

# O TRINÔMIO ECONOMIA, ENERGIA E MEIO AMBIENTE

---

*Andre Luiz Campos de Andrade<sup>1</sup>*

*Lauro Francisco Mattei<sup>2</sup>*

## Resumo

Este artigo teve como objetivo identificar o debate sobre o trinômio: economia, energia e meio ambiente, enfocando a questão climática. Após contextualizar o uso econômico da energia e expor o atual quadro energético mundial, passou-se a descrever a questão ambiental à luz das ciências econômicas, indicando-se as duas principais correntes teóricas da economia do meio ambiente e o conceito de desenvolvimento sustentável. Ao final, o artigo dedicou-se ao debate sobre o impacto do modelo energético nas mudanças climáticas. Apesar de haver uma corrente minoritária discordante, o mundo possui evidências significativas e confiáveis de que o sistema econômico através de vários segmentos, destacando-se o uso intensivo de energia, pode estar colaborando para as alterações verificadas nas condições climáticas do planeta. O uso da energia e a necessidade de readequá-lo, tanto do ponto de vista de uma maior eficiência quanto da questão da substituição das atuais fontes fósseis por fontes energéticas menos intensivas em carbono, foi umas das principais conclusões da dis-

---

1 Mestrado em Economia, Especialista Pol. Pub. e Gestão Governamental do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Brasil. E-mail: [alca\\_rj2002@yahoo.com.br](mailto:alca_rj2002@yahoo.com.br)

2 Doutorado em Ciência Econômica e Professor Associado da Universidade Federal de Santa Catarina, E-mail: [mattei@cse.ufsc.br](mailto:mattei@cse.ufsc.br)

cussão sobre como direcionar o sistema econômico para um caminho de maior sustentabilidade.

**Palavras-chaves:** Energia. Meio ambiente. Mudanças climáticas.

## Abstract

This article aims at identifying the debate on the triad economy, energy and environment, providing a greater focus to the issue of climate change. After historically contextualize the economic use of energy and expose the current global energy picture, it describes the environmental issue in the light of economic science, stating the two main theoretical approaches of environmental economics. Finally, the article is devoted to the important and urgent but controversial debate about the impact of energy model on climate change. It is pointed out that, despite a current minority dissenting, the world has significant and reliable evidence that the economic system through several segments, especially the intensive use of energy, may be contributing to the changes in climatic conditions of the planet. Energy use and the need to readequate it, both in terms of greater efficiency on the issue of replacing the current fossil energy sources to less carbon-intensive, was one of the main conclusions of the discussion about how to direct the economic system to a path of greater sustainability.

**Keywords:** Energy. Environment. Climate change.

## Introdução

Crescimento econômico e energia são questões vinculadas entre si. Essa relação foi fortalecida com o advento da Segunda Revolução Industrial que pautou o padrão energético mundial em torno dos combustíveis fósseis, notadamente o petróleo e seus derivados.

A partir de então, o consumo energético desses combustíveis avançou, de tal modo que, atualmente, 80% de toda a energia consumida no mundo são originados de fontes fósseis, o que exprime a dependência que a economia mundial possui em relação a este tipo de energia (PASCOTE, 2008).

Além de esta dependência proporcionar problemas de natureza econômica e geopolítica, a partir da década de 70, as discussões relacionadas ao impacto do sistema econômico sobre o meio ambiente vêm sinalizando que o uso intensivo da energia fóssil, através das emissões de gases do efeito estufa decorrentes das queimas desses combustíveis, é uma das

principais questões do debate sobre um desenvolvimento ambientalmente sustentável.

Compreender a relação entre o uso de energia e o sistema econômico, bem como entender os impactos desta sobre o meio ambiente, torna-se um exercício fundamental no debate sobre o desenvolvimento sustentável, motivo pelo qual este artigo pretende discorrer sobre a questão. Para tanto, o trabalho foi dividido em quatro partes, além desta introdução e das considerações finais.

Na primeira parte, trabalha-se a questão do uso econômico da energia, seus condicionantes históricos e a atual situação da energia no sistema econômico. Na sequência, aborda-se a questão ambiental sob a ótica da economia, apontando-se as duas principais correntes das ciências econômicas que tratam do tema. Na terceira parte, é contextualizado o debate ambiental sendo indicado como este surgiu e se consolidou na agenda mundial. Por fim, discorre-se sobre o tema mais premente da atual agenda ambiental, qual seja a mudança climática e os impactos negativos que o consumo energético mundial pode estar provocando sobre o sistema climático do planeta.

## **O uso econômico da energia**

Com o advento da primeira Revolução Industrial a economia passou a alicerçar suas bases em torno da disponibilidade energética. A partir de então, a energia tornou-se uma questão estratégica condensando aspectos econômicos, geopolíticos, sociais, tecnológicos e ambientais.

Pinto Jr. et al., (2007) destacam que, no cerne do movimento liderado pela Inglaterra no final do século XVIII, existia uma sucessão de aspectos tecnológicos interligados que propiciaram a mudança do paradigma em relação à utilização econômica em larga escala da energia.

O desenvolvimento industrial da época, voltado para grandes unidades produtivas mecanizadas, teria sido impossível sem a existência de uma fonte energética mais vigorosa e independente das disponibilidades da natureza, como eram as forças humana e animal. Nesse sentido, o uso da máquina a vapor como conversor de energia e de seu combustível inerente, o carvão mineral, ofereceram as condições ideais para as mudanças postas em curso. (LANDES, 1994)

O crescimento das indústrias do núcleo da primeira revolução industrial<sup>3</sup> começou a perder força no final do século XIX. No entanto, essa perda foi mais do que compensada pela ascensão de novas indústrias fundamentadas na evolução dos setores químicos e elétricos e pelo surgimento de uma nova fonte móvel de energia: o motor a combustão interna.

