



**DEPARTAMENTO DE PROSPECTIVA E PLANEAMENTO  
E RELAÇÕES INTERNACIONAIS**

**Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território**

# **METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE COMPETITIVIDADE ECONÓMICA E PRODUTIVIDADE DE RECURSOS NATURAIS**

Documento de Trabalho N° 4 /2011

Lisboa

---

---

**FICHA TÉCNICA**

**Título: Metodologias para Avaliação da Relação entre Competitividade Económica e Produtividade de Recursos Naturais**

**Autora:** Ângela Canas

**Coordenação:** Graça Ponte da Silva

**Edição:** Divisão de Informação e Comunicação

**Editor: Departamento de Prospectiva e Planeamento e Relações Internacionais**

Av. D. Carlos I, 126

1249-073 Lisboa

Fax: (351) 213935208

Telef: (351) 213935200

E-mail: [dpp@dpp.pt](mailto:dpp@dpp.pt)

[www.dpp.pt](http://www.dpp.pt)

---

---

## Índice

|   |    |
|---|----|
| 1. Introdução   | 3  |
| 2. Competitividade Económica e Produtividade de Recursos                          | 3  |
| 2.1. Competitividade  | 3  |
| 2.2. Produtividade de recursos  | 5  |
| 2.3. Porquê uma relação   | 7  |
| 3. Metodologias de análise de relação competitividade – produtividade de recursos | 12 |
| 3.1. Enquadramento  | 12 |
| 3.2. Economia do Ambiente (Neoclássica)   | 12 |
| 3.3. Economia Ecológica   | 17 |
| 3.4. Economia do Ambiente Evolucionária   | 22 |
| 3.5. Implicações para as políticas ambientais                                     | 30 |
| 4. Principais evidências  | 37 |
| 4.1. Macroeconomia  | 37 |
| 4.2. Casos de estudo sectoriais   | 44 |
| 5. Conclusões   | 50 |
| 6. Referências  | 51 |



## 1. INTRODUÇÃO

O presente documento tem como objecto a relação entre competitividade económica e produtividade de recursos materiais ao nível macro e meso económico e pretende dar seguimento a outros trabalhos de levantamento metodológico realizados no DPP<sup>1</sup>. Como tal, foca abordagens pouco ou nada exploradas nesses documentos, nomeadamente as metodologias Input-Output e as resultantes do contexto da Teoria Económica Evolucionária. Apresentam-se ainda algumas evidências empíricas de estudos recentes que visam fornecer alguma luz sobre a natureza da relação entre competitividade económica e produtividade de recursos naturais.

Os resultados desta investigação encontram-se organizados em três capítulos (2 a 4): o Capítulo 2 apresenta os conceitos de competitividade e de produtividade de recursos materiais, principais indicadores e base teórica para a caracterização da relação entre competitividade económica e produtividade de recursos; o Capítulo 3 foca as principais metodologias que podem ser usadas para estudar esta relação; as principais evidências empíricas caracterizadoras da relação entre competitividade e uso de recursos presentes em estudos recentes são apresentadas no Capítulo 4. Finalmente, um capítulo de Conclusão resume os aspectos mais relevantes detectados na investigação.

## 2. COMPETITIVIDADE ECONÓMICA E PRODUTIVIDADE DE RECURSOS

### 2.1. Competitividade

A definição de competitividade não é consensual. Duas das principais definições são as seguintes (Bleischwitz *et al.*, 2007):

- ◆ Conjunto de factores, políticas e instituições que determinam os níveis de produtividade de um país e os níveis de prosperidade que podem ser atingidos pela sua economia (World Economic Forum, 2007);
- ◆ Capacidade de, numa base sustentada, um país conseguir níveis de vida elevados e ascendentes com o menor nível possível de desemprego involuntário (European Commission, 2010).

Ambas as definições aliam o conceito de competitividade aos conceitos de produtividade e de prosperidade/bem-estar. Contudo, a operacionalização da competitividade em indicadores é dificultada pela complexidade de efeitos envolvidos, encontrando-se ainda muito dominada pelo indicador Produto Interno Bruto (PIB).

---

<sup>1</sup> Como sejam os trabalhos de Proença e Rodrigues (2007) e Lobo e Silva (2008), envolvendo levantamentos de metodologias para a análise de impactes económicos de políticas ambientais.

Os principais indicadores de referência para avaliação do desempenho dos países neste campo são de natureza compósita, e são produzidos pelo World Economic Forum em relatórios anuais (ex. World Economic Forum, 2007):

- ◆ Global Competitiveness Index (GCI): traduz uma visão macro da competitividade potenciada por efeitos agregados para toda a economia, relacionados com factores básicos<sup>2</sup>, facilitadores de eficiência<sup>3</sup> e inovação<sup>4</sup>;
- ◆ Business Competitiveness Index (BCI): traduz uma visão da competitividade focada nas empresas (micro), organizando os efeitos relacionados com a sofisticação e capacidades das empresas, a qualidade do ambiente de negócios e o desenvolvimento de *clusters*.

O segundo indicador reflecte a convicção que a visão macroeconómica da competitividade não é suficiente.

Ambos os indicadores são constituídos por subíndices agregadores de efeitos específicos, não independentes mas reforçando-se uns aos outros, os quais reflectem a complexidade associada ao conceito de competitividade. Estes subíndices são tidos em conta na construção do indicador final, com pesos definidos de acordo com o estágio de desenvolvimento de cada país, traduzido pelo seu nível de PIB. Supõe-se uma progressão na dominância de diversos factores à medida que aumenta o PIB (Tabela 1). Contudo, salienta-se que esta progressão não é feita de modo automático, nem deve ser prosseguida por imitação das escolhas económicas de outros países.

**Tabela 1: Progressão da dominância de efeitos dos indicadores na competitividade, de acordo com o aumento do nível do PIB (World Economic Forum, 2007).**

| Indicador                      | Estádios | Efeitos dominantes          |
|--------------------------------|----------|-----------------------------|
| Global Competitiveness Index   | 1        | Requisitos básicos          |
|                                | 2        | Facilitadores de eficiência |
|                                | 3        | Facilitadores de inovação   |
| Business Competitiveness Index | 1        | Factores de produção        |
|                                | 2        | Investimento                |
|                                | 3        | Inovação                    |

Reflectindo a complexidade do conceito de competitividade, a metodologia de cálculo do Global Competitiveness Index tem vindo a sofrer mudanças metodológicas frequentes o que dificulta a análise da sua evolução temporal. Contudo, o facto de este indicador resultar da ponderação de um maior número de subíndices determina que seja

<sup>2</sup> Instituições, infra-estruturas, condições macroeconómicas, saúde e educação básica.

<sup>3</sup> Educação superior e formação, eficiência de mercado de produtos e trabalho, sofisticação do mercado financeiro, dimensão do mercado e disponibilidade tecnológica.

<sup>4</sup> Inovação e sofisticação de negócios.

considerado preferível que outros indicadores concorrentes com sejam o *EFW Index*, *Index of Economic Freedom*, ou o *Bertelsmann Index* (Bleischwitz *et al.*, 2007).

## 2.2. Produtividade de recursos

A produtividade dos recursos é geralmente definida como o quociente entre uma medida da produção económica e uma medida da utilização (input) de materiais ou recursos necessária para obter aquela produção (Bleischwitz *et al.*, 2007). Esta é uma definição em que a dimensão quantitativa é dominante. Contudo, a produtividade de recursos pode ser definida de uma forma abrangente, numa perspectiva de bem-estar. Nesse caso, conjugará a referida dimensão quantitativa com uma dimensão qualitativa (por exemplo os impactes ambientais originados por unidade de produção económica com dada utilização de recursos).

É interessante frisar-se que esta produtividade é necessariamente uma produtividade virtual já que os recursos não originam, por si próprios, o valor acrescentado o qual requer adição de trabalho. Por esta razão Bleischwitz *et al.* (2007) indicam que o termo **eficiência de recursos** seria mais correcto. Contudo, o termo de produtividade de recursos tem sido preferido devido à analogia com a produtividade do trabalho, chamando a atenção para a desproporção entre os aumentos de produtividade de trabalho e de produtividade dos recursos ao longo da história económica.

É igualmente relevante o facto de a produtividade dos recursos ser definida como uma grandeza com dois tipos de unidades, físicas e não físicas. Se, por um lado, isto se deve a constrangimentos de dados, é também resultado de uma preocupação política de reduzir as pressões da Economia sobre o Ambiente sem a redução da produção económica (Bleischwitz *et al.*, 2007), a que não será alheio o conceito de desenvolvimento sustentável.

Consistente com a sua definição, a operacionalização da produtividade de recursos faz-se escolhendo indicadores de produção económica por um lado, e de uso de recursos por outro. Os indicadores escolhidos dependem do nível a que se processa a análise: macro, meso ou micro.

Assim, para os indicadores de uso de recursos têm-se (Bleischwitz *et al.*, 2007):

- ◆ Macroeconomia: *Direct Material Input* (DMI), *Direct Material Consumption* (DMC), para os materiais com valor económico associado; *Total Material Requirement* (TMR) e *Total Material Consumption* (TMC) para a utilização do total de materiais, com ou sem valor económico associado;
- ◆ Mesoconomia: indicadores derivados de matrizes Input-Output físicas, associando o uso de recursos a sectores e/ou diferentes categorias de uso final;

- ◆ Microeconomia: indicadores reflectindo uma abordagem baseada nos produtos ou uma abordagem centrada na empresa.

Todos estes indicadores de fluxos de materiais são medidos em unidades físicas (geralmente unidades de massa), o que tem algumas vantagens (Bleischwitz *et al.*, 2007):

- ◆ Disponibilidade de dados, já que, pelo menos os materiais com valor económico, são tradicionalmente contabilizados nas Contas Nacionais;
- ◆ Facilidade de aplicação e interpretação, visto que utilizam uma unidade de massa comum, geralmente a tonelada, permitindo a comparação e o cálculo a vários níveis de agregação.

A nível macroeconómico, os indicadores de uso de materiais mais usados são o DMI e o DMC, pelo que a produtividade dos recursos assim calculada se refere à produtividade directa dos materiais. O uso do DMC é preferível em casos de países com grande exportação de matérias-primas e intenso comércio internacional.

O facto de se agregarem materiais muito distintos no mesmo indicador dificulta um detalhe suficiente para a análise de alguns impactes e pressões ambientais. Este facto explica algum cepticismo relativamente ao uso destes indicadores macroeconómicos.

Neste contexto, é vantajoso individualizar e analisar grupos de materiais recorrendo, por exemplo, a técnicas como a Análise de Decomposição Estrutural (Bleischwitz *et al.*, 2007) que permitem atribuir fluxos de materiais a diversos sectores da economia (numa abordagem mesoeconómica) sem que se tenha de realizar uma contabilidade organizada numa matriz Input-Output física.

O uso dos indicadores TMR e TMC, vantajoso para se poderem analisar mudanças de pressões ambientais através da realocação de indústrias e importações (não visíveis pela análise de DMI e DMC), está ainda muito dificultado devido à insuficiência de dados de fluxos indirectos de materiais e de matérias-primas e produtos semi-acabados (Bleischwitz *et al.*, 2007).

Quanto aos indicadores de produção económica, os mais utilizados são o Produto Interno Bruto (PIB), ao nível macro e o Valor Acrescentado Bruto (VAB), ao nível meso (Bleischwitz *et al.*, 2007). A nível micro, a produtividade dos recursos não tem de ser necessariamente expressa em termos monetários, podendo estar relacionada com o uso dos produtos ou serviços (ex. unidades de serviço).

A utilização destes indicadores económicos não está isenta de controvérsia, particularmente quanto ao PIB e ao VAB (Bleischwitz *et al.* 2007). Esta controvérsia está relacionada com o debate sobre a definição de competitividade, dado que, frequentemente, competitividade e produtividade são termos tratados como

equivalentes. Os parágrafos seguintes resumem com algum detalhe as principais questões associadas à utilização do PIB e VAB como indicadores de produtividade.

Relativamente ao PIB, existe a limitação de apenas contabilizar bens e serviços com preço associado, ou seja, excluindo danos ambientais e outras externalidades negativas (ex. de natureza social). Isto significa que a riqueza de um país é sistematicamente sobrestimada pelas estatísticas do PIB. Assim, a utilização deste indicador para a construção de políticas tenderá a favorecer as estratégias de crescimento que procuram apenas o aumento dos benefícios económicos e que fazem acumular os danos ambientais. Existem desenvolvimentos no sentido de se estabelecerem indicadores alternativos, dos quais o *Sustainable National Income* é o mais promissor, mas que estão longe de conduzir à adopção de indicadores *standard*.

Quanto ao VAB, as limitações percebidas prendem-se com a não visibilidade dada aos *inputs* e *outputs* intermédios, associados às relações intersectoriais, o que pode conduzir a grandes efeitos de distorção e más interpretações dos indicadores de produtividade. Os *inputs* e *outputs* intermédios são importantes porque são necessários à satisfação da procura final, evidenciando que os diferentes sectores não são geralmente independentes uns dos outros, pelo que o seu desempenho em termos de uso de recursos não pode ser, em rigor, encarado independentemente do desempenho dos outros sectores.

Bleischwitz *et al.* (2007) recomendam que na escolha dos indicadores económicos se tenha em conta a regra de que as grandezas de *input* e de *output* são compatíveis apenas quando a grandeza monetária de output reflecte o que é efectivamente produzido com base na grandeza física de *input*, de forma semelhante ao que acontece com o cálculo da produtividade económica do trabalho.

### 2.3. Porquê uma relação

O contexto da investigação da relação entre competitividade económica e desempenho ambiental é constituído por duas visões opostas, tal como expõem Cainelli *et al.* (2008).

