência. Não há nenhuma meta global para a concentração de CO₂ na atmosfera, portanto para a quantidade de emissões permitidas. Tal protocolo dizia aos signatários apenas para cortarem suas emissões num total de 5,2% até 2012. E nem isso foi cumprido.

Existe, portanto, uma incoerência entre a magnitude do problema do aquecimento global e o fracasso dos acordos firmados na década de 1990 como tentativas de encaminhar soluções.

Nada pode ser mais incoerente do que levar a sério as conclusões do IPCC, e, simultaneamente, supor que o problema possa ser enfrentado mediante acordos internacionais do gênero do Protocolo de Kyoto. Se o IPCC estiver mesmo com a verdade, todos os países do mundo, a começar pelos mais ricos e poderosos, deveriam enfrentar o problema como se estivessem diante de uma grande guerra, em vez de barganharem ridículas metas de contenção de emissões (VEIGA & VALE, 2008: 78).

Seriam necessárias mudanças agressivas na política para acelerar o desenvolvimento de tecnologias que possibilitem evitar emissões de gases de efeito estufa e garantir a segurança energética das nações.

Os sistemas de Ciência, Tecnologia & Inovação (CT&I) deveriam ser drasticamente reorientados para o objetivo prioritário de encontrar maneiras de superar a dependência das energias fósseis, já que essa pesquisa energética (atualmente concentrada na energia nuclear) está sendo feita com orçamentos que mal chegam a 5% dos orçamentos da pesquisa militar (VEIGA & VALE, 2008: 78).

Um dos principais impedimentos para que se tomem atitudes condizentes com a verdadeira revolução na matriz energética exigida pelo dilema ambiental atual é a fé incondicional em tecnologias cuja viabilidade não foi sequer comprovada. É o otimismo tecnológico que supõe que a tecnologia depende apenas da engenhosidade humana e de preços relativos. Além disso, considera que a tecnologia é capaz de promover qualquer substituição necessária. Assim, não percebe os limitantes biofísicos das tecnologias e nem a singularidade dos serviços prestados pela natureza: essenciais para a sobrevivência humana, logo, insubstituíveis, contudo, sem preço de mercado. Não se trata do otimismo da vontade de Monbiot (2007) e Brown (2008), mas sim do otimismo panglossiano típico dos economistas, cuja preocupação ambiental se limita aos efeitos que um problema ambiental possa ter no crescimento econômico.

V.3. Uma questão de valores

Ao escrever sobre as consequências econômicas do aquecimento global, Thomas Schelling, economista prêmio Nobel em 2005, afirmou que como a agricultura representa menos que 3% do PIB dos EUA, poder-se-ia continuar bem sem ela e ainda ter 97 % do PIB. A defesa do crescimento econômico chega ao ponto de menosprezar a importância e singularidade da agricultura ao considerá-la apenas como pequena parcela do PIB.

A agricultura é praticamente o único setor da economia afetado pelo clima, e contribui somente com 3% do produto nacional dos EUA. Se a produtividade agrícola fosse drasticamente reduzida pela mudança climática, o custo de vida aumentaria em 1 ou 2%, e numa época em que a renda per capita terá provavelmente dobrado ³⁸ (SCHELLING, 1997: 9).

Há um raciocínio de substituição aqui, ainda que não do mesmo tipo que a substitutabilidade de fatores considerada por Solow. O raciocínio de substituição nesse caso está relacionado às atividades que compõe o PIB. Assim, uma dimensão do erro inerente a esse tipo de exercício é tratar todas as partes do PIB como substitutas (DALY, 2000; FOSTER, 2002). A idéia é que se o PIB diminui 3% devido a um colapso na agricultura, não seria nenhum problema se ele aumentar simultaneamente 3% devido a um crescimento nas tecnologias de informação. Não há qualquer distinção entre os tipos de bens e serviços que geram “utilidade” para o consumidor. É verdade que a agricultura é responsável por apenas 3% do PIB americano, mas são exatamente esses 3% que possibilitam os outros 97%. É por isso que a agricultura é considerada produção primária.

³⁸ Tradução do autor desta dissertação.

O mesmo argumento é usado com respeito à energia. Como a indústria do petróleo representa apenas 1% do produto econômico global, ou como a energia representa apenas 5% dos custos de produção, ou como o custo energético como percentagem do PIB está declinando, tal recurso não seria tão importante. É o mesmo que dizer que como o coração humano representa apenas 5% do peso do corpo, pode-se viver sem ele. A redução a valores monetários faz com que se esqueça que a energia é um dos fatores mais críticos na história dos humanos no planeta Terra (GOWDY, 2006).

Argumentos como o de Schelling (1997) revelam não só um desconhecimento da singularidade da produção primária, mas também uma ideologia do crescimento como um fim em si mesmo. Isso fica claro nos modelos utilizados para avaliar o aspecto econômico das mudanças climáticas. O mais utilizado por formuladores de políticas, e o mais influente na justificação dos atrasos nas reduções de emissões de gases de efeito estufa tem sido o de William Nordhaus (1992; 2001). O foco do modelo está em descobrir o resultado mais eficiente de quanto se deve emitir. O resultado economicamente eficiente ocorre quando os custos de uma redução adicional de emissões são iguais aos benefícios adicionais de um clima um pouco menos quente.

A utilização dos recursos escassos da sociedade para tentar mitigar a mudança climática só é justificada se isso resultar num aumento líquido do produto econômico. A justificação teórica é que aí há possibilidade de melhorar a situação de alguns indivíduos sem piorar a situação de outros. Assim, nesse tipo de abordagem, as únicas consequências da mudança climática que contam são aquelas que afetam o PIB. Como o modelo de Nordhaus se baseia em cenários em que não há surpresa, só há mudanças previsíveis, os efeitos calculados tendem a ser modestos. Se se considera que a agricultura é praticamente o único setor que será afetado pelas mudanças climáticas, e

ela representa apenas 3% PIB, conclui-se que o impacto econômico do aquecimento global será pequeno.

Implícito no raciocínio de Schelling e Nordhaus está a consideração de que os serviços (que não têm valor monetário) prestados pela natureza à agricultura, com o atual clima, poderiam ser “substituídos” sem prejudicar a economia. Isso revela um profundo desconhecimento da singularidade da produção agropecuária, que possivelmente tem origem na crença de que a industrialização pode penetrar a produção agropecuária propriamente dita.

Por menor que seja o peso econômico relativo da agropecuária na esfera da produção alimentar, sua singularidade será mantida até o dia em que o homem consiga encontrar uma fonte de energia necessária à vida que dispense o consumo das plantas e dos animais (VEIGA, 2007:189).

Tais serviços da natureza incluem as funções de regulação de clima, manutenção de ciclos biogeoquímicos fundamentais para vida, e a resiliência³⁹ dos ecossistemas frente aos impactos humanos. Apesar de fundamentais, são serviços gratuitos, muito difíceis de terem direitos de propriedade e preços a eles atribuídos, e não podem ser substituídos se os fundos forem destruídos (AYRES, 1993). Contudo, a maior parte dos serviços da natureza é deixada de lado pela recente e profícua iniciativa do Banco Mundial de medir se o desenvolvimento dos países tem sido sustentável (MUELLER, 2008).

³⁹ Chama-se “resiliência” o potencial que tem uma configuração particular de um sistema de manter sua estrutura e função em caso de distúrbios, e a habilidade do sistema se reorganizar quando da mudança causada por distúrbios. Ver C.S. Holling & Brian Walker. “Resilience Defined”. ISEE, Internet Encyclopedia of Ecological Economics. August 2003. Disponível em <http://www.ecoeco.org/pdf/resilience.pdf>

Fugindo da associação grosseira entre o crescimento econômico medido pelo PIB e a riqueza das nações, o Banco Mundial lançou uma estimativa da riqueza total de um conjunto de países. O desenvolvimento sustentável seria aquele em que a riqueza total de uma sociedade se conserva ou aumenta (WORLD BANK, 2005). Esta também é a “abordagem dosada” de Partha Dasgupta (2005).

Como as mudanças na riqueza de uma sociedade são análogas à poupança realizada no período, o Banco Mundial estimou a “poupança genuína”, amplamente definida de modo a incluir as variações não apenas no capital manufaturado, mas também no capital humano e no natural. As mudanças no capital natural são obtidas pela soma dos valores da depleção dos combustíveis fósseis, e dos minérios, do desmatamento e dos estragos das emissões de CO₂. A poupança genuína de um país é a soma das variações dos diferentes tipos de capital. Estar numa trajetória sustentável significa que uma economia investe em ativos reprodutíveis as rendas obtidas dos recursos naturais “sacrificados”. É claro, a idéia de substitutabilidade é essencial para a metodologia da poupança genuína.

O capital natural considerado inclui matérias-primas e alguns ativos naturais para os quais podem ser estimados preços. Contudo, a maior parte dos serviços da natureza é deixada de lado. A abordagem de Georgescu para o processo produtivo pode iluminar esse debate e permite uma avaliação crítica dessa metodologia (MUELLER, 2007; 2008). O capital natural não é apenas uma fonte de fluxos de recursos (energia solar, os minerais e os combustíveis fósseis, e os nutrientes do solo) prontos para serem transformados pelo processo produtivo. A natureza, ou capital natural, também é um fundo de serviços, no sentido utilizado por Georgescu (GOWDY & O’HARA, 1997; MUELLER, 2007; 2008).

Os serviços prestados pela natureza não são integrados fisicamente aos produtos, mas são importantes não apenas para a produção e para o consumo, mas para a própria

manutenção da vida. São, portanto, insubstituíveis, além de não serem passíveis à precificação. E é essa a essência de uma “sustentabilidade forte”. Apesar da visão mais compreensiva de David Pearce (1993) em relação ao caráter complementar da natureza *vis-à-vis* os equipamentos construídos pelo homem, sua abordagem da “sustentabilidade forte” confia no estabelecimento de preços de mercado para “o capital natural”. Todavia, existem problemas incontornáveis na mensuração dos diversos atributos e funções do mundo biofísico em termos de um valor monetário. Tendo isso em vista, percebe-se que avaliações de sustentabilidade ambiental devem estar baseadas muito mais nos limites e impactos biofísicos do que em indicadores monetários.

O raciocínio sobre sustentabilidade em termos monetários leva à suposição que a transição energética que tornará a humanidade independente dos combustíveis fósseis acontecerá sem grandes rupturas. À medida que os preços dos combustíveis fósseis forem ficando naturalmente mais caros devido a sua escassez, as tecnologias “alternativas” de energia se tornam viáveis. Não se percebe, portanto, as diferenças de qualidade entre os fósseis e as fontes renováveis. Trata-se de uma transição para fontes de fluxo limitado.

Quanto às mudanças climáticas, as análises monetárias de “custo-benefício” podem levar à conclusão de que os custos do “declínio econômico” que as medidas regulatórias causariam superariam qualquer perda imposta pela mudança climática. O otimismo aqui é em relação às perdas causadas pelo aquecimento global, pois só se leva em conta as perdas monetárias. Quem compartilha desse otimismo é contra as restrições quantitativas para as emissões. Argumenta-se que se o preço do carbono estiver “certo”, o mercado decidirá o nível “ótimo” de emissões. Contudo, mesmo levando em conta alguns custos sociais e ambientais no preço do carbono, é impossível dar um valor monetário para muitas das potenciais perdas causadas pelas mudanças climáticas.

Um importante porta-voz desse tipo de otimismo é Bjorn Lomborg (2002), ex-militante do *Greenpeace* que agora se considera um “ambientalista cético”. Lomborg assumiu a importante missão de trazer estatísticas sobre cada uma das questões ambientais, para relativizar certas “ladainhas” já estabelecidas. Contudo, suas conclusões são baseadas em visões que supõem a substitutabilidade entre a natureza e o capital construído como a de Solow, e em análises custo-benefício como aquelas realizadas por Nordhaus sobre os efeitos do aquecimento global.

Seu argumento é de que quem é a favor de intervenções e restrições quantitativas às emissões na verdade estaria superestimando dramaticamente os danos do aquecimento global à economia, e subestimando o custo de se fazer alguma coisa contra o aquecimento. “A maioria dos estudos econômicos mostra que os danos do clima serão de aproximadamente 3% do PIB mundial no final do século” (LOMBORG, 2008).

Os cálculos de custo-benefício nos quais se baseiam seus argumentos enfrentam todos os problemas do economicismo, tão caro ao tratamento de questões complexas que envolvem juízos de valores sobre o futuro. Essa é a principal razão da dificuldade de se pensar proposições relacionadas à sustentabilidade: *a incomensurabilidade de valores*. Nem tudo o que importa pode ser medido em termos de uma unidade de valor apenas (FUNTOWICZ & RAVETZ, 1994; 2003; GOWDY & ERICKSON, 2005; MARTINEZ-ALIER, 2007).

É possível colocar um preço na vida humana, num ecossistema, ou no clima? Decisões que envolvam o futuro da humanidade são em primeiro lugar decisões morais. Certos julgamentos dependem dos valores da sociedade, de como diferentes alternativas são comparadas, e das preferências sobre tais alternativas. A Economia como uma ciência

que estuda a sociedade parte de certos valores, que infelizmente são raramente explicitados. Lomborg (2002) esqueceu de se questionar se a análise custo-benefício convencional é suficiente para avaliar as possibilidades de políticas. O dano aos ecossistemas e a perda de vidas humanas não entra no cálculo justamente por não ter preço.

O sistema de valores dos economistas tem como elementos fundamentais a fé que a tecnologia será capaz de substituir insumos e serviços da natureza por insumos e capital construídos, e a idéia de soberania do consumidor aliada a redução de todo o valor a uma unidade monetária comensurável. Soberania do consumidor significa que os indivíduos são os melhores juízes de seu próprio bem-estar – o que eles querem é o que é bom para eles. Claro, pressupõe-se que os indivíduos têm conhecimento perfeito do mundo, e que suas preferências são reveladas no ato da compra, não importando, portanto, como são formadas culturalmente. As pessoas escolhem o que elas querem, e o que elas querem é revelado pelas escolhas que elas fazem (GOWDY & ERICKSON, 2005).

O que é levado em conta é o valor de mercado das escolhas, e assim se supõe que haja substitutabilidade entre todos os bens e serviços que provêm utilidade para o consumidor. Tudo estará bem e ocorrendo de maneira “sustentável” se os indivíduos do futuro consumirem a mesma, ou maior, quantidade de bens e serviços que a geração atual, mesmo se tiverem que respirar um ar poluído, que suportar temperaturas mais elevadas, que tenham uma variedade menor de alimentos.