Como apontam Calabi et al., (1981), os acontecimentos do final do século XIX fizeram a civilização do carvão, da estrada de ferro e da máquina a vapor dar lugar ao petróleo, ao motor à explosão e automóvel, transformação que virá a ser o fator preponderante na composição do atual perfil energético.

Em ambas as etapas da Revolução Industrial, o padrão energético preponderante advinha de fontes fósseis, o que era um fator impulsionador do desenvolvimento industrial, dada a inesgotabilidade desses insumos para as necessidades do período. (PINTO JÚNIOR et al., 2007)

No entanto, o que destaca o segundo período, do primeiro surto de industrialização, liderado pelos EUA, é que suas inovações tecnológicas, sobretudo os motores à base de combustíveis fluídos e a energia elétrica, ofereceram as condições necessárias para que o novo padrão, energético e industrial, se expandisse de uma maneira muito mais acentuada do que a verificada no primeiro período.

A partir de então, os efeitos da segunda revolução industrial passaram a se aprofundar com os EUA, assumindo a vanguarda das inovações tecnológicas, ao mesmo tempo em que a dependência energética em relação aos combustíveis fósseis aumentava.

Essa dependência se expandiu ao longo do século XX por boa parte do sistema econômico global, sobretudo no pós-segunda guerra mundial, com a exportação do modelo industrial norte americano para as nações destruídas pela guerra e para as que iniciaram seu processo de industrialização tardiamente. (CALABI et al., 1981)

Cabe destacar, entretanto, que a segunda revolução industrial não trouxe consigo somente a consolidação das fontes de energia de origem fóssil como principal insumo energético para a matriz energética mundial. Também houve significativo avanço no uso da energia elétrica gerada por centrais hidrelétricas, possibilitando um maior aproveitamento decorrente da energia das águas.

---

<sup>3</sup> O núcleo da primeira revolução industrial era composto pelos produtos têxteis, ferro e aço, produtos da indústria química pesada, engenharia a vapor e transporte ferroviário.

A Tabela 1 traz a evolução do consumo mundial de energia a partir de 1900, período coincidente com os primeiros reflexos da segunda revolução industrial, até o ano de 2030. Para os anos de 2010, 2015 e 2030, a estimativa é da Agência Internacional de Energia (IEA, sigla em inglês).

Tabela 1 – Evolução do Consumo Mundial de Energia em milhões de TEP.

	1900	1950	1973	1989	2004	2010	2015	2030
<b>Carvão</b>	506	947	1538	2405	2773	3354	3666	4441
<b>Petróleo</b>	20	504	2755	3095	3940	4366	4750	5575
<b>Gás</b>	7	153	961	1508	2302	2686	3017	3869
<b>Eletricidade Primária</b>	3	76	338	901	956	1055	1127	1269
<b>Biomassa</b>	429	419	589	868	1176	1283	1375	1645
<b>Total</b>	965	2099	6181	8777	11174	12744	13935	16799

Fonte: Pinto Jr. et al (2007).

Como pode ser observado, os últimos anos do século XX apresentam uma diferença considerável em relação ao ano de 1900 no que se refere à composição do consumo energético mundial.

A biomassa, que em 1900 representava 44% do consumo energético, teve seu consumo reduzido para aproximadamente 10% no ano de 2004, dando espaço para o aumento do consumo de outras fontes, sobretudo as de origem fóssil. No ano de 2004, o petróleo, o gás e o carvão mineral responderam por um pouco mais de 80% de todo o consumo energético mundial.

### **As dimensões econômicas da energia**

O aprofundamento da relação entre o sistema econômico e a energia, principalmente no que refere ao aumento da dependência dos combustíveis fósseis, levou o binômio energia/economia a uma relação que repercute em múltiplas dimensões.

Pinto Júnior et al., (2007) apontam cinco dimensões principais desse binômio: macroeconômica, microeconômica, tecnológica, política internacional e ambiental, esta última sendo o foco principal deste trabalho.

A dimensão macroeconômica por si só apresenta uma série de condicionantes. Primeiro, porque os impactos dos investimentos em energia, devido à escala dos empreendimentos, possuem importância para a formação bruta de capital fixo. Em segundo lugar, o forte poder arrecadató-

rio da comercialização da energia a torna uma fonte de receita tributária importante para a maioria dos países. Em terceiro lugar, a importância do comércio internacional de energia que, por ter uma disponibilidade desigual entre as nações, está sujeita a oscilações de preços e estoques que podem submeter a balança comercial e a atividade econômica dos países a instabilidades, como as verificadas nos dois choques do petróleo da década de 1970. Em quarto lugar está o impacto que a oscilação de preços dos energéticos pode causar sobre as taxas de inflação. O último aspecto dessa dimensão gira em torno da elasticidade-renda da demanda de energia, o que traz ao debate a relação entre crescimento econômico e consumo energético.

Estudos como o de Mainguy (1967) identificaram uma relação proporcional entre as oscilações de consumo energético e renda nacional, com uma elasticidade próxima a 1 para a maioria dos países observados. Esse consenso da relação direta entre as duas variáveis permaneceu até o final da década de 1960 e influenciou a maioria das políticas energéticas ao redor do mundo, que pautaram o seu crescimento numa expansão da demanda energética.