A **visão tradicional** é a de que desenvolvimento económico e protecção do ambiente são mecanismos opostos, ou seja, que uma melhoria do desempenho ambiental se traduz sempre num aumento de custos, prejudicando a competitividade. Segundo esta visão, é essencialmente por imposição de legislação e não voluntariamente que as empresas tomam medidas conducentes à redução do impacte sobre o ambiente. O raciocínio base implícito é que antes da aplicação da legislação ambiental o uso de recursos está optimizado para maximizar o *output* económico e que após a aplicação da legislação se têm de redistribuir os recursos materiais, capital e trabalho, o que conduz necessariamente a um subóptimo económico. Nesta visão, a ênfase é posta na **substituição** da produtividade económica pela protecção ambiental, visto que, no quadro da Teoria Económica Neoclássica, se verifica uma afectação óptima dos recursos

e apenas a mudança nos preços das matérias-primas ou valor dos impostos desencadeiam novos processos de otimização.

Ora, tal como Cainelli *et al.* (2008) salientam, na realidade verifica-se que a afectação óptima dos recursos para a maximização do desempenho económico na produção é mais uma ideia teórica do que observada na prática. De facto, verifica-se geralmente que apenas em casos excepcionais é que os preços foram os principais motivadores de mudanças do uso de recursos na produção. Na maior parte das vezes, a tecnologia tem, devido à sua influência na substituíbilidade de *inputs* de produção, o papel determinante na afectação de recursos (isto é visível nos resultados do estudo de cenários de Hoekstra e Bergh, 2006, para a economia holandesa).

Do abalo das bases da visão tradicional surge a **visão de uma relação acoplada** entre maior competitividade e melhor desempenho ambiental, materializada pela **hipótese de Porter** (ex. Cainelli *et al.*, 2008): a longo prazo os custos associados à conformação da produção com um melhor desempenho ambiental, através de inovações ambientais, são compensados por benefícios económicos associados a uma maior eficiência de uso de recursos e/ou a um maior valor acrescentado. Nesta visão, a ênfase é posta na ideia de **complementaridade** entre produtividade económica e protecção ambiental.

Do ponto de vista teórico, é possível relacionar-se a maior ou menor validade das duas visões com o tipo de abordagem usada para a protecção ambiental (Cainelli *et al.*, 2008). Numa situação em que o investimento ambiental se faz na **mudança do processo produtivo**, para evitar ou reduzir o impacte ambiental, é normal que o conceito de complementaridade surja como mais válido, já que a protecção ambiental está incluída na mesma função de produção associada à produtividade económica. Uma protecção ambiental traduzida em adopção de **mecanismos de controlo de impacte de fim-de-linha** traduzir-se-á, no plano conceptual de gestão de operações, na constituição de uma função de produção nova (de produção de impacte ambiental) que se adiciona à função de produção de produtos ou serviços. Neste último caso, a adição de funções de produção sugere que a optimização da afectação de recursos já não é global, podendo conduzir a ineficiências.

A visão da complementaridade é também suportada pela perspectiva evolucionária da dinâmica industrial tal como exposta por estes autores: é o equilíbrio entre as entradas e saídas das empresas que é o principal *driver* para o desenvolvimento, sendo que as tecnologias integradas evoluem dinamicamente, gerando um efeito positivo na produtividade.

Para além da sinergia entre tecnologias, uma outra forma pela qual as empresas podem aliar protecção do ambiente e competitividade é através da **geração de bens ambientais que são apropriáveis economicamente**, pelo menos parcialmente, pelas mesmas empresas.

Esta discussão permite verificar que a natureza da relação entre competitividade económica e produtividade de recursos encerra em si também a problemática da **causalidade** dominante (Bleischwitz *et al.*, 2007): se é a maior competitividade que leva a maior produtividade de recursos ou é a maior produtividade de recursos que actua no sentido de aumentar a competitividade.

Focando-se o uso e produtividade dos recursos, vários factores explicativos têm sido apontados na literatura. Estes factores são por vezes integrados em grandes enquadramentos teóricos, dos quais o mais famoso é o da evolução da relação entre Economia e Ambiente segundo a **Curva Ambiental de Kuznets**. Neste enquadramento são agrupados os seguintes factores (Bleischwitz *et al.*, 2007):

- ◆ Progresso tecnológico (englobando inovação no processo produtivo e mudança organizacional);
- ◆ Substituição de materiais prejudiciais por outros menos prejudiciais;
- ◆ Mudança na procura, para o sector de serviços e uso de novos produtos ou redução de necessidades de materiais (ex. *Car-sharing*);
- ◆ Saturação da procura (ex. Infra-estruturas);
- ◆ Pressão política para a introdução de legislação ambiental e normas mínimas.

Tal como é realçado por Bleischwitz *et al.* (2007), estes factores podem organizar-se sob três efeitos (entre parêntesis os termos equivalentes em Análise de Decomposição Estrutural):

- ◆ Crescimento (escala);
- ◆ Mudança estrutural (composição);
- ◆ Progresso tecnológico (resíduo).

A estes efeitos clássicos podem adicionar-se os factores institucionais (ex. nível de legislação ambiental e importância dos assuntos ambientais no discurso social) e outros com influência sobre o consumo de recursos mas que não podem ser influenciados politicamente (pelo menos totalmente), como sejam as condições climáticas / topográficas, densidade populacional, estilo de vida e padrões de consumo individuais.

Neste contexto, interessa discutir mais em detalhe os principais factores e possíveis indicadores (Bleischwitz *et al.*, 2007).

Relativamente ao efeito de escala, o principal factor considerado (sendo o preponderante na teoria da Curva Ambiental de Kuznets) é o **PIB per capita**. A fórmula de cálculo do PIB explicita uma multiplicidade de possibilidades de interferência no uso de recursos:

$$Y = C + I + EX - IM$$

Onde Y é o PIB, C é o consumo final das Famílias e do Governo, I é a parcela de investimentos, EX são as exportações e IM são as importações. No âmbito dos investimentos podem-se realçar os investimentos em infra-estruturas que são muitas vezes muito intensivos em materiais.

A parte respeitante ao comércio internacional merece particular destaque devido aos seguintes aspectos:

Não é claro se maior peso do comércio internacional no PIB está relacionado com menor ou maior uso de recursos, sendo provável a existência de uma dependência complexa que se manifesta sob diversas formas em diversos países;

Caso as importações tenham grande peso no PIB, isso poderá significar a realocização de sectores intensivos em recursos no estrangeiro, sendo nesse caso observado um aumento das importações de produtos acabados ou semi-acabados;

Se tanto as importações como as exportações tiverem um peso grande no PIB, trata-se de uma **economia aberta**: esta característica leva a que surjam efeitos indirectos sobre o uso de recursos, dado que por efeito da concorrência internacional são economias forçadas a usar as últimas tecnologias de produção, que são frequentemente as mais eficientes em termos de uso de recursos.

O conceito de composição estrutural é operacionalizado por Bleischwitz *et al.* (2007) pela estrutura sectorial da economia e a estrutura sectorial do emprego. Neste contexto existem alguns assuntos relevantes, nomeadamente o peso económico e de emprego do sector dos serviços e a parcela do desempenho económico alocada à actividade intensiva em materiais (ex. actividade mineira e siderúrgica); não parece claro qual a natureza (aumento ou diminuição) da influência que os desenvolvimentos ao nível do emprego têm sobre o consumo de recursos.

Quanto ao efeito do progresso tecnológico, é consensual a sua influência sobre o consumo de recursos (assume-se uma correlação negativa, numa tradução da hipótese da Curva Ambiental de Kuznets) e o seu papel no desenvolvimento da competitividade económica. Contudo, existem dúvidas de como este efeito deve ser representado para análise. Uma abordagem possível é fornecida pela nova teoria de crescimento de Romer (1990) que indica que a inovação técnica pode ser conseguida mediante o investimento em capital humano: neste contexto, o peso no PIB da despesa do Governo em Investigação e Desenvolvimento (I & D) ou Educação ou o número de patentes por milhão de habitantes podem ser bons indicadores.

No contexto deste efeito de progresso tecnológico pode incluir-se também o factor de **mix energético** usado na economia, isto é, o tipo de combustíveis usados: em países

com *mix* energético dominado pelo carvão, o consumo de recursos é substancialmente maior do que em países com *mix* energético baseado em energia nuclear ou fontes de energias renováveis (Bleischwitz *et al.*, 2007).

Relativamente aos factores que são pouco influenciados politicamente, são de especial relevância o estilo de vida e o consumo das famílias. Neste contexto poderão ser importantes os seguintes indicadores (Bleischwitz *et al.*, 2007):

- ◆ Número de automóveis por 1000 habitantes, dada a intensidade em materiais e energia associados à estrutura de mobilidade individual;
- ◆ Superfície média *per capita* dos alojamentos, em consequência da tendência para habitações maiores;
- ◆ Número de novas unidades habitacionais, que é um indicador concreto para a procura de materiais e energia pelo sector da construção;
- ◆ Comprimento de vias de transporte por km<sup>2</sup> (densidade viária), que influi na procura de materiais de construção na infra-estrutura de transportes; este indicador evita a desvantagem associada ao indicador de comprimento de diferentes redes de transporte *per capita*, de ser muito influenciado pela densidade da população (redes pequenas em países densamente povoados, como a Holanda, e redes grandes em países esparsamente povoados, como a Finlândia ou a Suécia)<sup>5</sup>;
- ◆ Quantidade de resíduos urbanos recolhidos e reciclados, indicando a porção de matérias-primas cujo consumo foi evitado;
- ◆ Preços de produtos e combustíveis para os consumidores finais<sup>6</sup>.

Uma correlação positiva entre crescimento económico e produtividade de recursos indica que à eficiência económica se alia a ecoeficiência, ou seja, que se reduzem tanto quanto possível, e de forma sustentável, os impactes adversos no Ambiente resultantes do uso de recursos. A base da ecoeficiência assenta sobre os conceitos de inovação (sob diversas formas, incluindo desenvolvimento de tecnologias de produção mais amigas do ambiente e novos materiais e alterações comportamentais) e criatividade.

---

<sup>5</sup> Contudo, embora referidos pelos autores, tanto a densidade como a capitação viárias estão associados a decisões políticas não reflectindo necessariamente de forma directa o estilo de vida ou o consumo das famílias.

<sup>6</sup> Na medida em que a carga fiscal afecta o seu preço, as autoridades políticas afectam o consumo dos bens. A sua inclusão nesta lista resulta do facto de as autoridades políticas não afectarem a forma como os consumidores reagem a essas variações de preços.

### **3. METODOLOGIAS DE ANÁLISE DE RELAÇÃO COMPETITIVIDADE – PRODUTIVIDADE DE RECURSOS**

#### **3.1. Enquadramento**

A informação apresentada no Capítulo 2 revela que o modo como a relação entre competitividade e uso de recursos materiais é interpretada e analisada depende muito do enquadramento teórico assumido. A investigação que se apresenta no presente capítulo vai de encontro a esta ideia.

Nas últimas décadas tem-se assistido à crítica de abordagens metodológicas tradicionais, baseadas na Teoria Económica Neoclássica, e ao surgimento de novos enquadramentos e metodologias, essencialmente organizadas nas áreas do saber da Economia Ecológica e da Teoria Económica Evolucionária.

Em grande parte, as críticas são motivadas pelo papel importante que as metodologias têm hoje em dia na formação de políticas (veja-se o papel das ferramentas de modelização no desenvolvimento de políticas de combate às Alterações Climáticas) e pela percepção da ineficácia de algumas abordagens.

Estes factos justificam a inclusão de enquadramentos teóricos como elementos relevantes para as opções analíticas, enquanto condicionadores de e condicionados por outros factores considerados determinantes (Lobo e Silva, 2008):

- ◆ Objectivos do estudo: *a posteriori*, realização de projecções e cenários, *etc.*;
- ◆ Horizonte temporal: curto, médio ou longo prazo;
- ◆ Detalhe pretendido: ex. maior ou menor desagregação por sectores económicos; e,
- ◆ Disponibilidade de dados e de recursos.

Anteriores publicações do DPP focaram um conjunto de metodologias que podem ser usadas na abordagem da relação entre competitividade económica e produtividade de recursos. Não se justificando a repetição de uma apresentação detalhada, optou-se por incluir aqui um breve resumo dos aspectos principais, focando-se este documento em novas metodologias que têm vindo a ser desenvolvidas.

#### **3.2. Economia do Ambiente (Neoclássica)**

Este campo de conhecimento é enquadrado pela Teoria Económica Neoclássica. Embora esta corrente económica se caracterize actualmente por diversas variantes, é possível fundamentá-las na assumpção de três axiomas comuns – individualismo metodológico,

instrumentalismo metodológico e equilíbrio metodológico – definidos tal como apresentado na Tabela 2 (Arnsperger e Varoufakis, 2006).

**Tabela 2: Os três axiomas fundamentais da Teoria Económica Neoclássica e sua descrição (Arnsperger e Varoufakis, 2006).**

| Axioma                               | Descrição   |
|--------------------------------------|---|
| <b>Individualismo metodológico</b>   | Análise focada no indivíduo e nas suas decisões, independentemente das relações que este sustenta com o meio envolvente e outros indivíduos.  |
| <b>Instrumentalismo metodológico</b> | Todo o comportamento é desencadeado pelo indivíduo como um meio de maximizar a sua preferência/satisfação, existindo uma orientação para o fim. Numa forma estrita equivale à racionalidade do indivíduo.   |
| <b>Equilíbrio metodológico</b>       | Postulação de funções de utilidade dos agentes especificando os seus constrangimentos e a sua informação.<br>Questão padrão: "Que comportamento pode ser esperado em equilíbrio?".<br>Se o equilíbrio é provável ou como se pode materializar, são questões extra que não são centrais à abordagem neoclássica. |

Neste contexto, as metodologias da Economia do Ambiente adequadas à análise da relação entre competitividade e uso de recursos materiais encontram-se organizadas principalmente sob o tema da Teoria da Política Ambiental. Outros temas da Economia do Ambiente, nomeadamente a análise custo-benefício / técnicas de avaliação monetária e o tema do crescimento económico e escassez de recursos (Bergh, 2007), apresentam ligações mais indirectas com a temática competitividade e uso de recursos materiais.