Tendo em vista a relação de complementaridade entre o capital natural e o capital manufaturado, surge um dilema sobre a obrigatoriedade moral de se deixar capital natural em quantidade e qualidade suficiente para as próximas gerações. Não deixa de

ser um dilema a partir do qual as sociedades fazem escolhas. Deve-se produzir e consumir menos agora para que as próximas gerações tenham acesso a esse capital natural? Essa pode ser considerada uma questão de escolha intertemporal em que não se sabe quem serão os beneficiários ou prejudicados do futuro, sequer se sabe se eles existirão.

A escolha intertemporal é uma troca voluntária que um indivíduo faz consigo mesmo. É a escolha entre usufruir de algum valor agora e pagar depois, ou postergar no tempo o desfrute de algum valor e colher um benefício adicional depois. Enquanto o juro é o valor adicional que se paga ou recebe por aquilo que se tomou ou cedeu hoje, o desconto é o valor daquilo que se pagará ou receberá amanhã, caso aquilo fosse pago ou recebido hoje. Desconto é um inverso do juro, o valor do futuro transportado para o presente (GIANNETTI, 2005).

O instrumento utilizado pelos economistas para avaliar o valor do futuro é a chamada taxa de desconto. Uma taxa de desconto positiva para a preferência intertemporal dos agentes econômicos, que é consistente com o comportamento observado, é uma das forças básicas que encurtam o horizonte temporal dos modelos econômicos (SANSON, 2007).

Se para um indivíduo há sentido em raciocinar descontando o futuro, para uma entidade virtualmente imortal como uma nação, ou a espécie humana, descontar o futuro é mais problemático. A sociedade descontando o futuro significa que ela prefere usufruir de alguns valores no presente e pagar a conta depois. Contudo, no horizonte temporal relevante para a sustentabilidade ambiental do desenvolvimento não são os mesmos indivíduos os que pagarão a conta. Quem a pagará são as gerações futuras.

A relação entre a qualidade de vida e as liberdades de uma geração com a das gerações seguintes é o cerne do ideário do desenvolvimento sustentável. Por isso, essa questão extrapola o horizonte temporal da vida de um indivíduo, que é o horizonte considerado nos modelos econômicos como o de Stiglitz (1979). “Pois os indivíduos perecem, mas a sociedade a que pertencem – obra aberta que une na mesma trama os valores dos mortos, dos vivos e dos que estão por vir - segue em frente” (GIANNETTI, 2005: 278).

Assim, se a questão do desenvolvimento sustentável é, de um lado, a dos limites e impactos biofísicos do crescimento material, do outro lado também é uma questão de como a sociedade valora as gerações futuras que estão distantes no tempo. Se a atenção aos limites biofísicos leva a conclusão que se deve estabilizar ou diminuir o nível de consumo de recursos naturais, isso pressupõe uma mudança de valores e de atitudes que parece ir à contramão do comportamento dos agentes econômicos atuais. Para que as sociedades afluentes aceitem restrições ambientais que envolvam sacrifícios em benefício de populações de outros países e/ou de gerações de um futuro longínquo é necessário um sentimento altruísta que induza tais atitudes solidárias (ROMEIRO, 2001).

Para Ignacy Sachs (2002), proponente do termo “ecodesenvolvimento” nos anos 1970 e um dos pioneiros no estudo da sustentabilidade ambiental do desenvolvimento, o desenvolvimento sustentável depende primeiro de uma solidariedade sincrônica com a geração atual. Se para boa parte dos ambientalistas a ênfase está na necessidade de reduzir o volume do consumo material, para Sachs (2007) o entrave principal está nas abissais desigualdades sociais. A partilha justa do ter é condição *sine qua non* da idéia de desenvolvimento sustentável. Já a sustentabilidade ambiental do desenvolvimento depende de uma solidariedade diacrônica com as gerações futuras. O arcabouço teórico da Economia convencional não dá conta desse tipo de desafio, uma vez que se ele exige

que se pense em escalas múltiplas de tempo de espaço, e se considere as eficiências ecológica e social, além da econômica.

Não se pode descartar que a mudança de atitudes com relação às gerações futuras ocorra de maneira semelhante às mudanças no mundo do trabalho, com a introdução de uma série de restrições à exploração na forma de leis e regulações diversas. A abolição das restrições de caráter religioso, estético, cultural e social caracterizou a ascensão das sociedades capitalistas modernas e a predominância da racionalidade econômica. O uso dos recursos humanos e naturais passaria a ter quase nenhum controle social, gerando grande reação de movimentos socialistas e sindicais. Aos poucos, foram sendo introduzidas restrições à exploração do trabalho, como a limitação da jornada de trabalho, proibição do trabalho infantil, salário mínimo, férias remuneradas, etc. (GORZ, 1991; ROMEIRO, 2001).

O pessimismo da razão, contudo, enxerga maiores obstáculos a esse tipo de mudança de valores. Diferentemente da luta por melhores condições de trabalho, em muitos casos não são as gerações atuais que se beneficiam ou que se beneficiarão com as atuais restrições ambientais.

Há uma propensão humana a descontar o valor do futuro. Esta propensão resulta, entre outras coisas, da certeza da morte, da incerteza em relação à duração exata da vida e da limitação no que diz respeito à racionalidade humana (GIANNETTI, 2005). Se um indivíduo desconta o valor de seu próprio futuro ao tomar uma decisão de consumo no presente, o que dizer da postura de uma coletividade frente ao valor de um futuro muito além do fim das vidas individuais? Há, portanto, uma tendência de agir de maneira míope visando um interesse de curto prazo, já que quem sofrerá as conseqüências são indivíduos que sequer serão conhecidos pelos indivíduos vivos hoje.

A questão é saber se os desejos subjetivos e os excessos da geração atual devem pesar mais que a liberdade de as gerações futuras possuírem capital natural em quantidade e qualidade adequada. Por mais que o desconto do futuro seja consistente com o comportamento observado, a propensão dos economistas de descontar o valor do futuro em seus modelos acaba tornando a depleção do capital natural irrelevante para a geração presente.

V.4. Georgescu e o desenvolvimento sustentável

Recentemente foi feita uma crítica explícita ao pensamento de Georgescu como sendo indutor de conclusões errôneas e “reacionárias” sobre o futuro da humanidade. David Schwartzman (1996; 2008) defende o “comunismo solar” como utopia a ser perseguida, pois uma economia mais “desmaterializada”, funcionando com base em tecnologias solares e que recicle os materiais dissipados é não só desejável, mas totalmente viável. Argumenta que a visão de Georgescu é equivocada nos seguintes pontos:

1) Teria assumido a Terra como sistema isolado e, portanto, ignorado o potencial de aproveitamento humano direto do enorme fluxo de energia solar, através de tecnologias de alta eficiência. Assim, sua visão sobre a dissipação de materiais pelo processo econômico estaria levando a conclusões falsas sobre as possibilidades de reciclagem e solarização da economia.

2) Estaria no mesmo barco que James Lovelock (2006), preocupado unicamente com o tamanho da população. Lovelock considera que a raiz dos problemas ambientais está na falta de restrições e limites ao crescimento populacional. Para ele o número de

habitantes no planeta, que ele chama de Gaia, é insustentável a 6 bilhões. Propõe que a população mundial seja estabilizada a menos de um bilhão de habitantes. Vê a última chance de salvar Gaia na utilização da energia nuclear e na promoção de alimentos sintéticos, o que permitiria encolher a agricultura, já que “os ecossistemas naturais da Terra não existem para serem transformados em terra cultivável, mas para conservar o clima e a química do planeta” (LOVELOCK, 2006: 24).

3) O conceito de entropia tem sido muito mal utilizado desde sua popularização por Jeremy Rifkin (1980) no livro “Entropia: uma nova visão de mundo”. Por ter escrito o pós-fácio do livro de Rifkin, Georgescu endossa a banalização do termo, que tem servido para defender ideologias anti-desenvolvimento e até mesmo anti-progresso e tecnologia. No trabalho de Rifkin o conceito de entropia foi estendido para um sem número de significados: indicador de poluição, desordem cósmica, o resultado inexorável de qualquer atividade econômica, a mãe da ecocatástrofe, etc.

Ao contrário de um tipo de raciocínio fatalista, ou puramente biofísico, Schwartzman (2008) lembra que o desafio da sustentabilidade ambiental global envolve mudanças radicais de caráter político e econômico, entre elas a desmilitarização, a solarização da base energética e a agroecologia.

A visão de Georgescu de como a economia se relaciona com a natureza permite uma avaliação crítica dos ‘mitos de salvação ecológica’ (caso do “comunismo solar” de Schwartzman) do excesso de otimismo de alguns segmentos da sociedade, mas também uma elucidação dos reais dilemas com os quais a humanidade se defronta. Mostrou-se crítico tanto à possibilidade de crescimento econômico irrestrito quanto às idéias presentes em algumas posições ambientalistas, como *melhorar o ambiente* ou *evitar a destruição* de recursos exauríveis.

Em primeiro lugar, Georgescu não considerou a Terra como um sistema isolado. Como ficou claro no capítulo “O novo Prometeu” (III.5), a tecnologia de utilização direta da energia solar representa a maior saída para o problema entrópico da humanidade, por depender de fonte virtualmente infinita para os humanos e por ser considerada limpa. Ele chamou atenção, sim, para o fato de que tal salto tecnológico não é nem um pouco trivial, pois se trata de fonte de energia muito menos densa que os combustíveis fósseis, o que torna a captura direta dependente de grandes quantidades de materiais e infraestrutura. Além disso, a reciclagem dos materiais dissipados pelo processo industrial exigiria uma quantidade crescente de energia solar entrando no sistema econômico. Seria necessário supor, portanto, que a eficiência melhorará continuamente para capturar quantidade cada vez maior da energia que chega a Terra.

Em segundo lugar, Georgescu bem sabia que o problema ambiental não era o da destruição do planeta Terra pelos humanos. O planeta passou muito bem sem a presença humana durante a maior parte de sua existência, e continuará bem depois que a espécie humana sumir. A razão para proteger o meio ambiente é para proteger a espécie humana. As sociedades que estão por vir precisarão de um suporte de recursos naturais para ter qualidade de vida. A espécie humana está no topo da escala de espécies que aumentam a entropia, ou seja, que dissipam energia e matéria. Como são os seres humanos os animais viciados no conforto proporcionado pelos instrumentos exossomáticos, a crise é para a própria humanidade.

Por isso, nada mais esquisito que considerar seu pensamento parecido com o de Lovelock (2006). Para Georgescu, não se trata de um problema de encontrar um tamanho ideal para a população mundial. Nunca perdeu de vista que a questão depende do nível de utilização dos recursos. E ao contrário de defender a promoção de alimentos

sintéticos, Georgescu antecipou o passo seguinte da humanidade na luta contra o processo entrópico: a utilização da agricultura para fins energéticos⁴⁰.

Por fim, Georgescu não era nenhum ideólogo anti-desenvolvimento, anti-progresso ou anti-tecnologia. Foi cuidadoso no tratamento da noção de *entropia*, evitando associá-la à idéia subjetiva de *desordem*. Contudo, o fato de ter escrito o pós-fácio de Rifkin (1980) pode, sim, ter ajudado a “queimar seu próprio filme”.

Georgescu fez poucas proposições normativas. Não estava tão preocupado em apontar soluções e caminhos, mas muitos se surpreenderiam com as poucas por ele apontadas. O próprio Schwartzman (2008), que insiste na necessidade de mudanças radicais como a desmilitarização, a solarização e a agroecologia, parece ter pulado essa parte da leitura de Georgescu.

Georgescu havia chegado à conclusão de que o mais razoável no contexto da crise atual seria conservar os recursos naturais, especialmente os exauríveis. Isso significaria reduzir o consumo para assim reduzir a depleção desses recursos a um mínimo compatível com uma sobrevivência razoável da espécie humana. Para isso, propôs um programa de austeridade, um freio ao crescimento, para ser aplicado primeiro nas economias avançadas. O Programa Bioeconômico Mínimo lista os seguintes pontos:

- 1) A produção de todos os instrumentos de Guerra deveria ser proibida.
- 2) Os países “não-desenvolvidos” devem ter ajuda dos países desenvolvidos para chegarem num patamar de vida boa.

⁴⁰ “But the truth (...) also exposes the futility of the human pride that overcame some scholars on learning that by A.D. 2000 we may be able to feed people with proteins derived from crude oil and thus solve the population problem completely and forever. Highly probable though this conversion is, we can rest assured that sometime, perhaps sooner than one may think, man will have to reorient his technology in the opposite direction – to obtain gasoline from corn, if he will still be around and using internal combustion engines” (G-R, 1971: 21).

- 3) A humanidade deveria gradualmente reduzir sua população até o nível em que possa ser alimentada apenas por agricultura orgânica.
- 4) Até que o uso direto da energia solar seja viável e generalizado, todo desperdício de energia deve ser evitado.
- 5) As pessoas devem se livrar da sede por bugigangas extravagantes como, por exemplo, carrinhos de golf.
- 6) As pessoas devem se livrar da moda. É uma doença jogar fora um casaco ou um móvel enquanto ele ainda pode realizar seu serviço. Trocar de carro todo ano então é um crime bioeconômico. Se os consumidores se reeducassem para desprezar a moda, os produtores focariam na durabilidade.
- 7) Relacionado ao ultimo ponto, é necessário que os bens duráveis sejam ainda mais duráveis, e que sejam desenhados para serem consertáveis.
- 8) É preciso perceber que um importante pré-requisito para uma vida boa é uma quantidade substancial de lazer utilizada de maneira inteligente (G-R, 1976b: 33-34).

Georgescu não era ingênuo, e sabia que dificilmente a humanidade daria bola para qualquer restrição ao conforto material. Para ele, talvez o destino da humanidade seja ter uma vida breve, mas excitante, e não uma vida longa, mas sem grandes emoções⁴¹. Claro, esse é um dilema a partir do qual as sociedades fazem escolhas. E daí a importância do pensamento de Georgescu que rejeita fórmulas mágicas que digam quanto deve ser reduzido no consumo. Trata-se de uma questão fundamentalmente ética. Para ele, o princípio ético condizente com sua proposta é “ame sua espécie como a si mesmo”⁴².