No entanto, o padrão único na relação entre energia e economia passou a sofrer forte contestação, a partir da década de 1970, quando trabalhos como os de Darmstader (1971), Janosi e Grayson (1972) e Martin (1992) encontraram indícios de que o consumo energético, apesar de estar relacionado ao nível da atividade econômica, também se relacionava com o estágio no qual se encontrava cada economia, se mais agrária ou mais industrial, por exemplo, e na forma como os recursos energéticos eram utilizados nos processos produtivos, isto é, no nível de eficiência do consumo de energia. Esses questionamentos levaram a comparação internacional da relação Energia/PIB tornar-se um instrumento de pouca abrangência, e conduziram à procura de novas formas de análise do uso econômico da energia, como o Indicador de Intensidade Energética (IIE), que, grosso modo, busca analisar a quantidade de energia que cada economia necessita para produzir uma mesma unidade monetária (PINTO JÚNIOR et al., 2007)

A dimensão microeconômica possui duas vertentes principais. A primeira está relacionada com os critérios de formação de preços e às funções de custos dos energéticos, haja vista a existência de diversas estruturas de mercado no setor energético. A segunda vertente relaciona-se às tomadas de decisão de investimento e financiamento, questão central na expansão do sistema energético.

A dimensão tecnológica ancora-se nos processos de inovação existentes não só no setor energético, mas em todo sistema econômico e nas novas técnicas produtivas e de utilização dos distintos energéticos.

A dimensão política internacional relaciona-se com a distribuição desigual dos recursos energéticos ao redor do mundo e, como isso, influencia a geopolítica mundial, não se limitando ao escopo puramente econômico.

Por fim, a dimensão ambiental, que está diretamente relacionada ao desenvolvimento sustentável e consiste em análises como a relacionada às mudanças climáticas, além de envolver restrições às fontes mais poluentes, custos de implementação de alternativas energéticas mais limpas e a admissão do fato que a atual matriz energética mundial é a principal responsável pela emissão de Gases do Efeito Estufa de origem humana. (WEO, 2009)

## **A ciência econômica e o meio ambiente**

Até meados da década de 1960, a teoria econômica dispensava tratamento secundário aos impactos ambientais provocados pelo sistema econômico. Na busca de caminhos para um crescimento econômico de longo prazo não existia a percepção de que o sistema ambiental possuía limitações físicas, seja como provedor de recursos ou como repositório de rejeitos produtivos, que restringissem o desempenho econômico.

A partir de então começaram a surgir análises relacionadas aos impactos das restrições ambientais sobre o processo de crescimento econômico. Como destaca Mueller (2007), o aparecimento dessas análises relaciona-se à intensificação da poluição nos grandes centros urbanos das economias industrializadas, aos choques do petróleo da década de 1970 e ao relatório do Clube de Roma, que culminou na obra "*Limits to Growth*" e apontou a necessidade urgente de conter os crescimentos econômico e demográfico como forma de se evitar uma catástrofe ambiental de impacto mundial num curto espaço de tempo.

Com os crescentes questionamentos dos reais impactos da atividade econômica sobre o sistema ambiental, as ciências econômicas viram-se obrigadas a um maior protagonismo no debate.

Dessa forma, ao mesmo tempo em que o *mainstream* econômico inicia a incorporação em seu esquema analítico de aspectos relacionados ao meio ambiente e à relação do sistema econômico com seu meio externo, outras correntes de pensamento se formam a partir do reconhecimento

da insuficiência e inadequação do instrumental econômico convencional para tratar da questão ambiental. (ANDRADE, 2009)

Do debate iniciado naquele período, surgiram duas principais correntes dentro das ciências econômicas: A economia ambiental neoclássica, representada pelo *mainstream* econômico, e a economia ecológica, que recebeu a contribuição de pesquisadores de vários ramos da ciência e enxergava limitações, de natureza ambiental, para a manutenção do modelo de crescimento econômico então vigente.

### **A economia ambiental neoclássica**

Como apontado anteriormente, até meados da década de 1960, a teoria econômica convencional, economia neoclássica, não incluía em seu referencial teórico as limitações de origem ambiental. Os recursos naturais, por exemplo, não figuravam na especificação da função de produção, que continha apenas o capital e o trabalho. (ROMEIRO, 1999)

A principal explicação para a ausência de um tratamento econômico das questões ambientais residia no fato de que a escala da economia global até aquele período era reduzida, fazendo com que a capacidade do meio ambiente em prover recursos e assimilar rejeitos fosse considerada ilimitada, sem implicações mais decisivas para a economia. (PERRINGS, 1987)

Essa visão começou a mudar quando o sistema econômico passou a ser considerada fonte de distúrbios ambientais de forma cada vez mais incisiva, obrigando os economistas neoclássicos a incluírem a questão ambiental em sua base analítica como forma de contrapor as pesadas críticas que suas teorias recebiam.

Passou-se a admitir que os recursos ambientais integravam a estrutura produtiva e que poderiam apresentar restrições em ambas as pontas, isto é, na fonte de insumos e no sorvedouro de resíduos. (MUELLER, 2007)

Em complemento, admitiu-se que a finitude dos recursos providos pelo meio ambiente poderia levar a uma crescente escassez de materiais e que a poluição gerada pelo sistema econômico poderia ultrapassar os limites de assimilação dos ecossistemas (ANDRADE, 2009).

No entanto, para a economia ambiental essas restrições seriam apenas relativas uma vez que os recursos ambientais seriam perfeitamente substituíveis por capital e trabalho mediante o progresso científico e tecnológico. (ROMEIRO, 1999)

Solow (2000) argumentou que os recursos naturais jamais consistiriam em uma barreira à expansão do sistema econômico, isso porque, a escassez



deste fator de produção seria absorvida por maiores inovações nos outros dois fatores, trabalho humano e capital produzido.