Estas metodologias encontram-se organizadas em várias famílias (Proença e Rodrigues, 2007; Lobo e Silva, 2008):

- ◆ Macroeconómicos: modelos empíricos em que a Economia é representada por um conjunto de equações estimadas por modelos econométricos de análise de séries temporais agregadas (com frequência os agentes económicos são considerados homogéneos) mas baseados numa referência teórica muito ligada aos mecanismos da procura; estes modelos apoiam-se num esquema de ajustamento e prolongam comportamentos passados;
- ◆ Equilíbrio geral: modelos baseados em fundamentos microeconómicos, como a concorrência perfeita ou aproximadamente perfeita e a derivação dos preços por confronto entre oferta e procura; a Economia é representada por um conjunto de equações derivadas de dados para um ano de referência, podendo haver desagregação em vários sectores económicos, pelo que o comportamento dos mercados é determinado por decisões distintas dos vários agentes económicos; os resultados são agregados macroeconómicos, variações de bem-estar e emissões para o Ambiente;

- ◆ Input-Output: modelos em que as actividades económicas são descritas por matrizes Input-Output, baseados no pressuposto de que é possível determinar o conteúdo energético ou de impacto ambiental de qualquer bem, —ou serviço; a procura é repartida sectorialmente e as relações entre sectores são descritas por equações lineares; os coeficientes destas equações (coeficientes técnicos) são fixos em cada ano.

Como variantes aos modelos de Equilíbrio Geral, encontram-se ainda os modelos de Equilíbrio Parcial, que são limitados a sectores ou mercados específicos, e de Equilíbrio Geral DSGE (*Dynamic Stochastic General Equilibrium*), que combinam a fundamentação microeconómica dos modelos de Equilíbrio Geral com a consideração de uma fundamentação empírica traduzida numa calibração baseada em séries de dados (Lobo e Silva, 2008).

Todas estas famílias de modelos têm vantagens e desvantagens, adequando-se a vários tipos de estudos, que se apresentam sucintamente na Tabela 3.

Tal como foi realçado na Secção 2.3, alguns factores que explicam o uso de recursos materiais estão relacionados com a estrutura sectorial da Economia. Este facto faz com que as metodologias Input-Output sejam muito relevantes para a análise da Economia – Ambiente. Uma técnica bastante explorada para decompor sectorialmente fluxos físicos associados a recursos materiais é a **Análise de Decomposição Estrutural** (Hoekstra e Bergh, 2002). Embora existam outras técnicas de decomposição (ex. Análise de Números Índice, em que uma aplicação para alguns países da OCDE incluindo Portugal pode ser encontrada em Canas, 2002), esta distingue-se pelo uso de dados Input-Output.

O uso do enquadramento Input-Output permite a atribuição de mudanças quantitativas temporais verificadas numa variável<sup>7</sup> a efeitos relacionados com o consumo final ou a tecnologia (neste caso relacionados com a procura intermédia e envolvendo a substituição de inputs na produção ou a mudanças de produtividade). A decomposição é feita com base numa função que relaciona a variável a explicar com um conjunto de efeitos. A discretização temporal desta função (exigida para a realização da decomposição) é feita mediante a escolha de um índice, que não é único (sob a perspectiva de que não existe um índice ideal) e que afecta os resultados da análise.

---

<sup>7</sup> Física no contexto da análise da relação Economia – Ambiente, mas que pode ter uma natureza económica ou social noutros contextos.

**Tabela 3: Grandes famílias de modelos de avaliação de impactes económicos de políticas ambientais: caracterização geral (Lobo e Silva, 2008)**

| Família                 | Vantagens   | Desvantagens   | Uso típico   |
|-------------------------|---|--|--|
| <b>Macroeconómicos</b>  | Fácil aplicação.<br>Estrutura coerente.<br>Validação empírica.<br>Resultados facilmente interpretados e usados como input para modelos mais complexos.            | Base empírica limita o seu uso em estudos de longo prazo e a incorporação de novas referências teóricas.<br>Pode haver inconsistência com comportamentos microeconómicos.  | Análises ex-post de curto e médio prazo (até 10-20 anos).<br>Fiscalidade.  |
| <b>Equilíbrio geral</b> | Coerência teórica, com incorporação de aspectos micro e institucionais numa estrutura macro.<br>Reduzida exigência de dados mas permitindo uma análise detalhada. | Análise de impactes faz-se numa situação de estado estacionário, ignorando-se o processo de ajustamento.<br>Resultados são sensíveis aos dados usados para calibração.<br>Sendo modelos complexos é difícil avaliar a robustez dos resultados. | Análise ex-ante, de longo prazo e estudo de problemáticas associadas à estrutura da Economia.<br>Aplicações preferenciais no âmbito da fiscalidade e mercados de direitos de emissão de poluentes. |
| <b>Input-Output</b>     | Facilidade de compreensão do modelo.<br>Transparência nas relações entre sectores económicos.   | Rigidez, restringe a substituição entre factores de produção e a incorporação de alterações tecnológicas e de comportamento dos agentes económicos.<br>Grande exigência de dados.  | Análise de previsão limitada a um máximo de 15 anos.   |

A decomposição é feita geralmente pelo método do Factor de Intensidade: associação à matriz monetária de um vector com as intensidades físicas por unidade de output (ou VAB) de cada actividade de produção. Este método é muito utilizado em análise ambiental (ex. Hoekstra e Bergh, 2002, para uma revisão de vários estudos e Silva, 2001, para uma aplicação de decomposição de emissões de gases de efeito de estufa para a Economia Portuguesa).

O desenvolvimento de estudos de Análise de Decomposição Estrutural deve ser feito mediante a realização de um conjunto de escolhas, que devem ajustar-se ao objectivo concreto da análise ao mesmo tempo que incorporam constrangimentos de dados. As escolhas incidem, entre outros factores, sobre o tipo de variável sujeita à decomposição (absoluta, intensidade física ou elasticidade de output), período temporal e índice (Hoekstra e Bergh, 2002).

No contexto de análise de políticas ambientais, os resultados da Análise de Decomposição Estrutural podem ser usados para o desenvolvimento de cenários de previsão de evolução de variáveis físicas e para análise das alterações necessárias para atingir uma determinada meta.

As metodologias da Economia do Ambiente são, no essencial, extensões à temática ambiental de metodologias usadas na análise económica neoclássica (em particular metodologias de análise do crescimento económico). Esta raiz na Teoria Económica Neoclássica tem justificado o reconhecimento de limitações da abordagem da Economia do Ambiente em geral – teoria política, avaliação monetária e a análise do uso de recursos – e, em particular, os modelos de equilíbrio geral. As principais limitações relacionam-se com os seguintes aspectos (Rammel e Bergh, 2003; Bergh, 2007; Nannen e Bergh, 2010):

- ◆ Valorização monetária dos bens ambientais;
- ◆ Substituição de capital natural por capital económico;
- ◆ *Análise custo-benefício, cuja aplicação pode ser problemática, face às dificuldades de valorização;*
- ◆ Omissão de elementos na descrição da realidade: processos fora do equilíbrio, escolha entre equilíbrios múltiplos (dependente da trajectória passada seguida, na formação da qual influem eventos acidentais);
- ◆ Considerações metodologicamente convenientes, mas falsas: agentes representativos, comportamento racional, informação perfeita, função de produção agregada; e,
- ◆ Teoria política ambiental normativa (definição das acções políticas) e sua discrepância com a política ambiental positiva (justificação das acções políticas).

É interessante referir-se mais em detalhe alguns destes aspectos.

Em primeiro lugar, o facto de a relevância dos elementos descritivos da realidade, na forma de processos fora do equilíbrio, ser demonstrada pelo facto de o crescimento económico só raramente ocorrer sem mudança estrutural. De facto, estas metodologias têm grandes dificuldades em explicar o desenvolvimento económico de longo prazo e a história económica. Estima-se que o seu horizonte temporal máximo é de 50 anos, o que fica aquém das grandes ondas tecnológicas que caracterizam o desenvolvimento económico histórico (Bergh, 2004).

Em segundo lugar, o facto de a discrepância normativa e positiva das políticas ambientais ser particularmente relevante para as críticas dirigidas à abordagem da Economia do Ambiente. Uma razão apresentada para a discrepância é a de que as suposições sobre o comportamento da Economia, que estão subjacentes à teoria política normativa, são inconsistentes com o seu comportamento real, especialmente

devido à prevalência da racionalidade limitada e da formação de grupos de interesse na economia (Rammel e Bergh, 2003).

Não obstante estas limitações, o debate actual acerca do desenvolvimento sustentável é ainda dominado pela visão da Teoria Económica Neoclássica (Rammel e Bergh, 2003). Deve-se realçar que uma parte importante das críticas à Teoria Económica Neoclássica é feita por via das limitações da Economia do Ambiente (Bergh, 2007).

### 3.3. Economia Ecológica

Face ao reconhecimento de deficiências na abordagem da Economia do Ambiente, a Economia Ecológica surge como uma tentativa de acomodar críticas e fornecer alternativas viáveis para entender a relação Economia – Ambiente sob uma perspectiva que liga várias ciências sociais e naturais<sup>8</sup>, (Costanza, 2003, Bergh, 2007). O uso de diferentes disciplinas é relevante dado que, por exemplo, um dos aspectos que tem travado a integração da economia e ecologia é a ausência da noção de território físico nas teorias e modelos económicos (Bergh, 2007).

As metodologias desta abordagem são baseadas no uso de indicadores biofísicos e análise de sistemas (Bergh, 2007) e encontram-se actualmente dominadas pela **Análise de Fluxo de Materiais**. Os fundamentos desta metodologia foram o foco de anterior trabalho do DPP (Silva, 2009b), pelo que se apresentam aqui apenas os aspectos fundamentais.

Esta metodologia permite a construção de indicadores agregados de uso de recursos naturais que estão orientados para a avaliação da eficiência de utilização de recursos, gestão sustentável e redução de desperdícios. Na Tabela 4 são sumarizados quatro tipos de indicadores. Esses indicadores agregados, bem como a sua utilização para a elaboração de indicadores de produtividade de materiais relacionando-os com indicadores económicos e sociais como o PIB e a população, foram apresentados na Secção 2.2

**Tabela 4: Tipos de indicadores macro de Análise de Fluxo de Materiais e sua descrição (Silva, 2009b)**

| Tipo              | Descrição  |
|-------------------|--|
| <b>Input</b>      | Materiais usados para sustentar a actividade económica.<br>Composição dependente da disponibilidade do país em recursos naturais, estrutura produtiva e distribuição sectorial, processos de produção, capacidade tecnológica e padrões de comércio internacional. |
| <b>Consumo</b>    | Materiais consumidos pela actividade económica (diferença entre <i>Input</i> e exportações).   |
| <b>Equilíbrio</b> | Indicam a acumulação de materiais na Economia.   |
| <b>Output</b>     | Indicam os fluxos de saída de materiais da Economia, associados à produção económica (exportações) e consumo (emissões e resíduos).  |

<sup>8</sup> Economia, Ecologia, Geografia, Ciência Política, Termodinâmica, Ética e outras.

Podem igualmente ser desenvolvidas abordagens sectoriais da Análise de Fluxos de Materiais, cujos casos mais representativos serão as contas NAMEA e as Matrizes Input-Output físicas, que se descrevem de seguida.

As **contas NAMEA** (*National Accounting Matrix with Environmental Accounts*) para a Energia e Emissões Atmosféricas, calculadas em Portugal pelo INE (ex. INE, 2009) são casos particulares de contas de Análise de Fluxos de Materiais seguindo uma metodologia que permite uma ligação fácil aos agregados monetários do Sistema das Contas Nacionais (matrizes Input-Output monetárias; Silva, 2009a). Nestas contas apresenta-se para cada ramo de actividade o valor de fluxo de materiais, calculado segundo a metodologia das Contas Nacionais, o que significa que, por exemplo, é respeitado o princípio da residência ao invés do princípio do território, como acontece nas estatísticas de produção sectorial tradicionalmente calculadas pelo INE. A criação das contas NAMEA terá sido motivada pela facilitação de utilização de abordagens Input-Output para uma análise sectorial dos fluxos de materiais (Silva, 2001), nomeadamente utilizando-se a técnica de Análise de Decomposição Estrutural, referida na Secção 3.2. A Conta de Fluxos de Materiais, actualmente também calculada pelo INE, é uma tentativa de aproximação ao enquadramento NAMEA para os fluxos agregados de materiais, embora ainda sem desagregação sectorial.

As **Matrizes Input-Output Físicas** contabilizam directamente, em unidades de massa, os fluxos de materiais associados à procura final e procura intermédia (enquadramento Input-Output), sem a necessidade do passo intermédio de decomposição de fluxos físicos com recurso a matrizes monetárias.

Uma base metodológica para a construção de uma matriz Input-Output física pode ser encontrada em Hoekstra e Bergh (2006a). Esta matriz contém os fluxos físicos associados às actividades económicas tal como definidas no Sistema de Contas Nacionais (respeitando o princípio da residência), usando o mesmo esquema de classificação de actividades de produção que a matriz Input-Output monetária.

Estas matrizes podem ser usadas em conjunto com os modelos Input-Output económicos para se avaliarem as produtividades sectoriais de uso de recursos materiais, permitindo ultrapassar as limitações dos resultados da Análise de Decomposição Estrutural aplicada a Matrizes Input-Output monetárias.

Embora a metodologia Input-Output tenha grandes potencialidades para a análise a nível da mesoeconomia, encontra-se afectada por algumas limitações (Bleischwitz *et al.*, 2007):

- ◆ Problemas na consideração de fluxos indirectos associados a sectores a montante;
- ◆ Atribuição das quantidades de recursos aos vários sectores: tendo em consideração que os preços dos recursos flutuam ao longo do tempo, as evoluções dos valores e das quantidades físicas podem não ser correspondentes.