⁴¹ “Will mankind listen to any program that implies a constriction of its exossomatic comfort? Perhaps, the destiny of man is to have a short, but fiery life, exciting and extravagant rather than a long uneventful and vegetative existence. Let other species – the amoebas, for example – which have no spiritual ambitions inherit na earth still bathed in plenty of sunshine” (G-R, 1976b: 35).

⁴² “The commandment of this era is ‘Love thy species as thyself’” (G-R, 1977b: 270).

Contrariamente ao que pode parecer, Georgescu não era fatalista. Tanto é que, para ele, sequer se pode estar no domínio econômico se não se considerar que as pessoas agem com propósitos. Seu Programa Bioeconômico, na verdade, revela sua visão institucional do problema ambiental. Não acreditava que o progresso tecnológico e nem que o mecanismo de preços poderia resolver todos os problemas. A ética e os valores de uma sociedade é que determinam os comportamentos dos indivíduos e eventualmente os preços no mercado. Crescimento econômico baseado na produção de armas, por exemplo, não era compatível com sua visão bioeconômica.

Um evento ocorrido em 1973 pode ajudar a entender a visão de Georgescu sobre o papel dos economistas na sociedade humana, mas também a causa de seu banimento nessa comunidade. Em assembléia realizada no final do encontro da *American Economic Association*, leu e pediu que o manifesto “Rumo a uma Economia Humana” fosse transcrito em ata. Incômodo foi o fato de tê-lo lido publicamente, o que gerou celeuma sobre se deveria ou não ser publicado. O manifesto tinha sido lançado alguns meses antes por um projeto chamado “Dai Dong”, que reunia cientistas e acadêmicos do mundo para estudar questões relacionadas à guerra, ao meio ambiente, e à pobreza no mundo.

Tal manifesto dizia não apenas para que os economistas saíssem do seu isolamento e conversassem com especialistas de outras áreas para assim assumirem seu papel na gestão do “lar Terra”, mas também sobre o papel da Economia enquanto ciência. As heresias imperdoáveis estavam em afirmações como: o propósito da Economia deveria ser o do controle racional sobre o processo de desenvolvimento de modo que este sirva as reais necessidades humanas, em vez da expansão dos lucros, guerras e do prestígio nacional; e que era necessário substituir o ideal de crescimento por uma visão em que a

produção e o consumo sejam subordinados aos objetivos de “sobrevivência e justiça” (G-R, 1974a).

O manifesto foi publicado como apêndice em letras de corpo mínimo na edição de Maio de 1974 da *American Economic Review*. Se a celeuma e o resultado desse evento mostram o desprezo que os economistas nutriam pela problemática ambiental, imagine a reação da profissão ao ler poucos anos mais tarde nos escritos de Georgescu que um dia a Economia será absorvida pela Ecologia.

Mesmo os economistas que se interessaram pela problemática ambiental não podiam simplesmente aceitar suas teses. Como abrir mão da defesa do crescimento econômico como o objetivo supremo de qualquer política econômica? Georgescu tinha claro que o objetivo não era esse, e para completar decretou a morte do processo econômico ao dizer que um dia ele será decrescente, e que vai convergir para o aniquilamento.

Talvez seja justamente pela força e pelo choque que causa o termo “decrescimento”, que um movimento de crítica radical ao economicismo e à ideologia do crescimento vem se apropriando dele e o popularizando, principalmente na Europa. Assim, o termo “decrescimento” tem ganhado cada vez mais espaço no debate acadêmico e político. Uma coletânea de artigos de Georgescu já havia sido publicada em francês com o título “La Decroissance”, em 1979. Em 1995 saiu a 2ª edição (G-R, 1995), com versão eletrônica disponível na rede.

De 2004 para cá, o termo se tornou um verdadeiro slogan político de crítica ao desenvolvimento e à ideologia do crescimento. Os principais porta-vozes do movimento insistem que não se trata de crescimento negativo do PIB. Trata-se de um movimento que pretende libertar o imaginário coletivo da esfera do econômico. É um projeto

positivo de sociedade baseado numa crítica radical, não só ecológica, mas principalmente cultural do estado de coisas atual. É por isso que Latouche (2006) afirma que o slogan mais adequado seria “a-crecimento”, como “a-teísmo”.

Na França, já existe um jornal chamado “La Decroissance”⁴³, com subtítulo “o jornal da alegria de viver”. Este termo em francês, “joie de vivre”, foi a expressão utilizada por Georgescu para denominar o objetivo do processo econômico, aquilo que nesta dissertação foi chamado de fluxo imaterial de bem estar. Há também um Instituto de Estudos Econômicos e Sociais para o Decrescimento Sustentável⁴⁴, e muito recentemente, em 2006, apareceu o partido político “Parti Pour La Décroissance” (PPDL)⁴⁵.

O periódico *ENTROPIA* que teve início em 2006 é mais um espaço de debate sobre o que significa e que tipos de ação política e de mudanças institucionais são necessárias na transição para uma sociedade em decrescimento. O termo já se internacionalizou e em inglês é “degrowth”. A 1ª Conferência Internacional sobre “Degrowth”⁴⁶ ocorreu em Paris, em Abril de 2008, e curiosamente reuniu muitos economistas ecológicos importantes, dentre os quais Martinez-Alier, Philp Lawn, e o presidente atual da Sociedade Internacional de Economia Ecológica, Peter May. A expressão “Desenvolvimento Sustentável” não é levada a sério pelos adeptos do decrescimento, pois se considera que ela contém a idéia de crescimento.

No final da vida, Georgescu também revelou seu profundo ceticismo quanto ao novíssimo valor que já havia ganhado alguma popularidade. Para ele, o termo “desenvolvimento sustentável” era um tipo de consolo (G-R, 1993b, 1993c), útil apenas

⁴³ www.ladecroissance.net

⁴⁴ www.decroissance.org

⁴⁵ www.partipourladecroissance.net

⁴⁶ <http://events.it-sudparis.eu/degrowthconference/themes>

para tirar a atenção dos verdadeiros problemas como a diferença existente entre os países ricos e os pobres, os problemas da poluição e a futura sobrevivência da espécie humana. A expressão esconderia a falsa idéia de que o crescimento econômico pode ser sustentado no tempo indefinidamente, promovendo um otimismo insensato porém lucrativo.

Conclusão

Ao se justificar por não utilizar a expressão “paradigma”, Mark Blaug (1988:31) afirma que a história da ciência econômica não fornece exemplos de idéias científicas internamente consistentes, corroboradas, frutíferas e poderosas, que tenham sido rejeitadas numa época específica. Será isso preponderante? Se Georgescu realmente antecipou questões que hoje preocupam a sociedade, no que diz respeito à sustentabilidade ambiental do desenvolvimento, por que suas idéias científicas não foram levadas a sério?

O banimento de Georgescu parece ter sido um caso de idéias científicas internamente consistentes, frutíferas e poderosas que foram rejeitadas numa época específica. Ele oferece uma alternativa à visão convencional do que é e como funciona a economia. Mostra as restrições na maneira com que o processo econômico é visto: como uma máquina, em que as mudanças qualitativas não são levadas em conta, nem por quem se propõe a estudar sua dinâmica. Ele mostra que a economia é um processo evolucionário desde suas características físicas, que se desdobra no tempo e é irreversível. Critica a visão mecânica que se tinha e ainda tem da economia, apresentando uma nova visão sobre seu funcionamento. Trata-se de um processo aberto e unidirecional.

Georgescu sequer usou a expressão sistema, pois queria enfatizar que a economia ocorre no tempo histórico. Tal processo requer entrada de energia e materiais, e tem uma saída inevitável de resíduos. Nenhuma outra escola de pensamento considerou a economia como um sistema aberto nesse mesmo sentido material. Por isso, sua visão constitui realmente um rompimento com o paradigma da Economia, no próprio sentido dado por Kuhn ao termo. Apesar de todas as divergências entre as diversas escolas de pensamento econômico - dos marxistas aos neoclássicos, dos keynesianos aos shumpeterianos, passando pelos institucionalistas, etc. – todas elas compartilham uma visão de sistema econômico isolado do ambiente natural.

Não podia ser diferente, pois a própria origem da Economia como a ciência que estuda o funcionamento de um sistema econômico, desde os Fisiocratas, teve que focar na circulação de mercadorias. Assim, a visão do sistema econômico como sendo circular e fechado orientou as mais diversas escolas e teorias, muitas vezes antagônicas entre si. Nesse sentido, todas estão de baixo de um mesmo “guarda-chuva”, o paradigma Mecânico. Desde que a Economia se tornou uma ciência autônoma e “economista”, uma profissão, a primeira revolução científica no sentido de Kuhn foi esta, exatamente por ter saído do paradigma que delimita as fronteiras do processo econômico onde a circulação de mercadorias pode ser observada.

A incompatibilidade epistemológica com a Economia, que Georgescu ousou chamar de convencional, fez com que a profissão o isolasse cada vez mais. A consideração da Lei da Entropia no raciocínio econômico forçaria a revisões profundas no corpo teórico convencional, a começar pela representação básica do funcionamento da economia. Não seria mais possível apresentar o diagrama do fluxo circular como exemplo compartilhado pela profissão. Além disso, como um cavalo de Tróia, a noção de

entropia tem implicações epistemológicas drásticas para todo o edifício teórico, como fica claro nas pesquisas de “Economia e Complexidade”.

Diferentemente da preocupação “convencional”, Georgescu não estava interessado nos valores monetários que circulam dentro do processo econômico, e sim naquilo que cruza as fronteiras do processo. Isso o levou a considerar a Economia como um ramo da Ecologia, e por isso, não pôde evitar o anátema com a comunidade dos economistas. Comunidade que foi se dividindo entre inúmeras especializações e ganhando cada vez mais prestígio no século XX, chegando a merecer um prêmio Nobel a partir de 1970.

Na época específica em que escreveu, começava-se a perceber mais claramente os impactos humanos nos ecossistemas, o surgimento de problemas ambientais globais, e que seriam necessárias novas abordagens para lidar com os novos problemas. Já engatinhava a percepção de que o crescimento econômico não estava mais gerando o bem-estar geral dos povos já ricos.

A Economia, contudo, não tinha a mesma percepção dos problemas, talvez por algum mecanismo de “dependência da trajetória”. O caminho metodológico e filosófico tomado por essa ciência ainda emulava a Física Clássica, que ignora as mudanças qualitativas. Além disso, os economistas não admitiam discutir valores que não pudessem ser reduzidos a uma medida, a monetária.

Poucos querem ouvir quais são os reais e incontornáveis dilemas da humanidade. Se ainda hoje para todo e qualquer mal social e econômico, e até mesmo ambiental, os economistas e políticos prescrevem a expansão da economia como principal remédio, condenar o crescimento econômico soa como um delírio. Para piorar, a afirmação de Georgescu que um dia a humanidade terá de compatibilizar desenvolvimento com

retração econômica, ou decrescimento, foi uma heresia não apenas para os economistas otimistas, mas também para ecólogos que não levaram ao limite o raciocínio sobre o papel dos recursos naturais na economia.

Sua crítica às avaliações que só levam em conta a energia utilizada pelo processo econômico deixando de lado os materiais, por exemplo, pode ter dificultado sua aceitação. Sua 4ª lei da Termodinâmica sobre a dissipação de materiais não encontrou respaldo teórico, apesar da importância prática de sua observação. Muitos a consideraram como um movimento desnecessário que pode ter gerado desconfiança quanto à sua credibilidade científica.

É difícil aceitar um autor que não tenha soluções mágicas, e cuja preocupação maior está em apontar as causas. Para ele, os que julgam haver uma “solução” para o problema ecológico acreditam em “mitos de salvação”. O conflito bioeconômico existirá enquanto existir a espécie humana, por isso não adianta propor “estado estacionário” ou “crescimento zero”, “sustentabilidade fraca” ou “sustentabilidade forte”, e nem mesmo “comunismo solar” como sendo as soluções para os problemas ambientais, pois são apenas promessas.

As idéias consistentes e poderosas de Georgescu foram rejeitadas na sua época. Nesse começo de século XXI, contudo, elas encontram um ambiente muito mais propício à aceitação, seja pela importância que tem sido atribuída às questões ambientais globais, seja pela percepção de que fenômenos complexos não podem ser entendidos com arcabouço científico reducionista, mecânico e estático. Certamente, a crítica cultural à ideologia do crescimento e a politização do termo “decrescimento”, principalmente na França, ainda levará muitos intelectuais e militantes à leitura da obra de Georgescu.

O processo de reabilitação do pensamento científico de Georgescu tem ocorrido principalmente na Economia Ecológica e na Economia “fora-do-equilíbrio”. A primeira, mais consolidada, estuda a relação dos sistemas econômicos com os sistemas ambientais. E a segunda foge da metáfora mecânica que orientou a Economia durante todo o século XX. Possivelmente a importância de Georgescu ficará mais clara quando as duas abordagens se aproximarem mais para entenderem a dinâmica da complexa relação entre economia e natureza.

Bibliografia geral

ABRAMOVAY, Ricardo. *Paradigmas do capitalismo agrário em questão*. São Paulo: Hucitec, 1992.

AMAZONAS, Mauricio de Carvalho. “Desenvolvimento sustentável e teoria econômica: o debate conceitual nas perspectivas neoclássica, institucionalista e da Economia Ecológica”, in: NOBRE, Marcos & Maurício Amazonas (orgs.) *Desenvolvimento Sustentável: A institucionalização de um conceito*. Brasília: Ed. Ibama, 2002.

ARTHUR, B. *Increasing Returns and Path Dependence in the Economy*. Ann Arbor: Michigan University Press, 1994.

_____. “Complexity and the Economy”. *Science*, 284, pp. 107-109, 1999.

AYRES, Robert. “Cowboys, cornucopians and long-run stability”. *Ecological Economics*, 8, pp. 189-207, 1993.

_____. “Comments on Georgescu-Roegen” *Ecological Economics*, 22, 3, pp. 285-287, 1997.

_____. “Eco-thermodynamics: economics and the second law” *Ecological Economics*, 26, pp. 189–209, 1998.

_____. ‘The Second Law, the Fourth Law, Recycling and Limits to Growth’, *Ecological Economics*, 29, 3, pp. 473-83, 1999.

AYRES, Robert & KNEESE, Allen. “Production, consumption and externalities”. *American Economic Review*, 59, nº3, pp. 282-297, 1969.

BACKHOUSE, Roger. *A História da Economia Mundial* (tradução Celso Mauro Paciornik). São Paulo: Estação Liberdade, 2007.