O otimismo em relação à superação das restrições ambientais por meio de inovações tecnológicas fez com que as teorias dos economistas ambientais fossem referidas na literatura como hipóteses de sustentabilidade fraca, onde o meio ambiente não reagiria de forma mais drástica às agressões do sistema econômico. (MUELLER, 2007)

O debate relacionado ao meio ambiente como fornecedor de materiais e como receptor de resíduos conduziu à criação de dois ramos principais dentro da Economia Ambiental Neoclássica: A economia dos recursos naturais e a economia da poluição.

A economia dos recursos naturais assume que o uso ótimo dos recursos naturais é um problema de alocação intertemporal, isto é, sua exploração deveria ocorrer com base na maximização dos ganhos obtidos ao longo do tempo, com os conceitos de custo de oportunidade e taxa de desconto devendo ser observados.

Os referenciais teóricos basilares desta abordagem são os trabalhos de Faustmann sobre gestão dos recursos florestais, de 1849, e o estudo de Hotelling, de 1931, que tratou do uso ótimo dos recursos esgotáveis, que à época de suas elaborações não representavam a opinião dominante. (DA SILVA, 2003)

Conhecida como Regra de Hotelling, a teoria diz que, no equilíbrio, o valor da reserva de um recurso natural deveria crescer a uma taxa equivalente a taxa de juros, fazendo com que o preço do recurso natural crescesse exponencialmente igual a taxa de juros. (HOTELLING, 1931)

A economia da poluição fundamenta-se nas teorias do bem estar e dos bens públicos. Enxergando o meio ambiente com um bem público e a poluição como um externalidade negativa, a teoria busca compreender os danos causados pela poluição e os custos e benefícios relacionados ao seu controle.

A existência de externalidades ocasiona diferentes custos marginais, do ponto de vista social e privado, ocasionando um conflito na produção ótima e conduzindo a uma falha de mercado que apenas seria corrigida com a criação de arranjos institucionais que obrigasse os agentes responsáveis a internalizar as externalidades negativas da produção. Esse processo poderia ocorrer, por exemplo, com a imposição de taxas e licenças para poluição. (ANDRADE, 2009)

Dentre as críticas à Economia Ambiental Neoclássica duas se sobressaem. A primeira é a de que a perfeita substituição dos recursos naturais por capital e trabalho deve ser relativizada, uma vez que variáveis como a biodiversidade, o clima e o patrimônio cultural não possuem substitutos. (VEIGA, 2007)

Outra crítica refere-se ao tratamento segmentado que a teoria propõe às funções do meio ambiente. Ao dividir o problema ambiental em duas linhas, economia da poluição e economia dos recursos naturais, a análise torna-se parcial, sem a necessária visão sistêmica que o problema requer.

### **A economia ecológica**

Outra escola é a economia ecológica que, ao contrário da economia ambiental, enxerga o sistema econômico como um subsistema do sistema ambiental, o que implica uma restrição física à expansão ilimitada da economia.

Com suas bases tendo sido concebidas entre as décadas de 1960 e 1970 por acadêmicos como Nicolas Georgescu-Roegen e Keneth Boulding, esta corrente entendia que o capital, no sentido econômico da palavra, e o capital natural seriam complementares, isto é, os progressos científico e tecnológico teriam um alcance limitado para suplantar determinadas restrições impostas pelo meio ambiente. Essa visão, menos otimista, da capacidade humana de ultrapassar as limitações ambientais fez com que a literatura se referisse a essa abordagem como a da sustentabilidade forte. (ROMEIRO, 2003)

A sustentabilidade ambiental do sistema econômico no longo prazo não seria possível sem que o modelo de produção da economia estivesse atento aos limites impostos pela natureza, isto é, sem que se respeitasse os limites de suporte do planeta. Compreender como a economia poderia funcionar cumprindo tais premissas seria, portanto, o principal esforço desta corrente teórica.

Por entender que as relações entre o sistema econômico e o meio que o cerca devem ser analisadas sob múltiplas perspectivas, a economia ecológica é uma abordagem multidisciplinar, integrando conceitos das ciências econômicas e das ciências naturais, sobretudo a ecologia. Esta abordagem possibilita uma visão integrada e biofísica das interações meio ambiente-economia, favorecendo a busca por soluções estruturais para os problemas ambientais. (VAN DEN BERGH, 2000) No entanto, essa necessária diversidade metodológica para lidar com a questão não impede que a Economia ocupe papel de destaque no âmago da disciplina, uma vez

que, como ressalta Amazonas (2009), o objeto de estudo da economia ecológica é o sistema econômico e sua interação ecológica com o mundo.

Como dito anteriormente, os dois principais precursores da economia ecológica tinham com ponto em comum de suas bases analíticas as limitações físicas da expansão econômica.

Em sua principal obra, Boulding (1966) fazia uma crítica à sociedade humana contemporânea por sua resistência em migrar de uma economia do “cowboy”, que não acreditava nas limitações impostas pelos recursos naturais, para uma economia do astronauta, que admitia a necessidade de uma melhor gestão dos recursos naturais para garantir um futuro promissor para o planeta.

Boulding argumentava que o funcionamento do atual sistema econômico não é sustentável, uma vez que não seria possível evitar o futuro esgotamento do capital energético do planeta. (MUELLER, 2007)

Muito embora a ideia da segunda lei da física, entropia, já permeasse as ideias de Boulding, é com a obra de Georgescu Roegen (1971) que a ideia assume o status de principal aspecto analítico da economia ecológica na revisão da análise dos impactos do sistema econômico sobre o meio ambiente. A aplicação dos princípios das leis da termodinâmica<sup>4</sup> é o cerne do diferencial analítico da economia ecológica em relação à economia ambiental neoclássica.