Estas dificuldades fazem com que a comparabilidade entre matrizes Input-Output física e monetária seja geralmente fonte de discussão. Uma maneira de ultrapassar estas dificuldades, embora menos avançada em termos de contabilização, é a utilização de dados, físicos e monetários, das associações sectoriais, que tendem a ser mais consistentes entre si.

Tal como a matriz monetária, a matriz física pode ser utilizada para contabilidade e modelização, sendo considerada uma ferramenta muito valiosa para a modelização da relação entre Economia e Ambiente. Para este efeito, a matriz física deve satisfazer três condições:

1. Respeitar as aproximações da modelização Input-Output económica; nomeadamente a produção económica deve ser distinguida por actividade;
2. Respeitar as definições do Sistema de Contas Nacionais, para permitir a comparabilidade entre matriz física e matriz monetária, tendo uma discriminação adequada de actividades de produção;
3. Os fluxos físicos devem ser relevantes do ponto de vista ambiental.

A terceira condição é a que tem sido de mais difícil satisfação nas matrizes físicas já desenvolvidas, o que nem sempre será motivado por falta de dados mas por escolhas pessoais dos autores. Hoekstra e Bergh (2006a) advogam que é preferível que os esforços se concentrem no fornecimento, a um nível adequado de desagregação, dos fluxos de materiais mais importantes do ponto de vista ambiental, do que na contabilização da totalidade dos fluxos com uma desagregação reduzida.

Paralelamente a esta utilidade enquanto instrumento de modelização, a matriz Input-Output física tem duas vantagens para o enquadramento do Sistema de Contas Nacionais:

- ◆ Integra dados de diferentes fontes (ex. contas de energia, resíduos, estatísticas de produção, comércio internacional e emissões), promove uma homogeneização de esquemas de classificação ou métodos de recolha de dados e permite a detecção de erros nas estatísticas;
- ◆ Pode melhorar as estatísticas monetárias do Sistema de Contas Nacionais porque descreve uma dimensão diferente (física) da mesma economia: os dados físicos podem ser usados para validação ou melhoria, especialmente quando os dados de base são de fraca qualidade.

De acordo com Hoekstra e Berg (2006a), foram desenvolvidas matrizes Input-Output físicas para alguns países europeus: Holanda (Konijn *et al.*, 1995; Konijn *et al.*, 1997), Alemanha (Stahmer *et al.*, 1997; Statistische Bundessambt, 2001), Dinamarca (Gravgard-Pedersen, 1999), Itália (Nebbia, 2000) e Finlândia (Mäenpää e Muukkonen,

2001; Mäenpää, 2000). Foi também desenvolvida uma versão simplificada para a União Europeia como um todo (Giljum e Hubacek, 2001; Hubacek e Giljum, 2003). O grau de detalhe de cada um destes desenvolvimentos é diferente, sendo que as actividades produtivas estão em geral (a excepção é a matriz alemã) menos discriminadas do que as consideradas na matriz monetária (ex. matriz italiana só tem 5 sectores).

Três tipologias de matrizes Input-Output físicas são distinguidas por Hoekstra e Bergh (2006a):

- ◆ **Básica** (matrizes para a Alemanha, Dinamarca, Itália, Finlândia e União Europeia): a Economia é dividida em processos de produção em que cada um deles produz um produto (relação unívoca), utilizando para tal matérias-primas e resíduos de outros processos de produção e fornecendo resíduos a outros processos de produção e emissões para a Natureza; os produtos dos processos de produção são consumidos pelas Famílias e Governo; os produtos são contabilizados numa dimensão física e a passagem de fluxos da matriz física para a matriz monetária faz-se por multiplicação pelos preços dos produtos por unidade de massa;
- ◆ **Alargada** (matriz para a Holanda): relativamente à matriz básica esta matriz inclui uma subdivisão dos fluxos físicos associados aos processos de produção em fluxos de uso para transformação de materiais em materiais secundários e em fluxos de uso final; desta forma a parcela respeitante ao uso final nos processos de produção deixa de ser expressa sob a forma de actividade por actividade para ser desagregada em actividade por categoria de material secundário; não são considerados nesta tipologia os fluxos de resíduos, as variações de *stock* e as embalagens. Só é considerada a reciclagem de—produtos transaccionados monetariamente na Economia;
- ◆ **Completa** (matriz proposta por Hoekstra e Bergh, 2006a): nesta tipologia são considerados os fluxos físicos associados aos processos produtivos, reciclagem, variações de *stock*, embalagens, resíduos e emissões, mantendo-se uma subdivisão de processos de produção, que diferencia agora os processos de produção estrutural (associados à transformação das matérias-primas) e os processos de produção auxiliar (referentes ao processamento de materiais que, não constituindo o produto final, são necessários à sua produção); além dos processos de produção estrutural e auxiliar e do consumo final (dividido este nos grupos de produtos duráveis e não duráveis) consideram-se também os bens de investimento que são necessários aos processos de produção; são consideradas três categorias de produtos (embalagens, reciclagem e outros produtos) e três categorias de serviços (colocação em aterro, incineração e outros serviços).

A matriz física completa pode ser usada para fornecer vários tipos de informação relevante do ponto de vista ambiental (Hoekstra e Bergh, 2006a):

- ◆ Uso para contabilização:
  - o **Indicadores de pressão ambiental:** referentes a uso de recursos, emissões para a Natureza e variações de stock para as componentes produção estrutural, produção auxiliar, bens de investimento e consumo final, podendo ser usados para a definição de políticas;
  - o **Composição de produtos:** assumindo-se conhecida a composição de matérias-primas e resíduos, podendo estes dados ser usados para validação de estudos microeconómicos de produtos;
  - o **Ciclos económicos de elementos:** à semelhança da descrição de ciclos de elementos na Natureza; foi aplicado para o caso do azoto na matriz física da Dinamarca;
  - o **Indicadores de desmaterialização:** cálculo dos indicadores de pressão ambiental por unidade de valor acrescentado usando os dados das matrizes física e monetária; os indicadores agregados de Análise de Fluxos de Materiais (ex. DMI e DMC) podem ser derivados da matriz física;
  - o **Indicadores internacionais:** através das importações e exportações na matriz física.
  
- ◆ Uso para modelização:
  - o **Análise de impacte:** determinação do impacte em indicadores de pressão ambiental de mudanças tecnológicas (ex. consumo de bens e serviços, reciclagem, substituição de materiais, redução da massa de produtos);
  - o **Imputação à Procura Final:** de forma similar ao que acontece com a imputação de inputs de trabalho e capital através da matriz monetária, relacionando as necessidades de matérias-primas e emissões com o consumo final.

Uma outra abordagem à metodologia de Input-Output física consiste em incorporar na mesma matriz fluxos de unidades diferentes, dando origem ao que se chama uma **matriz Input-Output híbrida**. Esta abordagem pode ser motivada por uma tentativa de consideração dos fluxos de diferentes materiais numa unidade não monetária de maior relevância do que a unidade de massa, podendo esta matriz ser depois relacionada com a matriz monetária correspondente (ex. Hoekstra e Bergh, 2006a, para um exemplo numérico). Noutros casos, a abordagem parece ser preferida como uma forma de integrar as matrizes físicas e monetárias numa mesma matriz (em simultâneo) que se foca nalguns fluxos físicos (com unidade de massa) mais importantes (ex. Hoekstra e Bergh, 2006b, para uma matriz híbrida para a economia holandesa focando os produtos

de ferro e aço e plásticos). Este último tipo de matriz híbrida também oferece vantagens pelo facto de ser menos exigente em dados.

A utilização de abordagens sectoriais para o estudo do consumo de recursos materiais apresenta algumas vantagens (Bleischwitz *et al.*, 2007):

- ◆ Relevância de indústrias chave: neste campo é necessário distinguir o uso directo, ou seja, massa dos produtos, do uso indirecto de recursos, que inclui todos os materiais que foram necessários para produzir os produtos finais;
- ◆ Especificidades de sistemas de inovação sectoriais: cada sector tem padrões específicos de comportamento que originam diferentes modos de inovação;
- ◆ Sinergias entre uso de recursos e políticas de alterações climáticas e acordos voluntários sectoriais relacionados: estes acordos sectoriais têm vindo a ganhar importância no cumprimento das metas de redução da emissão de gases de efeito de estufa e afiguram-se mais promissores em sectores intensivos em energia que produzem bens expostos a concorrência internacional, como sejam os sectores do ferro e aço, alumínio, cimento, papel e pasta de papel.

Embora não seja objectivo deste trabalho explorar as metodologias ao nível micro, afigura-se necessário, à luz da nova teoria económica que se exporá de seguida, referir as principais metodologias de avaliação micro da produtividade de recursos através da Análise de Fluxos de Materiais. Estas distinguem-se em dois tipos de abordagem (Bleischwitz *et al.*, 2007):

- ◆ Baseada no produto: avaliações e análise de ciclo de vida;
- ◆ Baseada na empresa: caracteriza-se por uma difícil obtenção de dados; os resultados obtidos não são geralmente comparáveis ou compatíveis com as quantificações efectuadas ao nível macro e meso.

### **3.4. Economia do Ambiente Evolucionária**

A Economia do Ambiente Evolucionária é um enquadramento muito recente e ainda em formação, que se fundamenta na Teoria Económica Evolucionária (Nelson e Winter, 1982). Esta teoria apresenta algumas semelhanças com a Economia Ecológica, designadamente no que respeita às limitações da Teoria Económica Neoclássica e à utilização de vários ângulos disciplinares (ex. estudos tecnológicos, teoria de gestão, economia do comportamento, modelização evolucionária e história económica). A Teoria Evolucionária Não Genética Generalizada tem sido proposta por muitos economistas ecológicos como o principal enquadramento para a completa compreensão das dinâmicas complexas das interações entre sistemas humanos e naturais (Bergh, 2007).

Aquela teoria tem vindo a emergir no campo da análise económica essencialmente desde os anos 80 (Bergh, 2004). Tem as suas raízes no legado de Schumpeter (anos 30 do século XX) mas sofreu um grande desenvolvimento com a teoria da microevolução de Nelson e Winter (1982). Partindo de uma **descrição micro da economia**, a Economia Evolucionária assume populações de empresas, com crescimento em não-equilíbrio e diferenciado entre os indivíduos da população, sendo a diversidade de empresas o resultado de uma interacção contínua entre inovação e selecção (Bergh, 2004).

O processo evolucionário desenrola-se assim segundo um **movimento de acordeão**, desencadeado por duas forças opostas: criação ou geração de diversidade (força desequilibrante, movimento de expansão), selecção ou redução de variedade (força equilibrante ou directiva, movimento de contracção). A criação de diversidade pode ser feita tanto através de uma procura organizada por acções de I & D ou por mudança não direccionada e acidental, como através da resolução de problemas de *performance* e de entrada e saída de empregados das empresas (Bergh, 2004).

A actuação das empresas é caracterizada por rotinas adaptativas e mecanismos de imitação, assumindo-se uma racionalidade limitada (a teoria considera que, em geral, as empresas não tomam as suas decisões tendo como motivação essencial a maximização do lucro). Devido às suas características, esta teoria permite a reprodução de uma relação realista e de longo prazo entre as condições ambientais e de escassez de recursos e o crescimento económico, considerando explicitamente o facto de o crescimento resultar de mudanças de distribuições de tecnologias e empresas, isto é, de alterações nas populações de empresas.

Central à teoria económica evolucionária é, portanto, a abordagem de **população** e o conceito de **co-evolução**, o que traduz o facto de a economia ser vista como adaptável ao ambiente e vice-versa.

A abordagem da população significa que deixam de existir agentes representativos e que toda a diversidade deve ser considerada na análise económica. Na prática a abordagem da população é operacionalizada segundo vários modos (Bergh, 2004):

- ◆ Variáveis agregadas: a diversidade é assumida de forma limitada ou capaz de ser simplificada em subpopulações homogéneas;
- ◆ Descrição da distribuição de populações e suas mudanças;
- ◆ Desagregação: sistemas multiagentes, com os indivíduos explicitamente descritos e podendo ter características únicas, organizados de modo a permitir interacções aleatórias (nuvem) ou segundo uma rede estrutural.

A existência de diversidade no estado momentâneo de uma população faz com que as mudanças num determinado sector sigam regras de probabilidade, dependentes do tempo. A consideração de uma função de produção agregada, comum na Teoria

Neoclássica, é portanto rejeitada. Note-se que, mesmo no seio da teoria neoclássica, a função agregada já havia sido reconhecida como um artefacto sem adesão à realidade (Bergh, 2004).

Uma consequência fundamental do conceito de co-evolução, é a de que a ligação entre óptimo social e equilíbrio de mercado deixa de existir; tanto a economia como o ambiente estão sempre em constante mudança, pelo que, segundo esta abordagem, os modelos de equilíbrio (geral ou parcial) deixam de fazer sentido. A economia é afectada por elementos e processos base da evolução:

- ◆ **Diversidade:** existem populações de agentes económicos, estratégias, produtos e tecnologias;
- ◆ **Seleção:** conjunto de processos que reduzem a diversidade existente;
- ◆ **Inovação:** conjunto de processos que geram nova diversidade;
- ◆ **Herança** (transmissão): replicação através de reprodução ou cópia (imitação); causa da durabilidade e processos cumulativos na economia; note-se que segundo Nelson e Winter (1982), na economia, as rotinas das empresas são análogas aos genes na biologia;
- ◆ **Racionalidade limitada:** indivíduos e grupos (organizações) da população comportam-se automaticamente de acordo com hábitos e rotinas adaptadas ou seleccionadas, imitam outros e são míopes (a imitação é sempre imperfeita, o que funciona como uma fonte de diversidade).