BARANZINI, Mauro & SCAZZIERI, Roberto. *Foundations of Economics*. Basil Blackwell, 1986.

BARNETT, Harold J. & MORSE, Chandler. *Scarcity and Growth: the economics of resource scarcity*. Baltimore: John Hopkins University Press, 1963.

BEARD, Randolph & LOZADA, Gabriel. *Economics, Entropy and the Environment: The extraordinary economics of Nicholas Georgescu-Roegen*. Edward Elgar, 1999.

BEINHOCKER, Eric. *The origin of wealth: evolution, complexity and the radical remaking of economics*. Harvard Business School Press and Random House, 2006.

BERGH, J.C.J.M. “Abolishing GDP”. Tinbergen Institute Discussion Paper, Fevereiro de 2007. Disponível em <http://www.tinbergen.nl>.

BERGH, J.C.J.M. van den & GOWDY, John. “The microfoundations of macroeconomics: An evolutionary perspective”. *Cambridge Journal of Economics*, 27, pp. 65- 85, 2003.

BIANCHI, Ana Maria (org). **Metodologia da Economia: Ensaios**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Econômicas da Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo, 1988.

BIANCIARDI, C., DEGLI ESPINOSA, P. and TIEZZI, E.. “Ma la materia ha una storia (Matter has a history)”. *Scienza Esperienza*, 36, pp. 40-41, 1986.

BIANCIARDI, C., TIEZZI, E. & ULGIATI, S. “Complete recycling of matter in the frameworks of physics, biology and ecological economics”. *Ecological Economics*, 8, pp.1-5, 1993.

BLAUG, Mark. “Kuhn versus Lakatos ou paradigmas versus programas de pesquisa na história da Economia”. In: BIANCHI, Ana Maria (org). **Metodologia da Economia: Ensaios**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Econômicas da Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo, 1988.

BOCK, Walter J. “Ernst Mayr at 100: a life inside and outside of ornithology”. *The Auk: A quarterly journal of Ornithology*, 121, 3, pp. 637-651, 2004.

BORGES, Renee M. “Polemics and Synthesis: Ernst Mayr and evolutionary Biology”. *Resonance*, 10, pp. 21-33, 2005. Disponível em:
<http://www.iisc.ernet.in/academy/resonance/July2005/pdf/July2005p21-33.pdf>

BOULDING, K. E. “The economics of the coming spaceship Earth”, in: JARETT, H. (Ed.) *Environmental quality in a growing economy*. Resources for the Future/Johns Hopkins University Press, Baltimore,MD, 1966.

BROWN, Lester. **Plan B 3.0: mobilizing to save civilization**. New York: W.W. Norton, 2008.

BRUCKERT, M. “Généalogie et circulation du terme de décroissance”. Observatoire du Management Alternatif. HEC Paris: Cahier de Recherche. Julho de 2007. Disponível em: <http://appli7.hec.fr/amo/rubrique.php?actif=6>

BRUE, Stanley. **História do pensamento econômico** (tradução: Luciana Penteado Michelino). São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005.

BRUNDTLAND, Gro Harlem (org.). **Nosso futuro comum**. Editora da FGV, 1987. **Our Common Future**, Oxford: Oxford University Press, 1987

CLEVELAND, C. “Energy Quality, Net Energy, and the Coming Energy Transition”. In: ERICKSON, John D. & GOWDY, John M (eds). **Frontiers in Ecological Economic theory and application**. Edward Elgar, 2007.

CLEVELAND, C. & RUTH, M. “When, where, and how much do biophysical limits constrain the economic process? A survey of Nicholas Georgescu-Roegen’s contribution to ecological economics”. *Ecological Economics*, 22, pp. 203-223, 1997.

COMMON, Michael. **Sustainability and Policy: Limits to Economics**. Cambridge University Press, 1995.

CONSTANZA, Robert. “Embodied energy and economic valuation”. *Science*, 210, pp.1219–1224, 1980.

_____. “Embodied energy, energy analysis, and economics”, in: DALY, H. & UMAÑA, Alvaro. **Energy, Economics and the Environment**. Boulder, Colorado: Westview Press, 1981, pp. 119-45.

_____. “The early history of ecological economics and the international society for ecological economics (ISEE)”. ISEE, Internet Encyclopedia of Ecological Economics. April 2003. Disponível em: <http://www.ecoeco.org/pdf/costanza.pdf>

COTRELL, W.F. **Energy and society**. New York: McGraw-Hill, 1955.

CRIVELLI, R. (1993). “Hysteresis in the work of Nicholas Georgescu-Roegen”. In: DRAGAN, J.C.; SEIFERT, E.K. & DEMETRESCU, M.C (Eds.), **Entropy and Bioeconomics**. Nagard: Milan, 1993.

DALY, Herman E. “On Economics as a Life Science”, **Journal of Political Economy** 76, pp. 392-406, 1968.

_____. **Towards a Steady State Economy**. San Francisco: W.H. Freeman & Co, 1973.

_____. “Entropy, Growth and the Polytical Economy of Scarcity”. In: SMITH, Vincent Kerry. **Scarcity and Growth reconsidered**. John Hopkins University Press, 1979, pp. 67-94.

_____. **Beyond Growth**. San Francisco: Freeman, 1997.

_____. “When smart people make dumb mistakes.” **Ecological Economics**, 34, pp. 1-3, 2000.

_____. “Sustentabilidade em um mundo lotado”. **Scientific American**, Edição brasileira, nº41, Outubro 2005 pp. 92-97.

DALY, Herman E. & COBB, John Jr. **For the Common Good**. Boston: Beacon Press, 1989.

DALY, Herman E., & FARLEY, Joshua. **Ecological Economics: Principles and Applications**. Washington, D.C.: Island Press, 2003.

DARWIN, Charles R. **The origin of species by means of natural selection**. London: John Murray, 1859.

DASGUPTA, Partha. “Uma abordagem dosada”. **Scientific American**, Edição brasileira. Outubro 2005, nº41, p. 98.

DASGUPTA, Partha & HEAL, G.M. **Economic theory and exhaustible resources**. Cambridge University Press, 1979.

DEANE, Phyllis. **A Evolução das idéias econômicas** (trad. Mauro Roberto da Costa Souza). Rio de Janeiro: Zahar, 1980.

DE GLERIA, Silvana. “Nicholas Georgescu-Roegen’s approach to economic value: a theory based on nature with man at it’s core”, in: MAYUMI, Kozo & GOWDY, John.

- Bioeconomics and sustainability: essays in honor of Nicholas Georgescu-Roegen.*** Edward Elgar, 1999.
- DELORME, Robert & HODGSON, Geoffrey. "Complexity and the economy: an interview with Brian Arthur". In: FINCH, John & ORILLARD, Magali. ***Complexity and the economy: implications for economic policy.*** Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2005.
- DIAMOND, J. Guns. ***Germes and Steel: the fates of human societies.*** New York: W.W. Norton & Company, 1997.
- _____. ***Colapso: como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso.*** Rio de Janeiro: Record, 2005.
- DRAGAN, J.C. & DEMETRESCU, M.C. ***Entropy and Bioeconomics: the new paradigm of Nicholas Georgescu-Roegen.*** Nagard, 1986.
- DRAGAN, J.C.; SEIFERT, E.K. & DEMETRESCU, M.C (Eds.), ***Entropy and Bioeconomics.*** Nagard: Milan, 1993.
- DUMONT, Louis. ***From Mandeville to Marx.*** Chicago: University of Chicago Press, 1977.
- EDDINGTON, Arthur. ***The nature of the physical world.*** Cambridge University Press, 1928.
- ELDREDGE, N & GOULD, S.J. "Punctuated Equilibria: an alternative to phyletic gradualism". In: SCHOPF, T.J.M (ed.) ***Models in Paleobiology.*** San Francisco: Freeman Cooper, 1972, pp.82-115.
- ERICKSON, John D. & GOWDY, John M. ***Frontiers in Ecological Economic theory and application.*** Edward Elgar, 2007.
- FINCH, John & ORILLARD, Magali. ***Complexity and the economy: implications for economic policy.*** Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2005.
- FOSTER, John Bellamy. ***Ecology against capitalism.*** Monthly Review Press, 2002.
- _____. ***A ecologia de Marx; materialismo e natureza.*** Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2005.
- FUNTOWICZ, S & RAVETZ J. "The worth of a songbird: ecological economics as a post-normal science". ***Ecological Economics***, 10, pp.197-207, 1994.
- _____. "Post-Normal Science". ISEE, Internet Encyclopedia of Ecological Economics. February 2003 Disponível em: [http:// www.ecoeco.org/pdf/pstnormsc.pdf](http://www.ecoeco.org/pdf/pstnormsc.pdf)
- FURTADO, Celso. ***Introdução ao Desenvolvimento: Enfoque Histórico-Estrutural.*** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2000 (3ª. ed. revista pelo autor).
- _____. ***Criatividade e dependência na civilização industrial.*** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1978.

- FUSFELD, Daniel. *A era do economista*. São Paulo: Saraiva, 2001.
- GADREY, Jean & JANY-CATRICE, Florence, *Os novos indicadores de riqueza*. São Paulo: Ed. Senac, 2005.
- GALA, Paulo & REGO, José Márcio (orgs). *A História do pensamento econômico como teoria e retórica: Ensaio sobre metodologia em Economia*. São Paulo: Editora 34, 2003.
- GAL-OR, Benjamin. "Philosophical problems in Thermodynamics". In: ZEMAN, Jiri (ed). *Entropy and Information in Science and Philosophy*. Amsterdam: Elsevier, 1975, pp.211-229.
- GIANNETTI, Eduardo. *O valor do amanhã*. Cia das Letras, 2005.
- GOLDEMBERG, J.; COELHO, S.T; NASTARI, P.M. & LUCON, O. "Ethanol Learning Curve: The Brazilian Experience". *Biomass and Bioenergy*, 26,3, pp. 301-304, 2003.
- GORZ, A. *Capitalisme, socialisme, écologie*. Paris: Galille, 1991.
- GOULD, S. J. "The Golden Rule— A Proper Scale for Our Environmental Crisis", *Natural History*, September, 1990, pp. 24-30.
- GOWDY, John. "Bioeconomics and post Keynesian economics: a search for common ground". *Ecological Economics*, 3, pp. 77-87, 1991.
- _____. "Georgescu-Roegen's utility theory applied to environmental economics". In: DRAGAN, J.C.; SEIFERT, E.K. & DEMETRESCU, M.C (Eds.), *Entropy and Bioeconomics*. Nagard: Milan, 1993.
- _____. *Coevolutionary economics: the economy, society and the environment*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1994.
- _____. "Sustainability and collapse: What can economics bring to the debate?" *Global Environmental Change*, 15, pp.181–183, 2005.
- _____. "Production theory and peak oil: collapse or sustainability?" *International Journal of Transdisciplinary Research*, 1, 1, pp. 23-33, 2006.
- GOWDY, John & ERICKSON, Jon D. "The approach of ecological economics". *Cambridge Journal of Economics*, 29, pp. 207–222, 2005.
- GOWDY, John & MAYUMI, Kozo. "Reformulating the foundations of consumer choice theory and environmental valuation". *Ecological Economics* 39, pp. 223–237, 2001.
- GOWDY, John & O'HARA, Sabine. "Weak Sustainability and viable technologies". *Ecological Economics*, 22, pp. 239-247, 1997.
- GROSSMAN, Gene & KRUEGER, Alan. "Economic growth and the environment". *The Quarterly Journal of Economics*, 110, 2, pp. 353-66, 1995.

HIRSCH, Fred. *Social limits to growth*. Harvard University Press, 1976.

HIRSCH, Robert L. et al. "Peaking of world oil production: impacts, mitigation, & risk management". DOE NETL. Fevreiro, 2005.
http://www.netl.doe.gov/publications/others/pdf/Oil_Peaking_NETL.pdf

HODGSON, Geoffrey M. *Economics and Evolution: bringing life back into economics*. The University of Michigan Press, 1993.

_____. *Evolution and Institutions: on evolutionary economics and the evolution of economics*. Edward Elgar, 1999.

_____. *Economics in the Shadows of Darwin and Marx: Essays on Institutional and Evolutionary Themes*. Edward Elgar, 2006a.

HODGSON, Geoffrey M. & KNUDSEN, T. "Why We Need a Generalized Darwinism: and Why a Generalized Darwinism is Not Enough." *Journal of Economic Behavior and Organization* 61, no. 1 (September 2006b): 1-19.

HODGSON, Geoffrey M. & SCREPANTI, Ernesto. *Rethinking Economics: Markets, Technology and Economic Evolution*. Edward Elgar, 1991.

HOLLING, C.S. & WALKER, Brian. "Resilience Defined". ISEE, Internet Encyclopedia of Ecological Economics. August 2003. Disponível em: <http://www.ecoeco.org/pdf/resilience.pdf>

HOTELLING, H. "The economics of exhaustible resources". *Journal of Political Economy*, 39, pp. 137-175, 1931.

IEA (International Energy Agency). *World Energy Outlook 2007*. OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development)/IEA, Paris, 2007,

_____. *Energy: The Next Fifty Years*, OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development)/IEA, Paris, 1999.

IMBODEN, Dieter M. & JAEGER, Carlo C. "Towards a sustainable energy future". In: IEA. *Energy: The Next Fifty Years*. OECD/IEA, Paris, 1999, pp.63-94.

INTERACADEMY COUNCIL. *Lighting the way*. Amsterdam, Holanda: Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, 2007, 174 p.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) "Summary for policymakers". METZ Bertz *et al.* (eds.). *Climate change 2007: mitigation of climate change*. Contribuição do working group III para o *fourth assessment report* do IPCC. Cambridge, UK: Cambridge University Press, pp. 1-36, 2007.

JEVONS, William S. *The Coal Question: An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of Our Coal-Mines*. London: Macmillan and Co., 1866.

KAHLIL, E.L. "Entropy Law and exhaustions of natural resources: Is Nicholas Georgescu-Roegen's paradigm defensible?". *Ecological Economics*, 2, pp.163-178, 1990.

_____. “Entropy law and Nicholas Georgescu-Roegen’s paradigm: A reply”. *Ecological Economics*, 3, pp. 161-163, 1991.

KAPP, William. *The social costs of private enterprise*. Harvard University Press, 1950.

_____. “A natureza da economia como um sistema aberto e suas implicações”. In: DOPFER, Kurt; et al. *A economia do futuro: em busca de um novo paradigma*. Rio de Janeiro: Zahar, 1976 (Trad. José Ricardo Brandão Azevedo, 1979).