A primeira lei da termodinâmica estabelece que a quantidade existente de matéria e energia são constantes no universo e não podem ser criadas ou destruídas, com isso a base sobre a qual o sistema econômico se desenvolve é limitada, inviabilizando um crescimento contínuo. (ANDRADE, 2009)

O estrutural analítico reveste-se de maior poder compreensivo quando se adiciona à segunda lei da termodinâmica, pois esta afirma que a energia, mesmo sendo constante, passa por um processo irreversível de um estado disponível para um indisponível, o que eleva a entropia. A única forma de conter esta elevação seria direcionar a economia para uma situação de retração permanente, que contivesse o aumento da entropia. (GEORGESCU, 1971)

Como destaca Veiga (2005), essa abordagem de Georgescu sofreu forte restrição em sua época de divulgação, pois o que aquele autor destacava

---

4 As duas primeiras leis da termodinâmica, quais sejam, a lei da conservação da matéria e energia e a lei da entropia, devido às suas implicações para a escassez na economia, foram os principais referências teóricos desta nova abordagem.

era a necessidade de encontrar um caminho de desenvolvimento para a humanidade compatível com a retração, isto é, com o decrescimento do produto, sob o risco de comprometer a gerações futuras caso não o fizéssemos.

Um terceiro autor de relevância para a economia ecológica é o norte-americano Herman Daily, aluno de Georgescu-Roegen, e que retomou a abordagem da condição estacionária (*steady stage*) inicialmente trabalhada por John Stuart Mill com sua ideia de *stationary stage*. Segundo Daily, no *steady stage* a economia continuaria se desenvolvendo, mas de forma qualitativa, isto é, aboliria a ideia do “crescer somente por crescer” tida como uma obsessão pela atual sociedade. A opção passaria a ser um crescimento mais qualitativo, atento às necessidades do desenvolvimento humano e à importância de uma melhor distribuição da riqueza gerada.

## A institucionalização do debate ambiental

À medida em que o debate na esfera acadêmica sobre o papel das ciências econômicas nas questões ambientais crescia em contribuições e discussões, o meio ambiente adquiria um maior status institucional, tornando-se tema recorrente das agendas nacionais e supranacionais.

Em uma visão retrospectiva, Leis e D’Amato (2004) pontuam a evolução do movimento ambientalista por décadas, através dos fatos mais relevantes.

O movimento teria emergido nos anos 50 por meio dos cientistas. A década de 60 representou o ingresso das organizações não governamentais no debate. Nesse período foram criadas diversas organizações ambientalistas, como o Fundo para a Vida Selvagem (WWF) em 1961, por exemplo.

Os anos 70 marcam a institucionalização do debate ao nível de governos e partidos. Foi nessa conjuntura que a Conferência de Estocolmo das Nações Unidas, realizada em 1972, introduziu a discussão no âmbito das relações internacionais e levou à criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), em dezembro daquele ano. A década também ficaria marcada pela expansão dos partidos verdes nas estruturas partidárias locais e pela criação de diversas agências estatais relacionadas ao meio ambiente. (Leis e D’Amato, 1995).

A consolidação prossegue nos anos 80 com a criação da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), vinculada à Organização das Nações Unidas (ONU), e que foi responsável pela elaboração do relatório Nosso Futuro Comum publicado em 1987, que

oficializou o termo Desenvolvimento Sustentável. A década ainda ficaria marcada pela criação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, sigla em inglês) no ano de 1988<sup>5</sup>, cujos primeiros resultados irão dar o tom do debate ambiental das décadas seguintes.

Os anos 90 são marcados pelo ingresso das empresas, atentas ao aumento da estrutura fiscalizatória contra a degradação ambiental e à nascente demanda por produtos “verdes”. Na esfera das relações internacionais, ocorreu uma série de encontros e reuniões diplomáticas, como a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio 92) e as Conferências das Partes (COPs), realizadas anualmente a partir de 1995. O período também pode ser tomado como o da emergência do debate sobre as mudanças climáticas e vai ser a tônica da discussão ambiental a partir de então.

Na primeira década do século XXI o debate sobre mudanças climáticas ganha em força e popularização, com os mecanismos de comunicação e a maior frequência de desastres naturais potencializando as discussões a respeito. Na esfera política, a necessidade de se reformar a estrutura de governança das negociações ambientais internacionais passa a ser considerada prioritária para se obter avanços nas medidas necessárias para conter a crise ambiental global.

### **O conceito de Desenvolvimento Sustentável**

Foi na primeira reunião do PNUMA, em 1973, que Maurice Strong lançou o conceito de Ecodesenvolvimento, cuja essência teórica viria a se consolidar mais adiante com o termo Desenvolvimento Sustentável.

Num período que envolvia o antagonismo das duas correntes sobre a relação economia/meio ambiente, o conceito de ecodesenvolvimento propunha algo novo, uma via intermediária entre o otimismo exarcebado dos defensores do crescimento econômico a qualquer custo e o pessimismo dos catastrofistas que previam o iminente colapso ecológico (Sachs, 1998).

O conceito de Desenvolvimento Sustentável teve sua primeira “noção” discutida em agosto de 1979, no Simpósio das Nações Unidas sobre Inter-relações de Recursos, Ambiente e Desenvolvimento, também realizado

---

5 O IPCC foi criado por proposta da Organização Mundial de Meteorologia(OMM) e do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente(PNUMA). Trata-se de grupo de especialistas cuja missão consiste em analisar, de forma exaustiva, objetiva, aberta e transparente as informações científica, técnica e socioeconômica relevantes para entender os elementos científicos do risco impostos pelas mudanças climáticas provocadas pelas atividades humanas, suas possíveis repercussões e as possibilidades de adaptação e atenuação das mesmas (IPCC, 2010).

em Estocolmo. Contudo, foi em 1987, com o lançamento do relatório “Nosso Futuro Comum” de autoria da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento que o conceito adquiriu um maior status político e institucional.