Uma implicação importante da mudança evolucionária é a de que a grande diversidade do sistema económico faz com que seja muito improvável que se revisite um estado (conjunto de características da população) prévio, ou seja, existe uma **dependência do percurso** feito pelos indivíduos da população (*path dependence*). Esta implicação permite que a **história económica** apareça como uma figura importante na teoria económica evolucionária, quando está praticamente ausente da teoria económica neoclássica. A dependência do percurso faz com que um **estado económico seja sempre irreversível**, incorporando a noção de tempo.

Considerando a Economia como uma rede adaptativa e não linear, esta corrente exige o uso de novas metodologias pois a modelização formal associada à Economia do Ambiente Neoclássica, na medida em que explora a linearidade e a convergência, é geralmente insuficiente para lidar com a complexidade da economia (Safarzynska e Bergh, 2008).

Verifica-se, contudo, que este enquadramento se encontra dominado pela teoria enquanto a análise formal e empírica é menos comum (Safarzynska e Bergh, 2008). Em particular, os casos de aplicação ambiental da Teoria Económica Evolucionária, exemplos da solidificação de uma Economia do Ambiente Evolucionária, são ainda escassos, dado que a Economia Evolucionária tem negligenciado os assuntos ambientais e a Economia do Ambiente tem negligenciado os conceitos evolucionários (Bergh, 2004).

Apesar deste facto, encontram-se estabelecidas algumas metodologias para a Economia Evolucionária aplicáveis a problemáticas da Economia do Ambiente. Em comum a estas metodologias encontra-se um conjunto de componentes, apresentados na Tabela 5, e de elementos adicionais, apresentados na Tabela 6. O grau de adopção destes componentes e elementos adicionais é variável nas metodologias actualmente estabelecidas.

**Tabela 5: Componentes de modelos formais em economia evolucionária e sua descrição (Safarzynska e Bergh, 2008)**

| Componente                    | Descrição   |
|-------------------------------|---|
| <b>Diversidade</b>            | <p>Compreende três propriedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Variedade: número de categorias de divisão de uma população;</li> <li>- Equilíbrio: quanto mais homogénea for a fracção de cada categoria maior a diversidade;</li> <li>- Diferença: distância entre categorias.</li> </ul>   |
| <b>Racionalidade limitada</b> | <p>Existem três condições que limitam a racionalidade:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Extensão: a informação pode estar facilmente acessível e compreensível, contudo é preciso tempo e outros recursos para a obter;</li> <li>- Complexidade: existe uma discrepância entre a capacidade computacional de um agente e a complexidade do ambiente;</li> <li>- Incerteza: agentes têm dificuldade em adquirir informação crucial e avaliar as probabilidades de eventos futuros.</li> </ul> <p>Nestas situações os indivíduos têm propensão para exhibir comportamentos desencadeados por hábitos ou regras.</p> <p>Reconhece-se que a heurística (descoberta), processos de aprendizagem e imitação (cópia do melhor – transmissão pelo prestígio, ou cópia da estratégia da maioria – transmissão conformista) e cognitivos são importantes para os processos de decisão.</p>  |
| <b>Inovação</b>               | <p>Pode ser de diferentes tipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tecnológica: melhorias incrementais em <i>designs</i> já existentes (micro inovação, mudança contínua) ou introdução de <i>designs</i> radicalmente diferentes (macro inovação, mudança descontínua);</li> <li>- Recombinante: hibridação de diferentes ideias existentes; o número de novas combinações é função do número de ideias existentes, sendo a combinação limitada por: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exaustão de oportunidades tecnológicas;</li> <li>• Maximização do lucro que requer a combinação de ideias que são próximas tecnologicamente;</li> <li>• Aceitação / proibição social;</li> <li>• Paradigma tecnológico, que pode limitar o âmbito do crescimento recombinante.</li> </ul> </li> </ul> <p>Reconhece-se a importância das actividades inovadoras no desencadear da dinâmica sectorial.</p> <p>A inovação organiza-se por processos de busca de soluções melhores, os quais podem ser míopes.</p> <p>Considera-se que a inovação recombinante é fonte de inovações radicais, podendo realizar sistemas mais complexos do que a evolução gradual.</p> |
| <b>Seleção</b>                | <p>Pode referir-se a dois conceitos integrados no conceito de selecção geral:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Processo de escolha de um subconjunto de indivíduos de acordo com um critério de preferência (selecção de subconjunto);</li> <li>- Resultado de dois processos independentes: replicação de um conjunto de instruções codificadas e interacção dos indivíduos com o seu ambiente e outros indivíduos causando replicação diferencial (analogia com a selecção natural).</li> </ul> <p>A selecção geral processa-se por dois modos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- competição de preços (selecção pelo mercado);</li> <li>- competição de diferenciação de produtos (a oferta de novos produtos ou serviços permite às empresas capturar rendas de monopólio temporárias).</li> </ul>   |

**Tabela 6: Elementos adicionais de modelos formais em economia evolucionária e sua descrição (Safarzynska e Bergh, 2008)**

| Elemento   | Descrição   |
|--|---|
| <b>Difusão</b>                                     | Indica a evolução da adopção de uma inovação ao longo do tempo, que segue geralmente a forma sigmóide até se atingir uma estabilização. Existem vários modelos de difusão de tecnologia que procuram explicar os padrões logísticos do processo de difusão.   |
| <b>Dependência do percurso e efeito de lock-in</b> | Processa-se por mecanismos de <i>feed-back</i> do lado da oferta que mantêm o uso de determinada tecnologia, a qual fica encarcerada ou em <i>lock-in</i> na economia: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Economias de escala;</li> <li>- Aprendizagem pelo fazer;</li> <li>- Inter-relação tecnológica;</li> <li>- Acumulação de conhecimento e experiência;</li> <li>- Efeitos de aglomeração e <i>spillover</i>;</li> <li>- Externalidades de rede;</li> <li>- Rendimentos crescentes de informação;</li> <li>- Efeitos de imitação (<i>bandwagon</i>);</li> <li>- Aprendizagem por interacção;</li> <li>- Influências externas (ex. publicidade, educação).</li> </ul> Demonstrou-se que o efeito de <i>lock-in</i> não é um resultado directo das interacções entre agentes já que, quando os indivíduos têm capacidades cognitivas limitadas, este efeito pode não ocorrer. Problemas de <i>lock-in</i> estão relacionados com a dificuldade de fazer uma transição para sistemas sustentáveis em energia, transporte e agricultura. O efeito de <i>lock-in</i> não tem de ser permanente, podendo ser eliminado caso se consiga ultrapassar um número mínimo de indivíduos adoptantes de uma tecnologia alternativa. |
| <b>Dinâmica Co-evolucionária (co-evolução)</b>     | Co-evolução define-se como a situação em que dois ou mais sistemas evolucionários estão ligados e em que cada um influencia a trajectória evolucionária do ou dos outros. Existem pressões selectivas reciprocas entre populações em evolução. No sistema económico, diferentes subsistemas (mercado, tecnologia, instituições, conhecimento científico, etc.) e diferentes grupos de entidades (produtores, consumidores, <i>policy makers</i> , universidades, etc.) co-evoluem.  |
| <b>Seleção multinível e de grupo</b>               | A Economia pode ser vista como uma estrutura sistémica hierárquica com vários níveis e subsistemas ligados por mecanismos de <i>feed-back</i> . Reconhece-se que cada sistema pode ser um elemento de um sistema de mais alto nível e um seu elemento pode ser um sistema de mais baixo nível. As conexões entre níveis e a estrutura dos grupos de indivíduos, que constituem uma hiperestrutura, são consideradas evolutivas.   |
| <b>Crescimento evolucionário</b>                   | Traduz a ideia de que o crescimento é fundado a nível micro e que as oportunidades para a inovação podem surgir a qualquer altura pois os agentes estão sempre em processo de procura. A análise do crescimento foca-se na mudança estrutural e crescimento diferenciado de uma população de empresas.  |

As metodologias encontram-se divididas em **três tipos de ferramentas de modelização** e uma **ferramenta de decomposição**. As ferramentas de **modelização** compreendem os tipos (Safarzynska e Bergh, 2008):

- ◆ Modelização multi-agentes: baseada na descrição das acções e estado numa rede de uma população de agentes (mais detalhe do que nos modelos de agentes representativos); os agentes são entidades computacionais capazes de interagir

com outros (indirectamente através do ambiente ou por comunicação directa entre agentes) e de agir de forma autónoma e flexível, com o objectivo de atingir as suas metas; a estrutura básica do sistema envolve a especificação de tempo, número de agentes, estados micro que podem ser modificados endogenamente pelos agentes, parâmetros micro contendo informação sobre comportamento e características tecnológicas dos agentes e variáveis independentes do tempo governando vários aspectos (enquadramento tecnológico e institucional, estrutura das interacções e fluxos de informação entre agentes; regras de micro decisão);

- ◆ Computação evolucionária: os modelos são constituídos por algoritmos (sequência de instruções) baseados em mecanismos de selecção natural e genética; existem diversas metodologias bem estabelecidas, tendo como característica base o facto os indivíduos não alterarem o seu estado com o tempo mas a sua população evoluir devido a processos de replicação selectiva (aprendizagem por imitação) e variação (aprendizagem por comunicação – *crossover*, ou aprendizagem por experimentação – mutação);
- ◆ Teoria dos jogos evolucionária: modelização das estratégias de indivíduos jogadores retirados aleatoriamente de grandes populações e com pouca ou nenhuma informação sobre o jogo (racionalidade limitada); as principais componentes do modelo são o estado do sistema e das estratégias dos jogadores, a função de aptidão, que atribui retornos às estratégias específicas dos jogadores dependendo do estado actual do sistema, e um sistema de equações diferenciais (determinísticas ou estocásticas) para processar a evolução do estado do sistema no tempo; a variação ao longo do tempo da frequência das estratégias numa dada população depende dos retornos das estratégias de todos os jogadores através de um mecanismo de *feed-back*, incorporando um sistema de equações diferenciais determinísticas, quando as estratégias evoluem explicitamente (ex. dinâmica de replicação), ou estocásticas, quando evoluem apenas as probabilidades de estados do sistema (ex. processos Markov sem memória).

As principais vantagens e desvantagens e o uso típico das metodologias são apresentados na Tabela 7.

**Tabela 7: Famílias de modelos de Economia Evolucionária (Safarzynska e Bergh, 2008)**

| Família                               | Vantagens  | Desvantagens  | Uso típico   |
|---------------------------------------|--|---|--|
| <b>Modelização Multi-agentes</b>      | Maiores capacidades que modelos de agentes representativos.<br>Adequado ao estudo de interações entre agentes.<br>Facilidade de interpretação dos resultados.  | Não existem técnicas padrão para a construção dos modelos.<br>Necessidade de dados empíricos para calibração. | Aprendizagem dos agentes.<br>Evolução de normas e convenções.<br>Mercados financeiros.<br>Difusão de inovações e dinâmica sectorial (modelos <i>history friendly</i> ).<br>Uso do solo e gestão ambiental.<br>Economia do trabalho.<br>Políticas ambientais. |
| <b>Computação Evolucionária</b>       | Adequado ao estudo da geração de regras de comportamento de agentes.<br>Metodologias de construção de modelos bem estabelecidas (algoritmos genéticos, programação genética, programação evolucionária, sistemas de classificação com aprendizagem, estratégias evolucionárias). | Estrutura complexa dos modelos dificulta a interpretação dos resultados.                                      | Modelização do comportamento adaptativo dos agentes (ex. especuladores).<br>Desenvolvimento de regras para estabelecimento de preços.<br>Modelização do comportamento de empresas em ambientes monopolistas complexos.                                       |
| <b>Teoria dos Jogos Evolucionária</b> | Adequado ao estudo de estratégia dos agentes.  | Elevada complexidade.   | Estudo de comportamentos com racionalidade limitada.<br>Modelização de interações sociais.<br>Modelização de comportamento de minorias numa população quase homogénea.<br>Modelização de concorrência entre empresas.  |

A ferramenta de decomposição estabelecida para a Economia Evolucionária é a Equação de Price (Price, 1970). Esta equação fornece uma decomposição completa da mudança evolucionária de uma dada característica da população em duas partes: uma, devida à reprodução com sucesso – selecção, e outra devida à mudança da característica através das gerações – inovação. É uma técnica que descreve o processo de selecção assumindo que actua numa única característica, podendo ser empregue tipicamente para lidar com dois tipos de questões (Safarzynska e Bergh, 2008):

- ◆ Avaliação da possibilidade de certas hipóteses de modelização serem correctas (perspectiva da verosimilhança);
- ◆ Fazer inferências, dado um conjunto de hipóteses e mecanismos subjacentes a uma modelo teórico evolucionário.

Nannen e Bergh (2010) apresentam uma aplicação de um modelo multi-agentes à análise de políticas climáticas. Neste trabalho, comparam-se políticas de inspiração

evolucionária com a política do imposto ambiental (tradicional neste campo da política do ambiente). A comparação baseia-se na análise da sua influência na mudança do *mix* energético, no sentido de um maior consumo de energia produzida por fontes renováveis.

As políticas de inspiração evolucionária são desenhadas a partir da consciencialização da importância da rede social estabelecida entre decisores (traduzida pela percepção que uma economia tem do estado de outras economias) e do pressuposto de um racionalismo limitado no comportamento. São direccionadas para o aumento da vantagem selectiva da utilização de fontes de energia renováveis.

As duas políticas consideradas são:

- ◆ Mudança do bem-estar relativo de um decisor que usa a estratégia de maior alocação do seu consumo de energia a fontes de energia renováveis – o chamado agente exemplar – através da atribuição de um prémio;
- ◆ Mudança da posição desse decisor na rede social dos outros decisores, através do aumento momentâneo da sua visibilidade (a sua inclusão na rede social dos decisores para quem era até então desconhecido).