KAUFMANN, Robert K. & CLEVELAND, Cutler J. *Environmental Science*. Debuke: McGraw-Hill, 2007.

KUHN, Thomas S. *A Estrutura das Revoluções Científicas*. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1995 (Trad. Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira).

LAKATOS, Imre. “O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa científica”. In: LAKATOS, Imre & MUSGRAVE, A. (org.) *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1979.

LAVOIE, M. “A Post Keynesian theory of consumer choice”. *Journal of Post Keynesian Economics*, 16, 4, pp. 539-562, 1994.

_____. “Post-Keynesian consumer choice theory for the economics of sustainable forest management”. In: KANT, S. & BERRY, R.A. (eds), *Economics, Natural Resources, and Sustainability: Economics of Sustainable Forest Management*. Springer, 2005, pp.67-90.

LATOUCHE, Serge. “Um projet politique”. *Entropia: Revue d’étude théorique et politique de la décroissance*, 1, 2006.

LAWN, Philip. “On Georgescu-Roegen’s contribution to ecological economics”. *Ecological Economics*, 29, pp. 5-8, 1999.

_____. *Frontier issues in Ecological Economics*. Edward Elgar, 2007.

LEITE, Rogério César Cerqueira. “Biomassa, a esperança verde para poucos”. *Folha de S. Paulo*, 25/02/2005.

_____. “O fim da era da maldição do petróleo”. *Folha de S.Paulo*, 21/08/2005.

LOMBORG, Bjorn. *O ambientalista cético: medindo o verdadeiro estado do mundo*. Rio de Janeiro: Campus, 2002 (Trad. Ivo Korytowski & Ana Beatriz Rodrigues).

_____. (Entrevista concedida à Ana Luiza Herzog). *Revista Exame*, 20/03/2008.

LOTKA, Alfred J. ‘Contribution to the Energetics of Evolution’, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States*, Volume 8, 1922.

_____. *Elements of Mathematical Biology*. New York: Dover Publication 1956.

LOVELOCK, J. *A vingança da Gaia*. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2006.

LOZADA, Gabriel. "A defense of Nicholas Georgescu-Roegen's paradigm". *Ecological Economics*, 3, pp. 157-160, 1991.

_____. "Georgescu-Roegen's defense of classical thermodynamics revisited". *Ecological Economics*, 14, pp. 31-44, 1995.

MACEDO, I.C. *A energia da cana-de-açúcar – Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e sua sustentabilidade*. São Paulo: UNICA, 2005.

MANESCHI, Andrea & ZAMAGNI, Stefano. "Nicholas Georgescu-Roegen, 1906-1994". *The Economic Journal*, 107, pp. 695-707, 1997.

MANESCHI, Andrea. "Nicholas Georgescu-Roegen and the filiation of economic ideas". Working Paper No. 00-W18, June 2000. Department of Economics Vanderbilt University, Nashville, TN.

Disponível em: <http://www.vanderbilt.edu/Econ/wparchive/workpaper/vu00-w18.pdf>

MANKIW, Gregory. *Introdução à Economia: Princípios de Micro e Macroeconomia*. (2ªed.) Editora Elsevier, 2001.

MARSHALL, A. *Principles of Economics*, 8th ed. London: Macmillan, 1920.

MARTINEZ-ALIER, J. "Economía y Ecología: Cuestiones Fundamentales". *Pensamiento Iberoamericano*, 12, pp. 41-60, 1987.

_____. *O Ecologismo dos Pobres: conflitos ambientais e linguagens de valoração*. São Paulo: Contexto, 2007 (Trad. Mauricio Walkman).

MARX, Karl [1867]. *O capital*. São Paulo: Nova Cultural, 1988 (Trad. Régis Barbosa & Flávio R. Kothe).

_____. [1859]. *Gundrisse*. Nova York: Vintage, 1973.

MAYR, Ernst. *Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica*. São Paulo: Cia das Letras, 2005.

MAYUMI, Kozo. *The Origins of Ecological Economics: The Bioeconomics of Georgescu-Roegen*. London: Routledge, 2001.

MAYUMI, Kozo & GOWDY, John. *Bioeconomics and sustainability: essays in honor of Nicholas Georgescu-Roegen*. Edward Elgar, 1999.

MCCLOSKEY, D.N. *The Rhetoric of Economics*. Madison: The University of Wisconsin Press, 1985.

MEADOWS, D.H. & D.L. MEADOWS, J. Randers and W. Behrens III (eds). *The Limits to Growth*. New York: Universe Books, 1972.

MILL, John Stuart. *Principles of Political Economy with some of their applications to social philosophy*. London: Longmans, 1848.

MIROWSKI, Philip. *Against Mechanism: protecting economics from science*. Totowa, NJ: Rowman and Littlefield, 1988.

_____. *More Heat than Light: Economics as Social Physics, Physics as Nature's Economics*. Cambridge University Press, 1989.

MISHAN, E. J. *The Costs of Economic Growth*. London: Staple Press, 1967.

MONBIOT, George. *Heat: how to stop the planet burning*. Penguin Books, 2007.

_____. "What Is Progress?" *The Guardian*, 04/12/2007.

MUELLER, Charles C. "Economia e Meio Ambiente na Perspectiva do Mundo Industrializado: Uma Avaliação da Economia Ambiental Neoclássica". *Estudos Econômicos*, 26, 2, pp. 261-304, 1996.

_____. "Os economistas e a sustentabilidade: uma avaliação do debate sob a ótica do processo produtivo de Georgescu-Roegen". (texto apresentado em seminário realizado na FEA-USP, dias 2 e 3 de Setembro de 2004).

_____. *Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente*. Brasília: Editora da UnB: Finatec, 2007.

_____. "Sustainable Development: Conceptualizations and Measurement". *Revista de Economia Política*. 28, 2, 2008.

MULDER, Peter & BERGH, J.C.J.M. van den. "Evolutionary Economic Theories of Sustainable Development". *Growth and Change*, 32, pp. 110-134, 2001.

NAREDO, José Manuel. "Que pueden hacer los economistas para ocuparse de los recursos naturales? Desde el Sistema Económico hacia la Economía de los Sistemas". *Pensamiento Iberoamericano*, 12, pp. 61-74, 1987.

NOBRE, Marcos & Maurício Amazonas (orgs.) *Desenvolvimento Sustentável: A institucionalização de um conceito*. Brasília: Ed. Ibama, 2002.

NORDHAUS, W. "An optimal transition path for controlling greenhouse gases". *Science*, 258, pp. 1315-19, 1992.

_____. "Global warming economics". *Science*, 294, pp. 1283-4, 2001.

NORDHAUS, W & TOBIN, J. "Is economic growth obsolete?". In: *Economic Growth*, The National Bureau of Economic Research Fiftieth Anniversary Colloquium, New York: Columbia University Press, 1972, pp. 1-80.

NORGARRD, R.B. 1994. *Development betrayed, the end of progress and a coevolutionary revisioning of the future*. London and New York: Routledge.

NORTH, D.C. *Institutions, institutional change, and economic performance*. Cambridge University Press, 1990.

O'CONNOR M. "Entropy, structure, and organisational change". *Ecological Economics*, 3, pp. 95-122. 1991.

ODUM, H. *Environment, power and society*. New York: John Wiley & Sons, 1971.

_____. *Environmental Accounting: Emergy and Environmental decision making*. New York: John Wiley & Sons, 1996.

ODUM, H. & ODUM, E. *Energy basis for man and nature*. New York: McGraw-Hill, 1981.

OLIVEIRA, Sonia Barros de. "Base científica para a compreensão do aquecimento global". In: VEIGA, José Eli da. *Aquecimento Global; Frias contendas científicas*. São Paulo: Senac, 2008, pp. 11-39.

PAULANI, Leda Maria. "Economia e retórica: o capítulo brasileiro". *Revista de Economia Política*, 26, nº1, 2006.

PEARCE, David W. *Economic Values and the natural world*. Cambridge: MIT Press, 1993.

PEARCE, David W & TURNER, R.K. *Economics of natural resources and the environment*. Nova York: Harvester Wheatsheaf, 1990.

PERRINGS, Charles. *Economy and Environment: a theoretical essay on the interdependence of economic and environmental systems*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.

PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento). "Combater as alterações climáticas: Solidariedade humana num mundo dividido". *Relatório de Desenvolvimento Humano 2007/2008*. [http:// www.pnud.org.br](http://www.pnud.org.br)

PONTING, Clive. *A green history of the world*. London: Penguin Books, 1991.

PRIGOGINE, Ilya. *Thermodynamics of irreversible processes*. New York: John Wiley and Sons, 1955.

_____. *O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza*. São Paulo: Ed. da UNESP, 1996 (Trad. Roberto Leal Ferreira).

PRIGOGINE, Ilya & STENGERS, Isabelle. *Order Out Chaos: Man's New Dialogue with Nature*. New York: Bantam Books, 1984.

RAMMEL, Christian; STAGL, Sigrid & WILFING Harald. "Managing complex adaptive systems — A co-evolutionary perspective on natural resource management". *Ecological Economics* 63, pp. 9-21, 2007.

RAMOS-MARTIN, Jesus; GIAMPIETRO & Mario Kozo MAYUMI, Kozo. "On China's exosomatic energy metabolism: an application of multi-scale integrated analysis of societal metabolism". *Ecological Economics*, 63, pp. 174-191, 2007.

REGO, José Marcio. "Retórica e a crítica do método científico em Economia: sociologia do conhecimento versus lógica da superação positiva". In: GALA, Paulo &

- REGO, José Márcio (orgs). *A História do pensamento econômico como teoria e retórica: Ensaio sobre metodologia em Economia*. São Paulo: Editora 34, 2003.
- RIFKIN, Jeremy & HOWARD, Ted. *Entropy: A New world view*. New York: Viking Press, 1980.
- ROBBINS, L. *An Essay on the Nature and Significance of Economic Science*. 2nd Edition, Macmillan and Company: London, 1935.
- ROMEIRO, Ademar Ribeiro. “Desenvolvimento Sustentável e mudança institucional: notas preliminares”. *Econômica*, 1, 1999.
- _____. “Economia ou Economia Política da Sustentabilidade”, in: MAY, Peter H., Maria Cecília Lustosa & Valéria da Vinha (orgs.) *Economia do Meio Ambiente; Teoria e Prática*. Rio de Janeiro: EcoEco & Editora Campus, 2003, pp. 1-29.
- ROMEIRO, Ademar; Bastian Philip Reydon & Maria Lucia Azevedo Leonardi (orgs.) *Economia do Meio Ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais*. Campinas, SP: Unicamp.IE, 1996.
- SACHS, Ignacy. *Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável*. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.
- _____. “Da civilização do petróleo a uma nova civilização verde”. *Estudos Avançados*, 19, 55, pp.195-214, 2005.
- _____. “A revolução energética do século XXI”. *Estudos Avançados*, 21, 59, pp. 21-38, 2007.
- SAMUELSON, Paul Anthony. *Economics* (10ª edição). MacGraw-Hill, 1976.
- SANSON, J.R. “Ethics, Polithics and Non-saciation Consumption: A synthesis”. *EconomiA*, 8, 1, pp.1-20, 2007.
- SCHELLING, T.C. “The Cost of Combating Global Warming”, *Foreign Affairs*, 76, 6, pp. 54-66, 1997.
- SCHNEIDER, Eric & KAY, J.J. “Life as a manifestation of the second law of thermodynamics”. *Mathematical and computer modeling*. 19, pp. 25-48, 1994.
- SCHNEIDER, Eric & SAGAN, Dorion. *Into the cool: Energy flow, Thermodynamics and Life*. University of Chicago Press, 2005.
- SCHROEDINGER, Erwin. *What is life? The physical aspect of the living cell*. Cambridge University Press, 1944.
- SCHUMPETER, J. *The Theory of Economic Development*. Cambridge: Harvard University Press, 1934.
- _____. *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York: Harper, 1942.

_____. *History of Economic Analysis*, New York: Oxford University Press, 1954.

SCHWARTZMAN, David. "Solar Communism". *Science & Society*, 60, 3, pp. 307-31, 1996.

_____. "The Limits to Entropy: the Continuing Misuse of Thermodynamics in Environmental and Marxist theory". *Science & Society*, 72, 1, pp. 43-62, 2008.

SCITOVSKY, T. *The joyless economy: The psychology of human satisfaction*. New York: Oxford, 1976.

SEN, Amartya K. *Desenvolvimento como Liberdade*. São Paulo: Companhia das Letras, 1999.

_____. "Por que é necessário preservar a coruja-pintada". Mais! *Folha de São Paulo*, 14/03/2004.

SETZER, Joana. *Panorama do princípio da precaução: o direito do ambiente face aos novos riscos e incertezas*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental (Procam), Universidade de São Paulo, 2007, 155 p.

SLESSER, M. *Energy in the economy*. New York: St Martin's Press, 1978.

SMITH, Vincent Kerry. *Scarcity and Growth reconsidered*. John Hopkins University Press, 1979.

SMITH, Vincent Kerry & KRUTILLA, John V. "The Economics of natural resource scarcity: an interpretative introduction", in: SMITH, Vincent Kerry. *Scarcity and Growth reconsidered*. John Hopkins University Press, 1979, pp. 1-35.

SOLOW, Robert. "A contribution to the theory of economic growth". *The Quarterly Journal of Economics*, 70, 1, pp. 65-94, 1956.

_____. "The Economics of Resources or the Resources of Economics". *American Economic Review*, 64, 2, pp. 1-14, 1974.

_____. "An almost practical step toward sustainability". *Resources Policy*, 19, 3, pp. 162-172, 1993.

_____. "Georgescu vesus Solow/Stiglitz". *Ecological Economics*, 22, 3, pp. 267-268, 1997.

STERELNY, Kim. *Dawkins vs. Gould: Survival of the fittest*. Cambridge: IconBooks, 2007.

STIGLITZ, Joseph E. "A Neoclassical analysis of the Economics of natural resources", in: SMITH, Vincent Kerry. *Scarcity and Growth reconsidered*. John Hopkins University Press, 1979, pp. 36-66.