Pelo relatório de 1987, também conhecido como Relatório Brundtland, Desenvolvimento Sustentável pode ser conceituado como: [...] o desenvolvimento que garante o atendimento das necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender a suas necessidades... (CMMD, 1987, p. 43)

O documento destacava a necessidade de se enxergar o problema ambiental de uma forma integrada aos problemas econômicos. Ele reconhecia as limitações do planeta em suportar o ritmo da atividade econômica, mas o cerne principal do relatório encontra-se na urgência de se mudar a forma de pensar o desenvolvimento econômico.

As diretrizes básicas sobre as quais o documento se concentrou com objetivo de propor um novo modelo de desenvolvimento foram denominadas de desafios comuns e eram as seguintes: população, segurança alimentar, extinção das espécies e esgotamento de recursos genéticos, energia, indústria e assentamentos humanos. Por estarem interrelacionadas, essas seis áreas não poderiam ser tratadas isoladamente. (BRUNDTLAND, 1987)

Apesar de fornecer um viés mais biocêntrico à visão de desenvolvimento, o relatório Brundtland é criticado por alguns estudiosos, que enxergam contradições na forma como o desenvolvimento sustentável é defendido naquele documento.

Para Haavelmo e Hansen (apud MONTIBELLER FILHO, 2004) assumir o conceito exposto no relatório de 1987 implicaria a aceitação de três aspectos: que o padrão de consumo vigente pode ser mantido, expandido e difundido mundialmente, que o status do consumidor prevalecerá e que a tecnologia será capaz de produzir cada vez mais e utilizando menos recursos.

Veiga (2007) destaca que a forma como o conceito foi exposto pelo relatório de 1987, não impondo meios práticos e quantificáveis para atingi-lo, pode conduzir a conclusões e ações contraditórias a respeito do assunto, abrindo margem para seu uso oportunista por parte de alguns setores da economia. Segundo o autor, o documento é mais uma peça política e diplomática, de prestação de contas à sociedade internacional, do que um instrumento que se preste efetivamente a solucionar a questão ecológica.

Não obstante as críticas recebidas, o documento permitiu a institucionalização do debate e, através de suas diretrizes básicas, pautou a agenda de discussões dos sucessivos foros que o seguiram.

Dentre essas diretrizes, a questão energética se destaca como de especial interesse para o principal debate ambiental da atualidade, qual sejam, as mudanças climáticas. Como destacam relatórios do IPCC, a matriz energética tem sido considerada a principal responsável pelas emissões gases do efeito estufa provenientes da ação humana.

## **Modelo Energético e Mudanças Climáticas**

O expressivo aumento do consumo energético e da supressão da cobertura vegetal nos últimos dois séculos fez com que o acúmulo de gases do efeito estufa<sup>6</sup> na atmosfera aumentasse de 280 para 430 partes por milhão (ppm) de Dióxido de Carbono equivalentes (CO<sub>2</sub>e) no período. No que se refere à contribuição da matriz energética mundial, maior fonte emissora, atribui-se à consolidação do sistema econômico em torno dos combustíveis fósseis a principal parcela de responsabilidade dessa elevação. (CMMAD,1991)

Efetuando-se uma visão perspectiva da evolução dessas emissões a partir da década de 1970, pode-se observar que as emissões de CO<sub>2</sub> equivalente apresentaram taxas crescentes no período, com o incremento das emissões oriundas da queima de combustíveis fósseis se destacando.

Como ilustrado na figura 1, as emissões totais de GEE totalizavam 28 GtCO<sub>2</sub>-eq, com o CO<sub>2</sub> oriundo do uso de combustíveis fósseis apresentando cerca de 50% de todo esse montante.

Não obstante as crises energéticas daquela década e a busca por alternativas energéticas que conduzissem a uma menor dependência da economia mundial em relação ao petróleo<sup>7</sup>, as emissões derivadas dos combustíveis fósseis continuaram na liderança dos números globais. Foi assim que, em 2004, das 49 Gt CO<sub>2</sub>-eq lançadas na atmosfera, quase 29

---

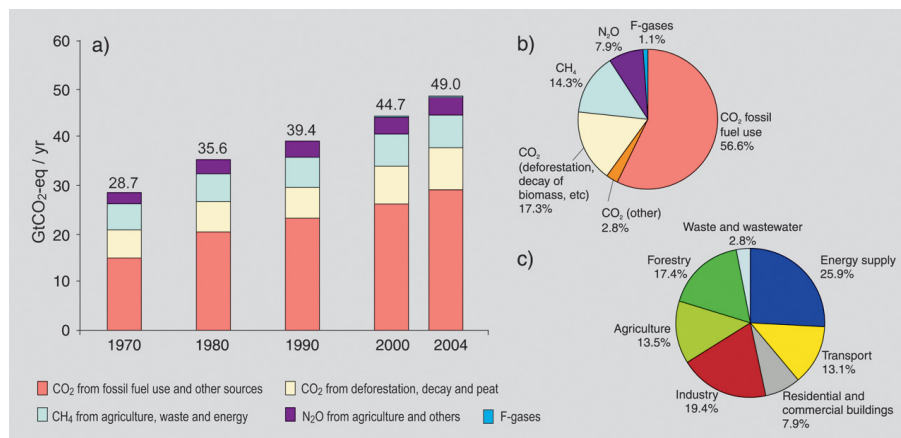
6 O efeito estufa é processo de retenção na atmosfera de parte da radiação solar refletida pela superfície terrestre. Tem importância vital para a regulação climática do planeta, fornecendo as condições de temperatura que o tornam habitável. No entanto, um aumento desse efeito, por parte de uma concentração de Dióxido de Carbono além do necessário por exemplo, pode vir a provocar desequilíbrios catastróficos no clima do planeta.