Para cada decisor, a estratégia de opção preferencial por um tipo de fonte de energia (fóssil ou renovável) evolui por mutação aleatória e imitação selectiva na sua rede social, a qual inclui um número limitado de outros decisores. Como aptidão de cada decisor, é considerada a frequência com que é imitado, sendo que os factores principais que determinam a aptidão de um decisor são a taxa de crescimento do seu rendimento (indicador de bem-estar relativo) e o número de agentes com quem comunica. Um objectivo fundamental deste estudo (Nannen e Bergh, 2010) é o de verificar se os decisores irão convergir para uma estratégia globalmente óptima (reduzindo a emissão de gases de efeito de estufa) ou para uma estratégia individualmente óptima.

Os resultados obtidos indicam a não convergência para um equilíbrio e a não existência de efeito do aquecimento global sobre o processo evolucionário de evolução de estratégias, não sendo provável que os agentes venham a escolher a melhor estratégia global em detrimento da melhor estratégia individual. Observa-se que o comportamento dos decisores se afasta do padrão da racionalidade, verificando-se a existência de um efeito de *lock-in*. Como tal, o imposto ambiental pode, por vezes, ser ineficiente para influenciar uma mudança de estratégia dos decisores. A política da publicidade dos agentes exemplares só é efectiva quando a pressão selectiva para investir na energia fóssil é baixa (mais eficiente em termos de custo). A política do prémio tem a desvantagem de necessitar que se assegure o cumprimento do financiamento do prémio por, pelo menos, alguns decisores e tem uma eficácia mais reduzida quando o sobrecusto do uso de fontes de energia renovável é mais elevado.

Para além das metodologias da Economia Evolucionária já estabelecidas e apresentadas anteriormente, o contexto da nova teoria económica perspectiva o estabelecimento de novas metodologias, baseadas nas ciências biológicas, ao mesmo tempo que sugere um quadro conceptual para se adaptarem as metodologias baseadas na Economia do Ambiente Neoclássica (ex. uso do conceito de racionalidade limitada numa metodologia Input-Output como em Hoekstra e Janssen, 2006).

### 3.5. Implicações para as políticas ambientais

*"Current trends suggest that predators and preys loose ground, pests are little affected, while pests gain" (Bergh, 2007)*

A prevalência da visão económica neoclássica conduz a que os decisores políticos estejam muito focados em questões de eficiência e de minimização de custos e que não haja uma imagem clara das mudanças e adaptações estimuladas pelas políticas ambientais (Rammel e Bergh, 2003). É importante referir-se que a Teoria Neoclássica incorpora por vezes (ex. na Teoria dos Jogos) a noção de **evolução como um processo determinado em que o progresso é um dado adquirido** e que conduz a um equilíbrio óptimo único como resultado final, através da ideia da selecção pelo mercado (Rammel e Bergh, 2003). Esta é uma noção parcial do conceito de evolução, em que o equilíbrio resulta da ausência de consideração do papel da inovação.

No contexto do **debate da relação entre desenvolvimento económico e ambiente**, a Teoria Evolucionária sugere (Bergh, 2004):

- ◆ O desenvolvimento sustentável como estado estacionário é um objectivo irrealista: a selecção e a inovação irão sempre perpetuar a mudança na estrutura da economia;
- ◆ O foco na sustentabilidade fraca (entendida como a permissão de algum grau de substituição entre capital económico e capital natural) pode originar uma fraca orientação de políticas, dadas as características de incerteza, irreversibilidade e co-evolução do processo evolucionário económico; note-se que este aspecto assume actualmente grande relevância, dada a entrada em vigor dos mercados de licenças de carbono, que constituem uma materialização desta noção de sustentabilidade;
- ◆ A teoria evolucionária parece um enquadramento especialmente adequado à prossecução do objectivo do desenvolvimento sustentável dado permitir a análise de longos períodos temporais.

Relativamente à última implicação, é interessante realçar-se, como emblemático, o caso dos estudos das alterações climáticas. Trata-se de uma das poucas áreas da economia do ambiente em que os modelos de crescimento óptimo, fundamentados na teoria económica neoclássica, foram realmente aplicados. Como é indicado por Bergh (2004), a aplicação destas metodologias conduziu à conclusão principal de que o custo da

irreversibilidade associada ao sobreinvestimento em abatimento das emissões de gases de efeito de estufa é mais preocupante do que a acumulação dos mesmos gases na atmosfera e os seus efeitos climáticos. Para este autor, esta conclusão surge naturalmente devido ao foco da metodologia na eficiência económica e a negligência da incerteza associada ao desenvolvimento económico futuro (dada a ausência explícita da noção de tempo na teoria económica neoclássica). Este caso levanta a questão de saber até que ponto as conclusões dos estudos tradicionais de economia do ambiente e de uso de recursos, e consequentemente as políticas ambientais tradicionais, estarão ou não limitadas pelo enquadramento teórico da visão económica neoclássica.

De forma mais geral, a teoria evolucionária questiona a identificação entre crescimento e progresso, subjacente ao uso de indicadores económicos agregados (como o PIB) e a teorias da economia do ambiente (como a teoria da Curva Ambiental de Kuznets).

Do ponto de vista evolucionário, o **progresso pode ter várias definições diferentes**, como sejam o aumento da diversidade, aumento da complexidade do sistema (número de componentes, número de conexões entre componentes), novas formas de transmissão de informação, maior divisão de trabalho, crescimento populacional (indicação de que a espécie humana é uma das dominantes), aumento da eficiência na captura e transformação de energia (o aumento da eficiência energética representa uma maior pressão da selecção e a criação de oportunidades para o crescimento da população).

Independentemente da definição de progresso, a teoria evolucionária fornece alguns indícios de que a **trajectória actual de evolução possa não conduzir ao progresso** (Bergh, 2004):

- ◆ A selecção é um processo de procura local, resultando da actividade dos indivíduos da população e não da actividade do agregado económico pelo que, no melhor dos casos, conduz a um óptimo local e não geral, na população e no tempo;
- ◆ Os indivíduos estão limitados por constrangimentos históricos, materializados pela dependência do caminho e fenómenos de encarceramento (efeito de *lock-in*) da economia; estes constrangimentos funcionam quase como se fossem informação genética, condicionando toda a evolução dos indivíduos, tal como foi demonstrado pelo estudo de uma coorte<sup>9</sup> de empresas suecas por Box (2008) que revela uma grande influência das condições económicas existentes na altura da criação das empresas sobre o seu percurso futuro;
- ◆ As adaptações de comportamento dos indivíduos são muitas vezes compromissos entre objectivos diferentes, estimulados por diferentes forças de selecção;

---

<sup>9</sup> Conjunto de indivíduos nascidos no mesmo instante ou período temporal; termo utilizado em biologia.

- ◆ A evolução, para além da adaptação, depende também de aleatoriedade e de deriva;
- ◆ A co-evolução impede qualquer processo de optimização estática ou dinâmica.

Consistentemente com estas implicações, a Teoria Económica Evolucionária oferece vantagens para o estudo das políticas de desenvolvimento sustentável, nomeadamente (Rammel e Bergh, 2003):

- ◆ Tem em conta elementos adaptativos e estruturais de muitas alterações económicas;
- ◆ Dá a noção de que o comportamento económico das empresas e consumidores está mais de acordo com uma racionalidade limitada do que com uma racionalidade absoluta;
- ◆ Integra noções de mudança não optimizada, incerteza e desenvolvimento de longo prazo, nas políticas de desenvolvimento sustentável;
- ◆ Permite a abordagem de assuntos ignorados pela Economia do Ambiente como sejam a diversidade, a minimização de riscos, a dependência de percurso e o *lock-in*.

O conceito de tecnologia é afectado pela visão evolucionária, dada a sua inter-relação com o aspecto evolucionário da dependência do percurso: qualquer tecnologia passa a ser considerada como um elemento intermediário numa cadeia causal de desenvolvimentos evolucionários indeterminados. Isto leva a que o desenvolvimento, transferência e difusão de tecnologia, não possam ser descritos apenas em termos de eficiência tecnológica e económica e que não haja tecnologias óptimas (Rammel e Bergh, 2003).

Adicionalmente, o próprio conceito de política, como um instrumento estático e definido de forma permanente, é posto em causa. De facto, no campo da gestão ambiental adaptativa têm surgido algumas evidências de que o lidar com sistemas complexos requer um equilíbrio entre aprendizagem política flexível, monitorização e investigação (Rammel e Bergh, 2003).

Os instrumentos de Política Ambiental podem classificar-se em (Rammel e Bergh, 2003):

- ◆ Comando e controlo;
- ◆ Mecanismos de mercado ou incentivos económicos;
- ◆ Persuasão moral.

As políticas ambientais têm vindo a mudar o seu foco de uma abordagem curativa, orientada para os efeitos (ex. emissões), para uma abordagem orientada para as fontes (ex. uso de matérias-primas), pelo que os últimos dois tipos de instrumentos têm-se tornado mais importantes.

A confiança na eficácia dos mecanismos de mercado está, segundo Rammel e Bergh (2003), fundamentada em análises de equilíbrio estático, em que os agentes económicos (consumidores e produtores) são individualmente eficientes e têm um comportamento racional. Contrariamente, análises realizadas com teorias alternativas de comportamento individual geram resultados diferentes dos convencionais.

Um dos casos emblemáticos das políticas ambientais de inspiração neoclássica é constituído pelas aplicações do **princípio do poluidor-pagador**. Este princípio é baseado na assumpção de preços correctos e óptimos para todos os serviços ambientais, os quais, em conjunto com equilíbrios óptimos, sugerem que os poluidores devem pagar os custos marginais dos danos causados pela sua actividade. Estes custos funcionam como um incentivo para reduzir os danos para o nível de poluição e exploração óptimo, operacionalizado, por exemplo, através de licenças transaccionáveis. De acordo com a Teoria Evolucionária, esta abordagem apresenta desvantagens: os efeitos ambientais são menos certos que na regulação directa (comando e controlo) e é muito difícil determinar os níveis de impostos adequados pelo facto de os custos marginais estarem relacionados com equilíbrios óptimos hipotéticos (Rammel e Bergh, 2003). Em última instância, a co-evolução impede que se possa ter uma imagem precisa da realidade económica (Bergh, 2004).

A admissão de que são possíveis óptimos e equilíbrios estáveis nesta determinação de impostos ambientais faz com que sejam excluídas as mudanças estruturais nos sistemas ambientais e económicos, bem como a incerteza, as adaptações e as dependências de percurso que lhe estão associadas. Sendo a escolha baseada em critérios de eficiência, o foco é sempre no curto prazo, evitando-se a consideração de questões relacionadas com a irreversibilidade associada à mudança qualitativa (Rammel e Bergh, 2003). Desta forma, estas políticas acarretam o risco de estimularem padrões socioeconómicos insustentáveis, sacrificando a estabilidade de longo prazo por ganhos de eficiência a curto prazo. Estas considerações são especialmente relevantes para as políticas de clima, que estão dominadas por abordagens de custo-benefício e optimização (ex. comércio de licenças de carbono).

É interessante frisar-se que, numa situação em que os preços não reflectem bem as externalidades positivas/negativas visadas (possível no contexto da co-evolução), os custos incorridos pelas empresas devido às taxas actuam como impedimento ao esforço em I & D, reforçando as situações de *lock-in* associadas a uma tecnologia futuramente menos eficiente em termos ambientais. As taxas ambientais actuam também no sentido da distorção da concorrência, sendo que, quanto maior o ambiente de **competição** (um outro entendimento da noção de concorrência por analogia às populações de seres

vivos), mais se evita o *lock-in* de tecnologias com efeitos incertos sobre a sociedade e o ambiente (Bergh, 2004).

As condições para a competição são um aspecto complexo a ponderar nas políticas ambientais dado que, se por um lado a competição deve ser fomentada, por outro lado a existência de grandes empresas com poder de mercado é vantajosa (a capacidade de **apropriação** da tecnologia deve ser suficiente) de modo a que possa ser gerada I & D numa escala necessária à produção de certos tipos de inovação. Este equilíbrio entre necessidade de se ter uma apropriação suficiente da tecnologia e, simultaneamente, diversidade na I & D, conduz a uma preferência teórica por mercados em **oligopólio**.

Em oposição a este foco de curto prazo, a teoria evolucionária sugere que o ter em conta a **diversidade**, por ser um elemento chave para a estabilidade e a sobrevivência a longo prazo, deve ser um aspecto fundamental das políticas ambientais. A diversidade é a forma de constituir um **potencial evolucionário** (Rammel e Bergh, 2003), através de um reportório de opções alternativas, aumentando a possibilidade de adaptabilidade a condições futuras muito alteradas. A flexibilidade nas estratégias adaptativas (flexibilidade adaptativa), traduzida na diversidade, é incentivada por enquadramentos evolucionários caracterizados por uma fraca pressão de selecção e reflecte uma clara distinção entre o conceito de eficiência sistémica (considerando as interacções de rede) e o conceito tradicional da eficiência económica (minimização de custo, rentabilização de factores e exclusão dos fracos).

Neste contexto, Rammel e Bergh (2003) referem os sistemas socioeconómicos intensivos em recursos que, caracterizados pela diversidade reduzida e pela sobreeficiência, poderão ser muito vulneráveis às grandes perturbações. Esta discussão sugere que uma estrutura económica diversificada contribuirá para uma maior competitividade da economia.

Uma diferença fundamental entre os sistemas socioeconómicos e os sistemas biológicos (Rammel e Bergh, 2003) é a de que os primeiros não mantêm a diversidade apenas de forma passiva, mas também de forma intencional através de **políticas activas de conservação** (ex. biodiversidade, herança cultural) e por actividades e instituições geradoras de diversidade (ex. universidades, legislação de patentes). Estes mecanismos de geração de diversidade e em particular de inovação, pelo seu papel na manutenção do potencial evolucionário, devem ser elementos essenciais das políticas de promoção de um desenvolvimento sustentável (Bergh, 2004).