_____. "Georgescu vesus Solow/Stiglitz". *Ecological Economics*, 22, 3, pp. 269-270, 1997.

- VEBLER, Thorstein B. "Why is economics not an evolutionary science?" *Quarterly Journal of Economics*, 12, pp. 373–97, 1898.
- VEIGA, José Eli da. "Sobre o enigma da renda" *Estudos Econômicos*, 203, pp. 461-477, 1990.
- _____. "A insustentável utopia do desenvolvimento", no livro *Reestruturação do Espaço Urbano e Regional no Brasil*, organizado por Lena Lavinas, Liana Maria da Frota Carleial e Maria Regina Nabuco, coleção Geografia: Teoria e Realidade, São Paulo: HUCITEC e ANPUR, 1993.
- _____. *Desenvolvimento Sustentável – O desafio do século XXI*. Rio de Janeiro: Editora Garamond, 2005.
- _____. *Meio Ambiente e Desenvolvimento*. São Paulo, Editora Senac, 2006.
- _____. *A Emergência Socioambiental*. São Paulo, Editora Senac, 2007.
- _____. [1991] *O desenvolvimento agrícola: uma visão histórica*. 2ª edição. São Paulo: Edusp, 2007.
- _____. "Ambientalismo, entre crença e ciência". *Folha de São Paulo*, 06/01/2007.
- _____. "Reabilitar Georgescu". *Valor Econômico*, 08/02/2008a.
- _____. "O que é preciso salvar". *Página 22*, 18/04/2008b.
- _____. *Aquecimento Global; Frias contendas científicas*. São Paulo: Senac, 2008.
- VEIGA, José Eli da & VALE, Petterson Molina. "Aquecimento Global: um balanço das controvérsias". Texto apresentado na sessão de 7 de Novembro 2007 do ciclo de seminários do Departamento de Economia da FEA/USP intitulado "Brasil no Século XXI: Desafios do Futuro". http://www.zeeli.pro.br/VEIGA_VALE_12_NOV_07.pdf
- VEIGA, José Eli da & VALE, Petterson Molina. "Economia e Política do Aquecimento Global". In: *Aquecimento Global; Frias contendas científicas*. São Paulo: Senac, 2008, pp. 59-82.
- VIVERET, Patrick. *Reconsiderar a riqueza*. Brasília: Ed. UnB, 2006.
- WICKSTEED, Philip. *An essay on the co-ordination of the laws of distribution*. London: Macmillan & Co, 1894.
- WITT, Ulrich. *Evolutionary Economics*. London: Edward Elgar, 1993.
- _____. "Evolutionary Economics." *The New Palgrave Dictionary of Economics*. Second Edition. Eds. Steven N. Durlauf and Lawrence E. Blume. Palgrave, 2008. http://www.dictionaryofeconomics.com/article?id=pde2008_E000295
- WOLF, Martin. "Uso da energia requer controle" (Trad. Paulo Migliacci). *Folha de São Paulo*, 17/11/ 2007.

WORLD BANK. *Where is the wealth of Nations?* Washington, DC, The World Bank, Conference Edition, draft of July 15, 2005.

WORLD RESOURCES INSTITUTE. *The weight of the nations: material outflows from industrial economies*. Washington: World Resources Intitute, 2000.

ZAMAGNI, Stefano. "Georgescu-Roegen on consumer theory: an assessment", in: MAYUMI, Kozo & GOWDY, John. *Bioeconomics and sustainability: essays in honor of Nicholas Georgescu-Roegen*. Edward Elgar, 1999.

ZAMAGNI, Stefano & SCREPANTI, Ernesto. *An Outline of the History of Economic Thought*. Oxford: Clarendon, 1993.

_____. "A Post-Smithian Revolution?", in: *An Outline of the History of Economic Thought*. 2ª edição. Oxford Online Monographs, 2005. Disponível em: <http://fds.oup.com/www.oup.co.uk/pdf/0-19-927914-4.pdf>

Bibliografia de Georgescu

_____. (1930) "Le Probleme de la Recherche des Composantes Cycliques d'un Phenomene" (dissertation). *Journal de la Societe de Statistique de Paris*, October: 5-52.

_____. (1935a) "Note on a Proposition of Pareto," *Quarterly Journal of Economics* 49: 706-714.

_____. (1935b) "Fixed Coefficients of Production and the Marginal Productivity Theory," *Review of Economic Studies* XX, October: 40-49.

_____. (1936a) "Marginal Utility of Money and Elasticities of Demand," *Quarterly Journal of Economics* 50, May: 533-539.

_____. (1936b) "The Pure Theory of Consumer's Behavior," *Quarterly Journal of Economics* 50, August: 545-593.

_____. (1950a) "The Theory of Choice and the Constancy of Economic Laws," *Quarterly Journal of Economics* 64, February: 125-138.

_____. (1950b) "Leontief's System in the Light of Recent Results," *Review of Economics and Statistics* 32: 214-222.

_____. (1954a) "Choice and revealed preference". *Southern Economic Journal*. J. 21, 119-130.

_____. (1954b) "Choice, expectations, and measurability". *Quarterly Journal of Economics* 68, 503-534.

_____. (1958a) "Threshold in choice and the theory of demand". *Econometrica* 26, 157-168.

_____. (1958b) "The nature of expectation and uncertainty" in: *Analytical Economics*, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1966.

_____. (1960) "Economic Theory and Agrarian Economics," *Oxford Economic Papers*, N.S. 28, February, 1-40. Reprinted in *Energy and Economic Myths*, New York: Pergamon Press, 1976. The page numbers in text refer to the 1976 reprint.

_____. (1965a) "The Institutional Aspects of Peasant Economies: A Historical and Analytical Review," in: *Energy and Economic Myths*, New York: Pergamon Press, 3-36.

- _____. (1965b) "Process in Farming Versus Process in Manufacturing: A Problem of Balanced Development," in U. Papi and C. Nunn, (eds.) *Economic Problems of Agriculture in Industrial Societies*, London: MacMillan, 1969.
- _____. (1966) *Analytical Economics*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- _____. (1968a) "Utility," in *The International Encyclopedia of the Social Sciences*, Vol. XVI, New York: Macmillan, 236-267.
- _____. (1968b) "O estrangulamento: inflação estrutural e o crescimento economico" *Revista Brasileira de Economia*, 22, pp. 5-14.
- _____. (1970a) "The economics of production" Richard T Ely lecture. *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 60, 2, pp.1-9.
- _____. (1970b) "Uma análise crítica da função de produção neoclássica". *Revista de Teoria e Pesquisa Econômica*. Instituto de Pesquisas Econômicas da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo. Vol I, nº1, Abril de 1970, pp. 11-35.
- _____. (1971) *The Entropy Law and the Economic Process*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- _____. (1973a) "The Entropy Law and the Economic Problem". In: Herman Daly(ed) *Toward a steady-state economy*. S.Francisco: Freeman.
- _____. (1973b) "Utility and Value in Economic Thought," *Dictionary of the History of Ideas*, New York: Scribner's, Vol. IV, 450-458.
- _____. (1973c) "Teoria Econômica e Economia Agrária". In: Carlos Pelaez (ed). *Ensaio sobre Café e desenvolvimento econômico*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, 1973, pp. 359-99.
- _____. (1974a) "Towards a Human Economics", *American Economic Review*, LXIV, 2, 1974, p. 449.
- _____. (1974b) "Fisiologia do desenvolvimento econômico". In: *Painéis internacionais sobre desenvolvimento socioeconômico*. Rio de Janeiro, APEC, 1974, pp. 335-47.
- _____. (1975) "Bioeconomic aspects of entropy". In: Jiri Zeman (ed) *Entropy and Information in Science and Philosophy*. Amsterdam: Elsevier, 1975, pp.125-42.
- _____. (1976a) "Foreword," *Energy and Economic Myths*, New York: Pergamon Press.
- _____. (1976b) "Energy and Economic Myths," *Energy and Economic Myths*, New York: Pergamon Press, 3-36.
- _____. (1976c) "A Economia Política como extensão da Biologia". In: M. Buescu (ed). *A moderna História Econômica*. Rio de Janeiro: APED, 1976.
- _____. (1977a) "Inequality, Limits and Growth from a Bioeconomic Viewpoint," *Review of Social Economy* XXXV, 3: 361-375.
- _____. (1977b) "The Steady State and Ecological Salvation: A Thermodynamic analysis". *BioScience* 27, 4: 266-270.
- _____. (1977c) "Matter, matters too", in: WILSON, K.D. (ed.), *Prospects for Growth: changing expectations for the future*. Praeger, New York, pp. 293-313.
- _____. (1977d) "Bioeconomics: a new look at the nature of economic activity". In: *The political economy of food and energy*, edited by Louis Junker. Ann Arbor: University of Michigan, 1977, pp.105-34.
- _____. (1978) "Technology assessment: the case of the direct use of solar energy". *Atlantic Economic Journal*, December, pp.15-21.
- _____. (1979a) "Energy Analysis and Economic Valuation," *Southern Economic Journal* 45: 1023-1058.

_____(1979b) "Comments on Stiglitz and Daly", in: SMITH, Vincent Kerry *Scarcity and Growth reconsidered*. John Hopkins University Press, 1979.

_____(1980) "Métodos em Ciência Econômica". Tradução de Elizabeth Santos Brandão, revisão de Denise Williamson, do original publicado no *Journal of Economic Issues* XIII (June 1979, pp.317-28), publicado em português *Edições Multiplic* Vol. 1, No.2 (Dezembro 1980): 115-27, editado por Antonio Maria da Silveira.

_____(1982) "The Crisis of Resources: Its nature and its unfolding", pp.09-24. In: DANEKE, Gregory, A. *Energy, Economics and the Environment*. D.C Health and Company.

_____(1983) "Hermann Heinrich Gossens: His Life and Work in Historical Perspective," Introduction to Hermann Heinrich Gossens, *The Laws of Human Relations and the Rules of Human Actions Derived Therefrom*, R.C. Blitz (translator), Cambridge, MA: MIT Press.

_____(1984) "Feasible Recipes Versus Viable Technologies," *Atlantic Economic Journal* XII, March, 21-31.

_____(1986a) "The Entropy Law and the Economic Process in Retrospect," *Eastem Economic Journal* XII: 3-25.

_____(1986b) "Man and Production", in: Baranzini, Mauro & Scazzieri, Roberto. *Foundations of Economics*. Basil Blackwell.

_____(1989a) "An Emigrant from a Developing Country: Autobiographical Notes I," in J. A. Kregel (ed.) *Reflections of Eminent Economists*, New York: Macmillan.

_____(1992a) "Nicholas Georgescu-Roegen About Himself," in Michael Szenberg (ed.) *Eminent Economists and Their Life Philosophies*, Cambridge: Cambridge University Press: 128-160.

_____(1992b) "Nicholas Georgescu-Roegen," in Philip Arestis and Malcolm Sawyer(eds.) *A Biographical Dictionary of Dissenting Economists*, London: Edward Elgar, 179-187.

_____(1993a) "An Emigrant from a Developing Country: Autobiographical Notes - II," *BNL Quarterly Review*, 184, March: 3-30.

_____(1993b) "Thermodynamics and We the Humans," in Juan Martinez-Alier and Eberhard Seifert (eds.) *Entropy and Bioeconomics*, Milan: Nagard, 184-201.

_____(1993c) "Looking Back," in Juan Martinez-Alier and Eberhard Seifert (eds.) *Entropy and Bioeconomics*, Milan: Nagard, 11-21.

_____(1995). *La décroissance: Entropie, écologie, économie*.

(tradução e apresentação de Jaques Grinevald e Ivo Rens) Paris: Éditions Sang de la terre. Disponível em:

http://classiques.uqac.ca/contemporains/georgescu_roegen_nicolas/decroissance.html

Anexo I

Nicholas Kaldor, 1908-1986.

Suas contribuições foram muitas em muitas áreas, mas pode ser lembrado como tendo forjado junto com Joan Robinson, o núcleo da Escola de Cambridge (Inglaterra), e escolas afiliadas como Neo-Ricardiana e a Pós-Keynesiana.

Oskar Ryszard Lange, 1904-1965.

O grosso das contribuições de Lange está no período 1933-45, em que tentou juntar a teoria neoclássica do preço com suas convicções socialistas. Argumentou que uma economia estatal podia ser mais eficiente do que uma economia de livre mercado no livro de 1938 *On the Economic Theory of Socialism*.

Wassily Leontief, 1906-1999

O nome de Leontief tem sido associado a um tipo particular de Economia quantitativa: a análise insumo-produto. Foi por suas contribuições nessa área que ele ganhou o prêmio Nobel em 1973.

Fritz Machlup, 1902-1983

Notável por ter sido um dos primeiros economistas a examinar o conhecimento como um recurso econômico. Estudou economia nos anos 1920 em Viena com Ludwig Von Mises e Friedrich Hayek. Foi presidente da Associação Americana de Economia em 1966.

Paul M. Sweezy, 1910-

Paul Sweezy é conhecido principalmente por ter analisado a competição monopolística e por ter reintroduzido o pensamento marxista na Economia com o livro *Teoria do desenvolvimento Capitalista*, de 1942.

Anexo II

I) Questionário sobre o Georgescu respondido por Eleutério Prado, e enviado para o correio eletrônico andrei@usp.br no dia 30 de Setembro de 2007.

1) Qual a maior contribuição de Georgescu? Qual uma possível causa de ele ser ignorado na academia?

Georgescu, como se sabe, tem muitas contribuições teóricas à teoria econômica. Em particular, foi ele quem pela primeira vez formulou a idéia da preferência revelada – e não Paul Samuelson (que, é bom lembrar, reconheceu isso tardiamente). Aliás, ele foi tido por longo tempo como um economista neoclássico. Mesmo assim, a sua importância como teórico não foi bem reconhecida na academia americana; como sabe, Georgescu imigrou nos pós-guerra para os Estados Unidos da América, fugindo da ascensão do comunismo na Romênia. Talvez porque era um intelectual erudito formado na tradição européia e que estava mais preocupado em fazer coisas importantes no campo científico do que competir com os colegas. Como se sabe, a cultura norte-americana é muito pragmática e valoriza exageradamente o sucesso.

Quando ele, finalmente, escreveu a *Lei da entropia e o processo econômico*, em 1971, deixou de ser esquecido para ser menosprezado. Agora, ele se transformara num crítico da modelagem mecânica em teoria econômica: esta trabalha – menciona aí – só a locomoção que é reversível e não contempla as mudanças qualitativas. Ele se tornara, agora, uma ameaça à teoria neoclássica quando essa teoria entrava já na sua fase de decadência e se tornava mera religião. Nesse livro, Georgescu ataca também o marxismo. Buscando naturalizar o valor e a produção de valor, acentua o caráter negatrópico do valor econômico; a própria termodinâmica, segundo ele, vem a ser uma física do valor econômico. De qualquer modo, ele tem razão em relacionar a lei da entropia com as mudanças qualitativas e com a irreversibilidade dos processos naturais, as quais se encontram também na base dos processos econômicos.