7 A partir do choque do petróleo, as políticas energéticas locais começaram a buscar novas fontes de energia, que reduzissem a dependência em relação ao petróleo. Fontes como a nuclear, a eólica e a oriunda da biomassa foram inseridas nas matrizes energéticas.

Gt, aproximadamente 59% do total, originaram-se do CO<sub>2</sub> emitido por aquele tipo de energia primária.

Os dados ilustrados nesta subseção demonstram, portanto, que houve um incremento considerável das emissões de Gases do Efeito Estufa, sobretudo dos relacionados ao aproveitamento energético das fontes fósseis, conclusão que vem ao encontro da hipótese de que o atual sistema econômico está intimamente relacionado ao uso destes energéticos.

Figura 1 – Evolução da Emissão de Gases do Efeito Estufa - 1970-2004.



Fonte: IPCC, (2007).

### O debate sobre mudanças climáticas

Foi em uma reunião realizada no ano de 1985, em Vilach, Áustria, e organizada pela Organização Mundial Meteorológica e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, que cientistas de 29 nações, após analisarem indícios sobre o efeito estufa, concluíram que a mudança climática deveria ser considerada uma probabilidade plausível e grave.

Em suas conclusões, a responsabilidade humana, por meio do aumento das emissões antropogênicas de gases do efeito estufa durante o século XX, estava evidente com a principal causa do problema. (CMMAD,1991)

Os resultados da reunião de Vilach, além de contribuírem para a elaboração de relatório Nosso Futuro Comum, evidenciaram a necessidade da criação de um órgão específico para o estudo do tema o que, como referido na seção anterior, viria a acontecer com o estabelecimento do IPCC.

Durante o século XX a temperatura média global do planeta elevou-se aproximadamente 0,7°C, tendo o último quarto daquele século apresen-



tado uma considerável aceleração desta elevação. Os primeiros anos do século XXI apresentam a mesma tendência, sugerindo que, até o momento, as iniciativas mundiais com o objetivo de reverter esse comportamento ainda não se mostraram eficazes (Cadernos NAE, 2007).

Com base em dados empíricos e confiáveis sobre a ciência do clima, o IPCC vem defendendo que o principal componente dessa elevação de temperatura diz respeito ao volume de emissões de gases de efeito estufa decorrentes das atividades humanas. Lançados na atmosfera num volume além da capacidade de absorção do planeta, as emissões provocariam uma retenção de radiação solar em um nível acima do necessário para a estabilidade climática, ocasionando as mudanças climáticas verificadas atualmente. (IPCC, 2007)

Para que essas taxas de elevação da temperatura média possam ser revertidas, ou pelo menos atenuadas, é necessário que a concentração de GEE na atmosfera se estabilize entre 450 e 500 ppm CO<sub>2</sub>e. A atual concentração é de 430ppm CO<sub>2</sub>e e segue crescendo num ritmo anual acima de 2 ppm/ano. (STERN, 2007)

Mantendo-se o atual ritmo de crescimento, a concentração de GEE na atmosfera poderia alcançar o dobro de seu nível do período anterior à era industrial já no ano de 2035, fato que, muito provavelmente, provocaria a um aumento acima de 2°C de temperatura média global, o mesmo aumento que ocorreu do último período da glaciação até os dias atuais (Stern, 2007).

Se nada for feito para conter a atual tendência, uma elevação da temperatura dessa magnitude em tão curto espaço de tempo resultaria em desastrosas consequências para o crescimento e desenvolvimento econômico mundial. Perdas na agricultura e na produção de alimentos, movimentos migratórios oriundos de áreas inundadas pela elevação do nível do mar, escassez de água doce decorrente da alteração dos regimes de chuvas e a perda da biodiversidade seriam alguns dos resultados que obrigariam o mundo a incorrer em um prejuízo anual que poder variar entre 5% e 20% do PIB global.

Stern (2007) destaca que se fossem tomadas iniciativas imediatas e enérgicas para adaptar o planeta às mudanças climáticas que já estão em andamento e para conter as atuais emissões de GEE, conduzindo-as a uma concentração na atmosfera dentro da faixa entre 450 e 550 ppm CO<sub>2</sub>e, o custo total das ações não passaria de 1% do PIB mundial.

No que se refere à redução das emissões oriundas da matriz energética mundial, as estratégias deveriam levar em conta políticas para o aumento

da eficiência energética, controle de demanda e a adoção de tecnologias mais limpas na produção de energia, na indústria e no setor de transportes, com esses dois últimos setores necessitando de cortes mais drásticos. (STERN, 2007)

Como a questão climática é global, isto é, para efeitos de concentração dos GEE na atmosfera pouco importa o país de onde os mesmos são lançados, torna-se necessário que a discussão e a implementação das ações tenha um caráter internacional.

Um futuro marco regulatório mundial deveria contemplar como elementos chaves as ações destinadas a reduzir o desmatamento, a adaptação às mudanças climáticas, a cooperação tecnológica internacional para uma maior eficiência energética e a criação de um sistema de certificado de emissões que pudesse ser comercializado internacionalmente. (STERN, 2007)

## **Conclusão**

Este artigo teve como objetivo identificar o debate sobre o trinômio economia, energia e meio ambiente, dando um enfoque final para a questão climática.