Segundo Bergh (2007), a subvalorização da diversidade nas políticas ambientais actuais poderá estar também relacionada com os **indicadores de progresso e de aumento de bem-estar** tradicionalmente usados. De facto, o PIB tem sido indicado como um indicador pouco robusto de bem-estar social. A **visão evolucionária do progresso**, relacionada com a ideia de um **crescimento diferenciado**, inclui uma série de critérios, em que é visível o papel central assumido pela diversidade:

- ◆ Aumento da diversidade;
- ◆ Aumento da complexidade (ex. número de componentes ou funções, níveis de encapsulamento dos sistemas);
- ◆ Divisão do trabalho;
- ◆ Novas formas de transmitir informação;
- ◆ Crescimento populacional: relacionado com a ideia que uma população próspera tem grande número de indivíduos;
- ◆ Maior capacidade de adaptação;
- ◆ Maior eficiência na captura e transformação de energia.

Um outro aspecto digno de nota relaciona-se com a abordagem tradicional de custo-benefício que, para além de conduzir a políticas de resultado incerto, como se referiu antes, penaliza a diversidade ambiental pela ênfase do custo da sua manutenção, o qual é interpretado como perda de eficiência ou factor de redução da rentabilidade (Rammel e Bergh, 2003). Este facto contribui ainda mais para reduzir esta diversidade. Através da Economia do Ambiente Neoclássica, a política do ambiente é indirectamente afectada pela noção da «**sobrevivência do mais apto**», o que sugere que não há lugar para a diversidade. Por seu lado, a Teoria Evolucionária inspira uma política do ambiente que suporta a noção da «**sobrevivência do suficientemente apto**».

As situações que favorecem o efeito de *lock-in* também parecem ser potenciadas pelas políticas de inspiração neoclássica, uma vez que estas situações, numa primeira fase, se manifestam tipicamente, como ganhos aparentes de eficiência (Rammel e Bergh, 2003; Safarzyńska e Bergh, 2008): economias de escala e de gama, mudança tecnológica cumulativa, aprendizagem, externalidades de rede e uso de factores de produção complementares.

Embora existam casos notórios de *lock-in* de tecnologias menos adequadas que actualmente são considerados como falhas de mercado pela teoria neoclássica (gravador de vídeo VHS, teclado Qwerty e sistema operativo Windows), os casos do *lock-in* de tecnologias de grande relevância ambiental encontram-se ainda pouco visíveis: alguns exemplos são o uso de veículos movidos a combustíveis fósseis, a agricultura industrializada e o fornecimento energético baseado em combustíveis fósseis (Rammel e Bergh, 2003; Bergh, 2007). As próprias políticas ambientais, quando mal desenvolvidas, podem também conduzir a *lock-in* de tecnologias menos adequadas do ponto de vista ambiental, tal como foi realçado por Kemp (2007).

A Teoria Evolucionária sugere abordagens políticas para evitar as situações de *lock-in* e fazer o *unlock* de tecnologias indesejadas (Bergh, 2004; Rammel e Bergh, 2003):

- ◆ Redução da incerteza política e estabelecimento de objectivos claros (ex. objectivo “zero emissions” para a Califórnia; Bergh, 2007);
- ◆ Criação de nichos protegidos da selecção de mercado (ex. energia solar);
- ◆ Redução da incerteza política e estabelecimento de objectivos claros;
- ◆ Correção de pressões selectivas;
- ◆ Estímulo de tecnologias que favoreçam trajectórias de evolução (ex. tecnologias de armazenamento de energia);
- ◆ Estímulo da diversidade na I & D;
- ◆ Estímulo de tecnologias complementares;
- ◆ Procura de tecnologias de design flexível e opções múltiplas;
- ◆ Comunicação com grupos de interesse para criar uma base alargada para a aprendizagem e selecção.

Nesta actuação, a estratégia geral é o fomento da diversidade, de forma a assegurar o potencial adaptativo face a condições ambientais em mudança. Esta estratégia é definida pelo **Teorema de Fisher**: quanto maior a variabilidade genética sobre a qual a selecção dos mais aptos pode actuar, maior a esperada melhoria em aptidão (Bergh, 2004).

Este estímulo da diversidade coloca em questão políticas recentes de fomento da adopção da **melhor tecnologia disponível** (MTD) por parte das empresas. De facto, a anterior descrição da teoria evolucionária sugere que estas políticas contribuem para o *lock-in* da MTD, o que é arriscado, dado que o conhecimento acerca das mudanças e impactes ambientais é necessariamente incompleto no contexto da co-evolução. Como exemplo deste tipo de problemática pode-se referir o caso da indústria automóvel, exposto por Bleischwitz *et al.* (2007), em que a **legislação ambiental referente a veículos em fim de vida**, através da exigência de determinada composição em materiais nos veículos, estará a actuar como um impedimento à introdução de materiais mais leves no fabrico dos veículos, conducentes a um menor consumo energético.

De igual modo, a via da **liberalização do mercado de energia**, prosseguida actualmente por vários países, pode ser inconsistente com a apropriabilidade da tecnologia pelas empresas, necessária para que se consigam inovações a um ritmo mais acelerado nas tecnologias de energia renovável (Bergh, 2004).

Importa também referir que uma parte da I & D deverá ser feita externamente às empresas, nas universidades, nomeadamente a referente à investigação fundamental que serve de fundação de grandes mudanças tecnológicas, originando tecnologias facilitadoras de determinados caminhos evolutivos. Esta investigação fundamental permite também que se evite uma situação de rendimentos decrescentes na economia.

Exemplos de investigação fundamental com interesse ambiental são fornecidos por Bergh (2004), dos quais se pode realçar, devido à relevância para o uso de materiais, a nanotecnologia. Os governos poderão também ter de apoiar algumas inovações sociais ou organizacionais relevantes do ponto de vista ambiental.

Tendo em conta as situações de *lock-in* e o conceito de potencial evolucionário, é natural verificar-se que a manutenção da diversidade através das políticas ambientais possa ser vista como uma estratégia de **minimização de riscos** (Rammel e Bergh, 2003), de acordo com a aplicação do **princípio da precaução**.

É importante notar-se aqui que o conceito de minimização de riscos não está relacionado com o cálculo de riscos e sua salvaguarda, de inspiração neoclássica. Tal como foi realçado por Rammel e Bergh (2003) o cálculo e salvaguarda de riscos é impossível para muitos fenómenos naturais, casos de incerteza extrema ou à escala global.

No contexto da minimização do risco, são especialmente atraentes as **políticas baseadas na auto-regulação ou auto-organização**, em incentivos individuais ou em mecanismos co-evolucionários, tendo em conta interações sociais e sendo importante o conceito de gestão adaptativa caracterizada por um processo dinâmico de aprendizagem contínua (Rammel e Bergh, 2003; Bergh, 2007). Também neste caso, uma abordagem tradicional à política do ambiente, explorando instrumentos de comando e controle, pode ser prejudicial: um resultado importante da investigação realizada na exploração de recursos comuns é o de que as regras impostas externamente podem reduzir e destabilizar a cooperação ou destruí-la completamente, prejudicando a auto-regulação; uma estratégia de estimulação de normas através da comunicação poderá ser mais desejável, especialmente quando a monitorização hierárquica é imperfeita (Bergh, 2007).

Embora as principais referências da literatura sobre a aplicação da Teoria Económica Evolucionária ao estudo de temáticas ambientais seja dominada por críticas bastante agressivas à Economia do Ambiente Neoclássica, é importante referir-se que o enquadramento teórico evolucionário, pela sua ênfase na diversidade, não recomenda o abandono completo da Teoria Económica Neoclássica. O que é questionado é a dominância quase completa do pensamento económico por uma única teoria. Neste sentido, Farley (2010) advoga o uso de várias perspectivas metodológicas, incluindo a neoclássica, para a abordagem das questões de conservação de recursos.

## 4. PRINCIPAIS EVIDÊNCIAS

### 4.1. Macroeconomia

Silva (2009b) faz uma análise dos valores dos indicadores da Conta de Fluxos de Materiais do INE (Instituto Nacional de Estatística) para a Economia Portuguesa no período 2000-2005, destacando algumas tendências:

- ◆ A entrada de materiais relativamente ao PIB e à população diminuiu neste período, embora a entrada absoluta de materiais não tenha diminuído;
- ◆ O consumo interno de materiais decresceu de 2000 para 2005;
- ◆ O Saldo Comercial Físico, isto é, a diferença entre importações e exportações de materiais tem vindo a reduzir-se desde 2002.

Estas tendências parecem evidenciar que no período 2000-2005 a entrada de materiais destinados a exportações aumentou relativamente à entrada de materiais destinado a consumo interno, tendo-se assistido ao mesmo tempo a uma dissociação relativa entre entrada de materiais e a produtividade económica traduzida pelo PIB. Caso este comportamento não se deva a factores exógenos à economia portuguesa, como por exemplo às condições hidrológicas médias em Portugal (que podem justificar uma maior produção nacional de energia por via hídrica e consequente redução de importações de combustíveis fósseis), interessa perceber se estará relacionado com mudanças estruturais da Economia.

O estudo de Bleischwitz *et al.* (2007) descreve a evolução do uso e produtividade de recursos nos países da União Europeia, Estados Unidos da América (E.U.A.) e Japão nas últimas décadas. Desta descrição podem-se destacar os seguintes resultados:

- ◆ Em 1980 Portugal e Grécia eram as economias mais eficientes da União Europeia dos 15 (EU 15) quanto ao uso de materiais e energia; actualmente estas duas economias estão no fundo da tabela de produtividade de recursos, a par da Finlândia;
- ◆ A correlação entre consumo de recursos e rendimento económico é significativa e positiva;
- ◆ Países com alta produtividade de recursos não são necessariamente aqueles com a maior dinâmica de crescimento dessa produtividade;
- ◆ A produtividade dos recursos na UE 15 é superior à dos países da Europa de Leste;
- ◆ O aumento da produtividade dos recursos não está necessariamente associado a uma redução do uso geral de recursos, verificando-se que a maior parte dos países da UE 15 conseguiu uma dissociação relativa entre crescimento económico e uso de recursos mas não uma dissociação absoluta (detectada apenas na Alemanha);
- ◆ Alguns países (França, Itália e Reino Unido) têm conseguido um uso de recursos estável a longo prazo;
- ◆ O aumento anual da produtividade de recursos foi em muitos países de 2,5% ou menos, o que fica abaixo da meta estratégica de melhoria do uso de recursos estabelecida na União Europeia de 3% ao ano;

- ◆ Quanto ao DMI/DMC *per capita* existe uma grande disparidade de valores entre países da EU 15, com um máximo da Finlândia e um mínimo da Itália; os E.U.A. estão no conjunto dos países com maior consumo de recursos e o Japão tem um consumo abaixo da média da União Europeia;
- ◆ Em alguns países, a diferença entre DMI e DMC, ou seja, a parte das exportações, é grande, materializando o chamado «efeito de Roterdão» (efeito dos pontos privilegiados de comércio internacional como na Bélgica e Holanda) ou a exportação de recursos naturais (madeira e ferro na Finlândia e Suécia, gás natural na Dinamarca, xisto betuminoso na Estónia);
- ◆ Finlândia e Estónia são casos especiais, com um elevado consumo de recursos per capita e uma baixa produtividade de recursos. Este desempenho está relacionado com a exploração de recursos naturais domésticos: a floresta e os metais na Finlândia, (exigem grandes investimentos em infra-estruturas) e o xisto betuminoso na Estónia (o rendimento da conversão de xisto betuminoso para petróleo é bastante baixo). Grande parte dos produtos de exploração destes recursos naturais é destinada a exportação mas o elevado DMC está relacionado com o processamento destas matérias-primas;
- ◆ Para países industrializados desenvolvidos, a análise sugere a existência de um nível mínimo de produtividade de recursos de 12 t *per capita* (DMI/DMC), o que fornece uma janela de oportunidade de melhoria da produtividade por um factor de 2 a 4, dependendo das características específicas dos países (ex. capacidades tecnológicas e institucionais);
- ◆ Verifica-se na União Europeia uma tendência de crescimento das importações de matérias-primas;
- ◆ A análise indica que, em geral, existe uma correlação positiva entre competitividade económica<sup>10</sup> e produtividade de recursos (PIB/DMC), embora ainda não seja muito claro que mecanismos potenciam esta relação.

É importante notar-se que neste estudo de Bleischwitz *et al.* (2007) a comparação da produtividade de recursos de vários países foi feita recorrendo a valores de PIB medido em PPP, de forma a assegurar a comparabilidade dos dados.

A questão das produtividades em termos de DMC e DMI merece mais algum detalhe. Em geral, na análise de Bleischwitz *et al.* (2007), o aumento de DMC foi menor que o de DMI, pelo que a produtividade de recursos em termos do DMC mostra um maior aumento que em termos do DMI. Isto parece indicar que as exportações e comércio internacional

---

<sup>10</sup> Usa-se nesta análise dados de *Growth Competitiveness Index*, o índice de competitividade usado anteriormente ao *Global Competitiveness Index*, referido anteriormente.

estão a ter um impacto significativo no PIB. É possível identificar-se várias tipologias de países neste contexto:

- ◆ **Crescimento de DMC superior ao crescimento do DMI, ambos superiores ao crescimento do PIB** (produtividade dos recursos diminui): Grécia, Turquia e Portugal; nesta tipologia o consumo de materiais aparenta originar rendimentos económicos decrescentes (principalmente por intermédio dos mecanismos de consumo interno no caso da Grécia e da Turquia), podendo representar uma estagnação tecnológica da economia e, eventualmente, fraca competitividade do país face ao estrangeiro;
- ◆ **Crescimento do DMC semelhante ao crescimento do DMI, ambos inferiores ao crescimento do PIB**: Irlanda, Espanha, Suécia, E.U.A., Finlândia; uso de recursos com rendimentos económicos crescentes; o aumento da produtividade económica parece dever-se tanto a mecanismos de consumo interno como de comércio internacional sob a forma de exportações;
- ◆ **Crescimento do DMC inferior ao crescimento do DMI, ambos inferiores ao crescimento do PIB**: Áustria, Bélgica, Dinamarca, Alemanha, Itália, Holanda, Reino Unido (R.U.); nesta tipologia as exportações parecem estar a contribuir de forma significativa para uma maior produtividade de recursos, traduzindo uma boa competitividade dos países face ao estrangeiro.