2) A Lei da Entropia tem alguma relevância para a Economia?

O sistema econômico deve ser encarado com um “ser vivo” já que está sempre contrariando a lei da entropia crescente que prevalece nos sistemas fechados. O sistema econômico deve visto, pois, como um

sistema aberto. Ou seja, ele troca energia com o ambiente: recebe energia em formas nobres, ditas livres, e a devolve sob formas degradadas. É por isso que a lei da entropia tem importância fundamental na área de meio ambiente. Mas a lei da entropia, como se sabe, também uma dimensão informacional. É possível encarar o sistema econômico como uma máquina computacional que opera evolutivamente e cujo funcionamento origina a chamada auto-organização. Sabe-se pouco sobre essa última questão. De qualquer modo, é evidente que temos aí temas absolutamente relevantes não só para a Economia como ciência, mas também para a própria sobrevivência da humanidade na face da terra. Georgescu acentuou a importância da lei da entropia para a questão populacional e para a questão da poluição – ainda que o tenha feito de um ponto de vista elitista europeu.

3) O que na obra de Georgescu se relaciona com sua área de pesquisa?

Junto com os professores Jorge Soromenho, Décio Kadota e Gilberto Lima, estou estudando e trabalhando na área de economia e complexidade, num grupo chamado Complex. A suposição básica dessa linha de investigação é que o sistema econômico é um sistema adaptativo complexo que possui a propriedade da auto-organização. Georgescu foi um pioneiro na aplicação do conceito de entropia na esfera da teoria econômica. Recentemente, Duncan Foley usou o conceito de ‘equilíbrio termodinâmico’ para tratar o problema clássico da interação generalizada no mercado de um conjunto muito grande de atores econômicos. Ele mostrou que o equilíbrio de ponto da análise de equilíbrio geral é um caso particular do primeiro, ou seja, aquele em que a entropia é nula. Agora, sabendo que o equilíbrio termodinâmico é obtido maximizando a entropia do sistema, chega-se à seguinte proposição importante: o sistema econômico enquanto um sistema auto-organizado se encontra necessariamente entre esses dois limites. Assim, o sistema econômico não pode ser visto como estando em equilíbrio no sentido da análise dinâmica tradicional, em que a organização é perfeita, nem no sentido termodinâmico, em que prevalece a perfeita desorganização. Isto abre uma agenda de pesquisa promissora cujo desenvolvimento mudará profundamente a teoria econômica tal como ela é hoje estudada e desenvolvida.

II) Questionário sobre o Georgescu respondido por Charles Mueller, e enviado para o correio eletrônico andrei@usp.br no dia 29 de Outubro de 2007

Fui aluno do prof. Georgescu-Roegen na Universidade de Vanderbilt, quando fazia os cursos para o meu PhD (1968-70). Infelizmente, então ele já estava em fase de ‘desativação’: aposentou-se um pouco depois. Assim, no meu tempo em Vanderbilt ensinou (e de forma magistral) o curso de Estatística. Estava mesmo gravando suas aulas com o objetivo de compor um livro, que infelizmente não foi concluído. Criticava muito os cursos convencionais de estatística na pós-graduação por sua ênfase em álgebra, em fórmulas matemáticas; é neles não se procurava dar aos alunos uma visão intuitiva sobre o que essas fórmulas significavam e o que efetivamente mediam.

Obviamente, tive que estudar material dos cursos de Análise Econômica que o Georgescu ministrou anteriormente, pois ele foi membro da banca do exame de qualificação para o PhD. Mas não é a mesma coisa. O Georgescu foi um mestre exímio; tinha uma invejável capacidade de comunicação, de transmissão do conhecimento. Mas só vim a estudar mais intensamente o material do mestre bem depois, especialmente no período sabático de 1992/93 que passei na Universidade de Illinois. Foi então que me aprofundei na área de especialização de economia do meio ambiente, a que me dedico atualmente.

Se, de um lado, o prof. Georgescu era exímio mestre, do outro lado, era personalidade forte, difícil, enérgica ao extremo, um quase de tirano no seu trato com alunos, e mesmo colegas. Não aceitava displicência, abordagens superficiais, tratamento descuidado. Às vezes reagia violentamente. Os poucos que fizeram suas teses sob a orientação do Georgescu comeram do ‘pão que o diabo amassou’. Pergunte ao prof. Ibraim Eris, que foi um desses poucos. Acredito que é por essa razão que o Georgescu não formou escola. Contribuiu de forma marcante para a Ciência Econômica, mas deixou poucos continuadores estritamente na sua linha, discípulos mais assíduos e fieis. Um desses poucos foi o Herman Daly, mas ele nunca foi aceito como tal pelo Georgescu que, em várias ocasiões o atacou com virulência impressionante.

Respondo, a seguir, suas perguntas:

1) Qual a maior contribuição de Georgescu? Qual uma possível causa de ele ser ignorado na academia?

A contribuição do prof. Georgescu é vastíssima. Mais que um economista, o considero um filósofo da ciência, que procurou ir à essência dos fenômenos que estudava. Na década de 1940 ele participou de forma importante da reformulação da teoria do consumidor (veja o Prefácio do Samuelson ao livro do

Georgescu Analytical Economics, publicado em 1966). Foi parte de um esforço para ir à essência da análise econômica, e que continuou a conduzir até o fim de sua vida. Na verdade, quando, após a reformulação da teoria do consumidor, passou a dissecar a teoria da produção, ficou chocado com que viu. Como a Joan Robinson, o Georgescu também considera que com sua teoria da produção, a análise neoclássica vem incutindo em geração após geração de economistas, hábitos displicentes de pensamento.

Reformulou a teoria da produção, começando com o tratamento dos fatores de produção, que diferenciou entre fatores de fundo – os agentes do processo produtivo – e fatores de fluxo – materiais, peças, componentes transformados por tais agentes; e mostrou as falhas da função de produção neoclássica, não só por misturar essas duas categorias, mas, particularmente, ao supor que a produção se faz sem resíduos, sem rejeitos. O problema é que na sua reformulação a função de produção é substituída por uma funcional, analiticamente muito mais rigorosa, mas muito mais difícil de usar para chegar aos resultados da teoria neoclássica e em aplicações econométricas. E aí, pisou nos calos neoclássicos; estes nunca o perdoaram pelo atrevimento. O Ademar Romero tem uma citação do Samuelson – o mesmo que tratou o Georgescu como economista dos economistas no prefácio acima referido – execrando as suas contribuições mais recentes, no âmbito da teoria da produção e no uso da lei da entropia.

Foi ao rever a teoria da produção que Georgescu-Roegen se deparou com as leis da termodinâmica, notadamente a lei da entropia. Mostrou que o processo produtivo, particularmente nas sociedades humanas dos nossos dias, é eminente entrópico. Uma crescente produção com o emprego de muito mais energia que a fornecida quotidianamente pelo sol, transformou as nossas sociedades não apenas em produtoras de bens e serviços em escala cada vez maior, mas também em extratoras em ritmos preocupantes de recursos naturais básicos – notadamente os energéticos – e em geradoras de quantidades cada vez maiores de resíduos indesejados, de poluição. No âmbito do grande pessimismo que acompanhou as crises do petróleo dos anos 70, o Georgescu enfatizou o primeiro desses efeitos; estou certo, entretanto, que, se estivesse vivo, hoje enfatizaria o segundo.

Assim, é o conjunto de sua obra que Georgescu-Roegen merece destaque, embora tenha se notabilizado ao trazer para a análise econômica a lei da entropia.

2) A Lei da Entropia tem alguma relevância para a Economia?

Cada vez mais, a lei da entropia é relevante para a Economia! Como já ressaltai, os processos econômicos são entrópicos; isto é aumentam a entropia no nosso globo. Vale aqui o conceito mais amplo de entropia, de aumento de desordem no nosso globo e não somente o derivado da termodinâmica clássica – a transformação, irreversível e irrevogável, da energia que pode gerar trabalho, em energia dissipada, que não pode mais ser usada para tal fim. É óbvio que essas duas coisas vêm juntas, pois sem o uso da energia de baixa entropia a humanidade não pode gerar desordem, ou seja, aumento de entropia. E o elevado acesso a fontes de energia de baixa entropia está na essência da questão ambiental do nosso tempo.

Entretanto, Georgescu tentou levar ao extremo ao emprego da lei da entropia; acabou forçando a mão para criar uma nova lei da termodinâmica – a da entropia da matéria. Dizem os entendidos que essa extensão da lei não é correta; além disto, considero que foi desnecessária.

Na verdade, é uma pena que Georgescu não se valeu da teoria das estruturas dissipativas de Prigogine e colegas, da Escola de Bruchelas. Segundo essa teoria – criada para descrever a interação entre sistemas da física, da química, mas que foi estendida para o estudo do funcionamento do sistema econômico — a economia (a econosfera) deve ser considerado uma estrutura dissipativa. A econosfera é um sistema aberto inserido em um sistema maior – o ecossistema global – que vem se mantendo em estado de estabilidade longe do equilíbrio termodinâmico (o estado de morte térmica), graças à dissipação da energia usada no seu funcionamento para o sistema maior que a contém. Dado seu acesso a energia do abundante (ainda) capital energético do nosso globo (os combustíveis fósseis), a econosfera não só engendrou uma formidável expansão demográfica, como ampliou fortemente a produção material per capita. O resultado disto tem sido um preocupante aumento de entropia no ecossistema global. O problema é que, no limite, esse processo pode vir a romper com a estabilidade longe do equilíbrio da econosfera – vide o efeito estufa.

É este o emprego da lei da entropia que vem sendo feito por economista ecológicos como Robert Ayres, entre muitos outros. Foi, também, o caminho trilhado por Keneth Boulding que, com Georgescu, foi um dos precursores da disciplina de economia ecológica. É pena que Georgescu não tenha enfocado desta forma a lei da entropia; na sua obra máxima, publicada em 1971, o livro *The Entropy Law and the*

Economic Process Georgescu nem mesmo faz referência a uma abordagem tratando o sistema econômico como estrutura dissipativa estável longe do equilíbrio; no seu índice remissivo de autores não aparece o Prigogine. Mas num texto de 1986 (The entropy Law and the economic process in retrospect, Eastern Economic Journal, vol. XI, n. 1, jan./mar., p. 3-25), Georgescu menciona Prigogine em suporte a seu resgate da lei da entropia para a Análise Econômica. E no artigo, emprega a linguagem da teoria de interação de sistemas. [Um parêntesis: a publicação desse artigo mostra o anátema que Georgescu se tornou para o *mainstream* neoclássico. Seria de se esperar que o artigo fosse aceito para publicação em journals de primeira linha de economia. No entanto, só conseguiu aceitação nesse journal muito pouco conhecido do interior dos Estados Unidos].

3) O que significa a idéia de decrescimento? Como se daria esse processo?

Georgescu-Roegen nunca aceitou a tese do estado estacionário de Herman Daly. Para ele a finitude dos recursos naturais à disposição da humanidade necessariamente a levará, mais cedo ou mais tarde, a ter que regredir (com menos gente e menos consumo per capita). No seu trabalho de 1986 encontra-se a seguinte frase que elucida o seu pensamento: como “... *para todos efeitos a Terra é um sistema fechado, alguns materiais vitais para a atual tecnologia ‘quente’ cedo ou tarde se tornarão extremamente escassos (na sua forma atual), mesmo mais escassos que a energia fóssil. Isso também expõe a fraqueza lógica da promessa de salvação ecológica de uma economia de estado estacionário tão convincentemente propugnada por Herman Daly.*”

Em um desabafo exasperado chega a afirmar: “*Talvez o destino do homem seja o de ter vida curta, mas fogosa, ao invés de existência longa mas vegetativa e sem grandes eventos. Deixemos outras espécies – as amebas, por exemplo – (...) herdar o globo terrestre ainda abundantemente banhado pela luz solar.*” Essas citações deixam nítido que, para Georgescu o declínio da humanidade é inexorável; e que depende de seus padrões de produção e consumo a velocidade com a qual esse declínio se processará.

Em outros termos, para Georgescu, a menos que haja transformação radical na sociedade contemporânea e nos seus hábitos de consumo e de produção, o estado estacionário a que se chegará será o de uma reversão a uma sociedade do tipo da pré economia industrial. Georgescu concorda – e defende mesmo – que se deve procurar ‘esticar’ o tempo de duração da nossa atual prosperidade, evitando desperdícios e exageros no uso de recursos não renováveis. Mas considera inexorável a trajetória no sentido do declínio. Não considera viável um estado estacionário meia boca que possa evitar isto.

4) O que na obra de Georgescu se relaciona com sua área de pesquisa?

Acho difícil apontar um aspecto em particular que mais me influenciou na obra do Georgescu-Roegen. É óbvio que seu emprego da lei da entropia no contexto da análise da operação da economia de nossos dias teve grande importância. Mas acho que merece ênfase, também, sua crítica à epistemologia mecanicista da análise neoclássica, bem como a sua abordagem mais rigorosa do processo produtivo, com suas ramificações para avaliações da sustentabilidade do atual desenvolvimento, e especialmente, para uma crítica bem fundamentada de abordagens delirantemente otimistas nesse sentido de autores neoclássicos.

Mas, de forma especial, o que mais aprecio na obra do mestre é o seu rigor epistemológico, a fuga a simplificações, que podem ser convenientes do ponto de vista da modelagem econômica, mas que acabam escondendo ou retirando de cena aspectos fundamentais do funcionamento do sistema econômico e conduzindo a visões nitidamente equivocadas dos problemas ambientais de nossos dias.

III) Questionário sobre o Georgescu respondido por João Rogério Sanson, e enviado para o correio eletrônico andrei@usp.br no dia 26 de Maio de 2008.

Fui aluno do G-R durante um ano, na disciplina de Estatística, no ano letivo de 1972-1973. A melhor aula foi a primeira, sobre séries de tempo, pois ele fez amplas considerações sobre história. Por outro lado, ele era impiedoso com erros crassos dos alunos. Fui vítima de uma dessas broncas no primeiro mês de aulas e quase desisti da disciplina. Mas no ano seguinte, consegui dele uma bela dedicatória no livro *The Entropy Law*.