Após contextualizar historicamente o uso econômico da energia e expor o atual quadro energético mundial, passou-se a descrever a questão ambiental à luz das ciências econômicas, indicando-se as duas principais correntes teóricas da economia do meio ambiente.

Ao final, o trabalho dedicou-se ao importante e urgente, mas controverso, debate sobre o impacto do modelo energético sobre as mudanças climáticas.

Pontuou-se que o mundo possui evidências significativas e confiáveis de que o sistema econômico através de vários segmentos, destacando-se o uso intensivo de energia, pode estar colaborando para as alterações verificadas nas condições climáticas do planeta.

O uso da energia e a necessidade de readequá-lo, tanto do ponto de vista de uma maior eficiência quanto da questão da substituição das atuais fontes fósseis por fontes energéticas menos intensivas em carbono, foi umas das principais conclusões da discussão a respeito de como direcionar o sistema econômico para um caminho de maior sustentabilidade climática do planeta.

## Referências

- AMAZONAS, M. de C. O Pluralismo da Economia Ecológica e a Economia Política do Crescimento e da Sustentabilidade. *Boletim da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica*, n. 20, jan./abr. 2009.
- ANDRADE, D.C. *A preservação do capital natural e dos serviços ecossistêmicos: Uma proposta de contribuição teórica e metodológica da economia ecológica*. 2008. 162 f. Tese (Doutorado em Economia) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.
- AVERY, D.T.; SINGER, S.F. *Unstoppable global warming: Every 1.500 years*. Lanham, MD: Rowman and Littlefield, 2006.
- BOULDING, K.E. The economics of the coming spaceship earth. In: JARRETT, H. (Ed.). *Environmental quality in a growing economy*. Baltimore: John Hopkins University Press, 1966.
- BRUNDTLAND, G.H. *Our common future. Report of the World Commission of Environment and Development* – Baltimore : United Nations, 1987.
- CALABI, A. et al. *A energia e a economia brasileira*. São Paulo: Pioneira, 1983.
- DARMSTADTER, J. *Energy in the world economy: a statistical review of trends in output, trade, and consumption since 1825*. Baltimore: Johns Hopkins Press, 1971.
- DA SILVA, M.A. Economia dos Recursos Naturais. In: MAY, P.H., LUSTOSA, M.C., VINHA, V. (Org.). *Economia do Meio Ambiente: teoria e prática*. Rio de Janeiro: Campus, 2003, p. 33-60.
- EASTERBROOK, G. Case Closed: The Debate about Global Warming Is Over, 2006. Disponível em: <[http://www.brookings.edu/papers/2006/06energy\\_easterbrook.aspx](http://www.brookings.edu/papers/2006/06energy_easterbrook.aspx)>. Acesso em: abr. 2010.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. *The entropy law and the economic process*. Cambridge: Harvard University Press, 1971.
- HOTTELING, H. The Economics of Exhaustible Resources. *Journal of Political Economy*, v. 39, n. 1, p. 137-175, 1931.
- JANNUZZI, G.M. A política energética e o meio ambiente: instrumentos de mercado e regulação. In A.R. Romeiro, B.P. Reydon e M.L.A. Leonardi (Org.). *Economia do Meio Ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais*. Campinas: UNICAMP, 1996.
- JANOSI, P.E.; GRAYSON, L.E. Patterns of energy consumption and economic growth and structure. *The Journal of Development Studies*, v. 8, n. 2, jan. 1972.
- LANDES, D.S. *Prometeu desacorrentado: Transformação tecnológica e desenvolvimento industrial na Europa Ocidental, desde 1750 até a nossa época*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1994.
- LEIS, H. R.; D`AMATO, J.L. O ambientalismo como movimento vital: análise de suas dimensões histórica, ética e vivencial. In: CAVALCANTI, C. (Org.). *Desenvolvimento e Natureza: estudos para uma sociedade sustentável*. São Paulo: Cortez, 1995.
- MAINGUY, Y. *L`Économie de l`Énergie*. Paris: Dunod, 1967.

- MARTIN, J.M. *A Economia mundial da Energia*. São Paulo: UNESP, 1991.
- MONTIBELLER F. G. *O mito do desenvolvimento sustentável: meio ambiente e custos sociais no moderno sistema de produção de mercadorias*. Florianópolis: UFSC, 2004.
- MUELLER, C. *Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente*. Brasília: UNB, 2007.
- PERRINGS, C. *Economy and Environment: a theoretical essay on the interdependence of economic and environmental systems*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- PINTO JÚNIOR, H.Q. et al. *Economia da Energia: fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- ROMEIRO, A.R. Economia ou economia política da sustentabilidade. In: MAY, P.H., LUSTOSA, M.C., VINHA, V. (Org.). *Economia do Meio Ambiente: teoria e prática*. Rio de Janeiro: Campus, 2003, p. 1-29.
- SACHS, I. Do crescimento econômico ao ecodesenvolvimento. In: CORDEIRO, R.C. et al. (Org.). *Desenvolvimento e Meio Ambiente no Brasil: a contribuição de Ignacy Sachs*. Porto Alegre: APED, 1998, p. 161-165.
- SACHS, I. *Caminhos para o desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro: Garamond, 2002
- SOLOW, R. *Growth Theory: an exposition*. Oxford: Oxford University Press, 2000.
- VAN DEN BERGH, J.C.J.M. Ecological economics: themes, approaches, and differences with environmental economicss. *Tinbergen Institute Discussion Paper*, Department of Spatial Economics, Free University: Amsterdam, 2000.
- VEIGA, J. *Desenvolvimento sustentável – O desafio do século XXI*. 3. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.