Alguns anos depois, escrevi para ele sobre um autor que ele menciona sem referência bibliográfica na resenha sobre utilidade, publicada na *International Encyclopedia of Social Sciences*, e ele prontamente

me respondeu com uma carta encorajadora. Só me interessei pela parte referente ao meio ambiente do livro muito tempo depois ao pesquisar para meu artigo publicado na revista EconomiA.

Numa recepção, quando de uma palestra do Cláudio de Moura Castro em Vanderbilt, o Georgescu tomou umas e outras e ficou bastante alegre. Mostrou que conhecia vários idiomas, como o francês e o italiano, e ficou bastante entusiasmado com as mulheres presentes, mas sempre de maneira educada.

Quando da visita a Vanderbilt de William Jaffé, o famoso tradutor do texto de Leon Walras, ele e o Georgescu combinaram uma piada inicial para a palestra. O Georgescu perguntou se o Walras realmente usava um barrete sobre a cabeça, numa foto famosa dele. O Jaffé confirmou e, para surpresa de todos, puxou do bolso um barrete e disse que era o próprio barrete do Walras. A sala veio abaixo. Depois ele explicou que havia conhecido Walras na velhice e que posteriormente a família lhe havia dado de presente o famoso barrete.

Um estudante brasileiro que conheceu o Georgescu mais de perto foi o Dionísio Carneiro, da PUC-RJ, pois ele foi monitor da disciplina de estatística no ano em que a cursei. Eu a cursei junto com o Luiz Paulo Rosenberg, o Peliano e o Adriano Batista Dias, hoje na Fundação Joaquim Nabuco.

O Adriano Dias até alguns anos atrás tinha as aulas do Georgescu gravadas em fitas, na verdade uns fitões. No ano anterior, a turma de brasileiros havia gravado e transcrito essas aulas. Cheguei a usar uma dessas transcrições. Quem as tinha era o Jorge Jatobá, também de Recife, e o Aécio Cunha, hoje funcionário do Senado. Eu fiz uma apostila do curso, mas não creio que o material seja aproveitável. Serviria no máximo para dar uma idéia da estrutura do curso. Quanto ao curso de teoria econômica, que não pude fazer por ter interrompido meu curso de doutorado por três anos, sei que o Aécio Cunha fez anotações bastante detalhadas, provavelmente baseadas também em gravações.

1) Qual a maior contribuição de Georgescu?

O que mais me impressiona é o artigo sobre a teoria do consumidor de 1936. É o "The pure theory of consumer's behavior", publicado no *Quarterly Journal of Economics*. É uma pioneira abordagem axiomatizada da teoria, bastante sofisticada do ponto de vista matemático.

2) A Lei da Entropia tem alguma relevância para a Economia?

Pelo que entendi tem, mas o horizonte temporal envolvido parece longo demais. Muitíssimo mais longo que os horizontes temporais que enfatizo em meu artigo.

3) O que na obra de Georgescu se relaciona com sua área de pesquisa?

No geral, a preocupação com a viabilidade do crescimento econômico no longuíssimo prazo. No específico, a preocupação com o tratamento do lazer e do trabalho, com o significado de informação e com a questão do "enjoyment of life". Isso aparece recentemente em meu artigo da revista EconomiA e anteriormente na série de artigos sobre lazer-trabalho, alguns não publicados.

4) Qual uma possível causa de ele ser ignorado na academia?

Até os anos 1970, ele conseguiu um grande prestígio acadêmico internacional, tendo recebido homenagem até da *American Economic Association*. Há um número da *American Economic Review* com essa homenagem. Depois do livro *The Entropy Law and the Economic Process* acho que ele passou a opinar sobre questões muito aplicadas, fora do contexto teórico do próprio livro. Lembro de ter lido algumas passagens do *Energy and Economic Myths* que eram quase panfletárias e totalmente fora do tipo de análise mais técnica que ele havia feito anteriormente. É claro que ele estava já idoso e com baixo custo de oportunidade para escrever o que viesse à cabeça, mas isso o descolou da imagem de teórico que tinha anteriormente. Assim, ficou difícil ir para o Prêmio Nobel, embora muita gente achasse que ele tinha contribuições suficientes para isso. Embora seja temerário generalizar, penso logo em Einstein e Samuelson, que passaram a dizer coisas panfletárias depois de devidamente reconhecidos e premiados pela academia, o que conseguiram relativamente cedo em suas carreiras.

IV) Transcrição editada do relato de Ibrahim Eris sobre o Georgescu, gravado no dia 7 de Dezembro de 2007.

“Minha relação com Georgescu começou em 1966, como aluno-professor, e em 1967 ele me convidou para ser seu assistente no curso que ele dava. Até 1970 tivemos contato diário. Todo dia de manhã tinha aula, e na hora do almoço ia almoçar tentando fugir dele. Às 13h e 30 min chegava ao escritório. Trabalhava até às 16h. Levava as malas pro carro dele e ele ia embora. Chegamos a ter uma relação muito mais que professor aluno. Relação verdadeiramente emocional. Na Turquia você cresce aprendendo a endeusar professor, o que está relacionado de certa forma à cultura muçulmana. E Georgescu, da Europa oriental, era muito rígido. Tinha a idéia de que o professor era uma figura intocável. Os alunos americanos são relativamente mais desleixados e não endeusam os professores.

Fui o único aluno que concluiu uma tese com Georgescu. Outro aluno tentou, mas chegou um ponto que teve que pedir transferência para outra universidade. Ele era muito exigente, e tinha uma personalidade muito difícil. Cheguei a desistir e marcar a passagem para o Brasil. Por sorte encontrei o membro do comitê que me perguntou quando ia ser a defesa. Respondi que não dava pra concluir com Georgescu. E o professor não entendeu nada, pois Georgescu tinha dito a ele que eu era brilhante e estava concluindo uma tese muito boa. Então eu que já estava há 1 mês lá esperando o momento de defender falei com Georgescu e defendi. Georgescu fez uma festa enorme para mim para comemorar depois da defesa.

Georgescu era academicamente brilhante. Não fazia nenhuma concessão na busca de popularidade e reconhecimento. Mas era uma pessoa cheia de complexos. Politicamente conservador e anticomunista, na política americana era tipo um republicano. Nos meios intelectuais sempre têm algum patrulhamento ideológico e isso não facilitou. Não tinha filhos, portanto, nenhuma perspectiva futura. A ligação emocional e as broncas que dava em mim eram como de pai pra filho. Ele queria ser invisível, tinha hábitos muito modestos, todas as suas viagens eram ligadas a conferências, congressos, e não por lazer.

Academicamente estava fora das idéias do momento, e geograficamente isolado, por opção própria. Georgescu respeitava as religiões, mas era um agnóstico. Gostava de cidade pequena e conservadora. O fato de ele não ter aceitado o convite de ir pra Harvard mudou muita coisa. Elites da ciência se localizam em certos lugares. Se se está fora geograficamente daquele espaço você é esquecido. MIT, Chicago, Stanford faziam a corrente da ciência econômica.

Por que nunca recebeu o Nobel? Nobel premia uma obra completa. E Georgescu sonhava com isso tanto que ficou amargurado por não tê-la recebido. Não recebeu porque não fazia parte dos centros importantes, seu pensamento era fora da corrente, e sua personalidade atrapalhou muito. Afinal, você é votado pelos seus colegas. Ele era um alienígena em relação a qualquer corrente que se olhe. Acho muito engraçado os ambientalistas e ecologistas considerarem Georgescu como um “papa”. Provavelmente Georgescu os achava malucos. Georgescu era um cientista do tipo enciclopedista, como Marx. Só lia ciência, não lia literatura. Achava-se obrigado a entender de todos os assuntos: Química, Física e Biologia. E não era superficialmente. Tirava lições de todas as ciências. Mas o século XX foi a era da especialização - pegar um pedacinho da sua ciência e contribuir a vida inteira para aquilo.

Escrevi sobre o modelo Arrow-Debreu. A contribuição de Georgescu foi zero para esse assunto. A não ser na introdução da tese que falava um pouco do John Hicks. Fiz com Georgescu, pois queria perpetuar a relação que vinha tendo nos últimos anos. Aprendi o que é ciência, o que é epistemologia, e o que é Economia. Percebi que não tinha entendido nada de economia até aprender com Georgescu. Por que ele era diferente de todos? Pra começar, não era economista. Era matemático e estatístico. Toda Economia que ele aprendeu foi por leitura. Ninguém expôs a ele a economia corrente. Provavelmente nunca leu um livro-texto. Leu Marx, Ricardo, Keynes, Schumpeter. Assim, criou uma estrutura lógica na sua cabeça para o que é Economia. Sua aula de microeconomia seria inútil para se fazer um prova da Anpec, por exemplo.

Seus melhores leitores eram Samuelson e Arrow. Eles entendiam o que Georgescu queria dizer. Não tinha medo de escrever um artigo com teoremas para teoria do consumidor que não se encaixassem no esquema do “equilíbrio geral”. Ele queria saber se teoria explicava ou não a realidade. Em geral as teorias se encaixam no esquema maior de equilíbrio geral, ganhando uma solidez que na verdade não têm. Georgescu não tinha essa visão. As contribuições dele não se encaixavam no esquema maior. Por isso, não tiveram desdobramentos. Esse estilo de trabalhar o prejudicou muito, ninguém via ele como um grande ‘contribuidor’ da economia neoclássica, mesmo tendo contribuído. Tinha sérias dúvidas sobre o poder de explicação do “equilíbrio geral”.

Minha tese era uma cutucação ao modelo bonitinho. Mas Georgescu cutucava a ciência econômica em geral, a idéia de estática e equilíbrios que se perpetuam. Muito mais próximo de uma visão biológica do

que mecânica. Na Física, o que o fascinava era o princípio da indeterminação: as coisas são probabilísticas. E distinguia incerteza de risco. Admirava Schumpeter, e o considerava como sendo o maior economista. Tinha extrema alergia aos modelos simplistas. Inclusive aqueles que tratavam da suposta Entropia da informação. Quando escrevia era mais elegante. Mas considerava isso um charlatanismo..

Como chega à questão da Ecologia? Ele não estava preocupado com o ambiente, e sim com a questão de *qual é o objetivo da atividade econômica*. O que é a economia como um processo? Como todo processo, entra algo e saem outras ao longo do tempo. No processo econômico entram os seguintes ‘insumos’, natureza e ser humano, e nada mais entra. Todo o resto é feito por essas duas coisas. Ponto.

E o que sai do processo? Se se faz um corte, o que sai é lixo que é despejado na natureza. Por isso, o objetivo do processo é produzir lixo? Não!! É a felicidade humana. Cientistas econômicos tentaram caracterizar essa felicidade como Bentham, que chamou isso de utilidade. Aí veio a questão se é possível mensurar a utilidade.

Qual é a verdadeira limitação de processo econômico? É a natureza. A questão da saída de lixo também o remete a questão dos ambientalistas. Ele chegou a esses assuntos por meio da termodinâmica, e de pensar processo econômico. Os ambientalistas descobriram Georgescu depois. Para o próprio Georgescu a ficha caiu muito tempo depois. Aí começou a trabalhar mais esse aspecto.

Mas sua preocupação era de outra de ordem. Qual é a verdadeira limitação do processo econômico. Nesse período Georgescu não tinha virado *darling* dos ambientalistas. Na época, o movimento estava muito mais associado ao movimento hippie, à esquerda, e à revolução feminina.

Não acho que seja possível dividir a obra de Georgescu em duas fases. Há uma linha coerente em toda carreira. Se se lê com cuidado, mesmo as contribuições mais complicadas de matemática se encaixam no pensamento mais tardio. No final da vida, contudo, ele cedeu alguma coisa na necessidade de ser reconhecido. Identificação com o movimento ambientalista foi provavelmente uma concessão. Sua preocupação estava em outro nível. Não era com a limpeza dos rios.

Uma diferenciação acadêmica no final da vida é normal, pois não se tem todo o brilhantismo de jovem. Georgescu procurou fazer uma síntese sobre o processo econômico. Quem faz as distinções entre 2 fases de Georgescu são pessoas que têm certa alergia à linguagem matemática. O rigor lógico continuou igualzinho mesmo quando ele passou a usar mais palavras.

Georgescu escreveu à mão. Todos os dias ele levava 5 folhas para mim, e me pedia para que lesse. Queria que o livro fosse inteligível para uma pessoa com a minha capacitação: inteligente, com formação nível doutorado, e curioso. Se eu não entendesse, alguma coisa estava errada. Cada palavra foi escolhida para ser aquela palavra. Muitas vezes Georgescu aceitava minhas críticas. Em geral, minhas críticas se referiam à clareza, de modo a evitar certo hermetismo. Georgescu era um autor extremamente cuidadoso.

The Entropy law é uma obra síntese da carreira. No final de sua vida houve uma pequena mudança de preocupação, “mais pé no chão”. Não sei se autenticamente ficou preocupado ou foi uma necessidade de aceitação, pois na vida não tinha qualquer militância política.

Qual fator teve maior peso no seu isolamento como economista? O fato de não ter tido uma formação ‘normal’ de economista foi bastante importante. E o fato de ele ser um cientista do século anterior, do tipo renascentista. Na hora de dar um Nobel vem a pergunta: afinal, com quê ele contribuiu? Mas é difícil colocar um peso, afinal os fatores interagem. Geograficamente isolado, alimentou sua própria linha de pensamento. Em Vanderbilt não tinha ninguém que pudesse dialogar com ele. Se tivesse uma personalidade mais afável isso também teria contribuído para uma boa avaliação dos colegas. As pessoas não o convidavam para os eventos. Ele era áspero, quase mesquinho, tinha ciúmes. Sua vida foi uma tragédia, como a de um artista não reconhecido.

Enxergava-se a beleza da ciência nas aulas dele. Georgescu aprendeu Estatística com o fundador da estatística, Karl Pearson. Foi testemunha viva da construção da Estatística. A aula era um processo que permitia aos alunos vivenciarem a experiência de descoberta de leis e fórmulas. Em duas horas de aula, os alunos chegavam à fórmula como o próprio Pearson chegou pela primeira vez. Georgescu não estava nem aí se havia alguma implicação prática pra ciência. Dizia que depois de 50 anos talvez se descubra qual é a implicação daquela pesquisa. Ele achava que estava ensinando ciência e ponto. Quem estava lá para fazer PhD era candidato a ser cientista. Georgescu costumava diferenciar os alunos, e dizia na cara se a pessoa não era ‘material de PhD’.