É interessante notar-se que estão no último grupo os países em que o grau de abertura externa da economia é maior, face à actividade económica interna, como sejam a Bélgica e a Holanda.

Quanto aos países em que a produtividade dos recursos diminuiu, Grécia e Portugal, verifica-se em geral a diminuição da produtividade dos recursos desde 1980. No entanto, no caso de Portugal esta diminuição não foi sistemática. Estes resultados parecem sugerir que na década de 80 ocorreu em Portugal uma mudança estrutural que inicialmente permitiu um aumento significativo da produtividade económica mas que a seguir originou rendimentos decrescentes, com a produtividade dos recursos a diminuir cada vez mais. Uma outra possibilidade é a de a evolução da produtividade dos recursos então verificada ser provocada directamente por um esforço de investimento artificial (ex. afluência de capital monetário externo à economia sob a forma de subsídios) que posteriormente cessou, revelando um tecido produtivo enfraquecido. Na Grécia, a comparação das evoluções do uso de materiais e do PIB sugere uma estabilização da produtividade de materiais.

Um outro aspecto de interesse nos dados reunidos por Bleischwitz *et al.* (2007) é que estes indicam uma evolução do PIB ao longo das décadas de 80 e 90 bastante semelhante na maior parte dos países da UE 15 e nos E.U.A. (por oposição ao caso do Japão por exemplo), a qual é feita à custa de padrões de evolução de uso de recursos

bastante diversos (situação visível na disparidade das evoluções do DMI e do DMC). Esta situação sugere por um lado uma relação estreita entre as referidas economias, por meio do comércio internacional (que tenderá a ajustar a produção económica de países diferentes por criação de sinergias comerciais) ou de cooperação internacional (ajuda aos países menos desenvolvidos na UE 15), e por outro lado que a produção económica individual é fruto de composições sectoriais da economia muito diversas. É possível conjecturar-se que, em parte, esta diferenciação de estrutura económica possa ter-se desenvolvido por estímulo das relações internacionais.

O estudo de Bleischwitz *et al.* (2007) fornece também alguma comparação entre a evolução da produtividade do trabalho face à produtividade dos recursos. Esta comparação é importante no contexto do debate sobre a hipótese de a estrutura produtiva se ter especializado, desde o início do processo de industrialização, no **aumento da produtividade do trabalho** com negligência da melhoria da produtividade dos recursos. Nos últimos anos têm existido evidências de que a evolução relativa da produtividade do trabalho superou a evolução relativa da produtividade dos recursos tendo consequências socialmente indesejáveis (ex. despedimentos, aumento da carga de trabalho) e resultando na sobre exploração dos recursos. Contudo, os resultados de Bleischwitz *et al.* (2007) indicam que esta tendência só parcialmente é verificada nos países analisados: em vários países da UE 15 e no Japão a produtividade dos recursos aumentou mais rapidamente do que a produtividade do trabalho entre 1980 e o início da década de 2000. Existem padrões regionais significativos neste campo:

- ◆ **A produtividade do trabalho cresce mais rapidamente que a produtividade dos recursos:** países escandinavos, Espanha e países de Leste que apresentaram nos anos 80 maior abertura internacional do mercado; apesar deste comportamento quanto ao valor absoluto de uso de recursos, estes países têm diferenças significativas entre si, com os países escandinavos a apresentarem um consumo de materiais relativamente elevado;
- ◆ **A produtividade do trabalho cresce enquanto a produtividade dos recursos decresce:** Grécia e Portugal;
- ◆ **A produtividade do trabalho cresce menos que a produtividade dos recursos:** Áustria, Bélgica, França, Alemanha, Irlanda, Itália, Holanda, R.U., Japão, UE 15, Malta e República Checa;
- ◆ **A produtividade do trabalho cresce ao mesmo ritmo que a produtividade dos recursos:** Polónia, Estónia.

Um aspecto que ressalta deste panorama fornecido pelo trabalho de Bleischwitz *et al.* (2007) é o de que, embora haja algumas tendências no uso e produtividade de recursos comuns a grande parte dos países analisados, existe também muita diversidade de desempenhos entre os países, a qual tem em muitos casos raízes nas suas

especificidades em termos de abundância de recursos naturais. Ou seja, parece que o estado e a evolução aparentemente mais vantajosos de um país não são directamente reprodutíveis num outro país.

O caso da Finlândia é um bom exemplo destas **especificidades regionais**: um estudo da relação entre competitividade económica e produtividade dos recursos, utilizando apenas dados da Finlândia, parece excluir a existência de uma correlação positiva entre estas grandezas, devido à elevada competitividade e baixa produtividade de recursos aí verificada. A análise efectuada para um conjunto alargado de países (Bleischwitz *et al.*, 2007) permite determinar que a Finlândia é definitivamente um *outlier*<sup>11</sup>. Estes resultados têm, contudo, de ser considerados como preliminares, devido a deficiências nos dados de competitividade (mudanças frequentes na composição do Índice de Competitividade Global não permitem a criação de uma série temporal consistente).

A análise de Bleischwitz *et al.* (2007) estendeu-se também ao teste econométrico da influência de alguns factores no consumo de materiais, operacionalizados numa multiplicidade de indicadores enquadrados nos grandes grupos de factores que foram apresentados na secção 2.3.. Este teste efectuou-se para dois painéis de dados, países da UE 15 para o período 1980-2000 e países da União Europeia dos 27 (UE 27) para o período 1992-2000, considerando como variáveis dependentes o DMC *per capita* e a intensidade de recursos (quociente entre DMC e PIB).

Relativamente à explicação do DMC *per capita* os principais factores determinados são:

- ◆ Painel UE 15: o consumo total de energia *per capita*, o peso das importações no PIB, o comprimento das vias rodoviárias *per capita* e o número de fogos construídos, contribuindo para o aumento do DMC *per capita*; o progresso tecnológico (representado pela variável ano), contribuindo para a diminuição do DMC *per capita*;
- ◆ Painel UE 27: o consumo de energia final *per capita*, a percentagem de emprego no sector da construção, a produtividade do trabalho no sector da construção, o peso do VAB da indústria no PIB, contribuindo para o aumento do DMC *per capita*; a densidade populacional, contribuindo para a diminuição do DMC *per capita*.

Os resultados para o painel UE 15 devem ser encarados com algum cuidado porque a estimação é afectada por problema de autocorrelação nos dados das variáveis independentes.

---

<sup>11</sup> É importante referir-se que para esta situação contribui o factor de a economia finlandesa combinar actividades tecnologicamente muito avançadas, altamente produtivas e com baixo consumo material (em DMI), com outras muito intensivas em materiais, (ex. exploração das florestas).

Quanto à explicação da intensidade de recursos, o conjunto de factores explicativos que são determinantes, em geral, também é diferente conforme o painel de dados considerado:

- ◆ Painel UE 15: percentagem de emprego no sector industrial, produtividade do trabalho no sector industrial, percentagem do VAB do sector da construção no PIB, densidade populacional e stock de habitações, contribuindo para o aumento da intensidade de recursos; importações *per capita*, produção de energia primária *per capita* e percentagem de emprego no sector da construção, que contribuem para a redução da intensidade de recursos;
- ◆ Painel UE 27: percentagem de emprego no sector industrial e número de fogos construídos por milhão de habitantes que contribuem para o aumento da intensidade de recursos; a produtividade do trabalho no sector industrial, a geração de energia primária *per capita* e as importações *per capita* contribuem para a redução da intensidade de recursos.

Uma conclusão importante desta análise é que os factores determinantes dependem muito do conjunto de países e do período analisados. As conclusões diferem conforme se esteja a analisar o consumo de materiais *per capita* ou o consumo de materiais por unidade (monetária) do PIB (intensidade de recursos).

O único factor individual com robustez em ambos os painéis diz respeito ao consumo agregado de energia, embora a composição energética pareça ser relevante como indicador, pelos efeitos significativos da variável produção de energia primária *per capita*. A existência, nestes dois painéis, de um efeito inverso associado a esta variável é interpretada por Bleischwitz *et al.* (2007) como o resultado de um diferente *mix* da energia primária (que tende a ser dominada por energias renováveis nos países mais desenvolvidos da UE 15 e pelo uso de combustíveis fósseis nos países da Europa de Leste incorporados na UE 27). Esta ligação entre consumo de energia e consumo de materiais sugere a existência de potenciais sinergias entre a política de combate às alterações climáticas e as políticas de uso de recursos.

Para além deste, alguns outros factores parecem especialmente importantes: a actividade do sector da construção, os indicadores de mobilidade da população e a produtividade sectorial do trabalho.

Bleischwitz *et al.* (2007) referem que o término dos dados considerados no estudo no ano 2000 estará a limitar particularmente a investigação da influência do comércio externo, dado ter ocorrido desde então um aumento abrupto dos preços das matérias-primas e dos combustíveis.

Esta análise de factores permitiu também reunir evidências de que uma abordagem sectorial é importante para a compreensão do consumo e da produtividade dos recursos,

dado o diferente efeito da produtividade do trabalho conforme se refere ao sector industrial ou ao sector da construção.

Um estudo econométrico de Cainelli *et al.* (2008), efectuado para a indústria italiana no período 2000-2004, indica uma relação significativa entre desempenho ambiental e crescimento económico, encontrando evidências de que, a curto prazo, uma menor intensidade de emissões atmosféricas (CO<sub>2</sub>, NOx e SOx da base NAMEA) conduz a um menor crescimento das empresas industriais, embora com uma magnitude desprezável nas emissões de NOx e SOx. Verificam também que, contrariando este comportamento de curto prazo, a médio ou longo prazo parece existir uma relação entre desempenho económico e desempenho ambiental, em que uma maior intensidade de emissões conduz a um menor crescimento económico das empresas. Em nenhum dos poluentes se obteve ainda a intensidade de emissões correspondente ao ponto de viragem para uma relação positiva entre desempenho económico e desempenho ambiental, embora essa intensidade esteja mais próxima para o caso dos SOx.

Os resultados de Cainelli *et al.* (2008) são consistentes com a hipótese de a relação entre desempenho económico e desempenho ambiental ser muito determinada por características sectoriais, embora esta hipótese não tenha sido explicitamente testada.

#### 4.2. Casos de estudo sectoriais

Bleischwitz *et al.* (2007) realizaram também uma análise sectorial da relação entre competitividade económica e produtividade de recursos, seguindo uma abordagem de foco em alguns sectores mais importantes para a economia da União Europeia e fazendo uma avaliação qualitativa de desafios e oportunidades. Os sectores escolhidos foram a indústria automóvel, a indústria cimenteira e a indústria do ferro e aço. Sendo todos sectores intensivos em consumo de materiais e energia, possuem características muito distintas:

- ◆ O **sector automóvel** é muito dinâmico em termos de inovação, que se processa tanto ao nível do produto para atractividade dos clientes como ao nível do processo, dado que a elevada concorrência exige a exploração de todas as vias possíveis de aumento de eficiência em termos de custo e de produtividade;
- ◆ O **sector do ferro e aço** é uma indústria muito especializada, com um elevado potencial de reciclagem;
- ◆ O **sector cimenteiro** está limitado a um mercado regional, definido pelos elevados custos de transporte, sendo baixo o potencial técnico de reciclagem do seu produto principal (cimento).

Estes sectores apresentam situações muito diferentes relativamente à interacção entre uso de materiais e competitividade pelo que interessa aqui transmitir as principais

conclusões deste estudo sectorial. Os resultados ilustram bem a diversidade sectorial que o estudo da relação entre competitividade económica e produtividade de recursos pode encerrar.

Relativamente à **indústria automóvel** os principais **desafios** enfrentados na Europa relacionam-se com uma pressão legislativa para a redução de emissões que já se traduziu numa redução da massa dos automóveis para a mesma gama. Contudo, assistiu-se igualmente a um efeito de *rebound*, ou seja, as melhorias ambientais conseguidas foram suplantadas pela maior apetência do consumidor por automóveis de gama superior, conduzindo a novos aumentos de emissões.

É provável que uma pressão de redução de custos na indústria se torne importante no futuro próximo com o envelhecimento da população europeia, a continuação da tendência de aumento da idade média dos automóveis desde o início da década de 90 e a saturação do mercado europeu. Esta pressão pode originar novos modelos de negócio, como a dominância do aluguer de automóveis sobre a compra, a transferência de parte da produção para fornecedores externos e a tentativa de captura de mercado nos países emergentes (ex. China) para colmatar o excesso de capacidade de produção e custos associados. Igualmente, esta realocação da produção e de mercados tornará mais importantes os custos de transporte, acentuando a pressão para redução de custos. A pressão competitiva originou já um movimento de integração vertical de fornecedores pelas empresas fabricantes que, juntamente com o aumento de custos energéticos e de recursos, explicam um aumento da parcela de custos de materiais na estrutura de custos do sector (nomeadamente porque os custos de materiais eram mais importantes na produção previamente realizada pelos fornecedores).

Embora a pressão para a redução de custos no sector automóvel seja grande, o potencial para as inovações aumentarem a produtividade de recursos e contribuírem para ganhos económicos no sector ainda não está esgotado, dado que apenas uma pequena parte do investimento em inovação é destinada a investigação para a redução de custos. Existe um conjunto de **oportunidades** através das quais o aumento da produtividade dos recursos pode actuar no sentido de favorecer a competitividade do sector automóvel:

- ◆ Melhoria da estrutura de custos;
- ◆ Redução do risco de negócio: risco de preços (devido a flutuações futuras nos preços de recursos); risco de produto (mudança nos padrões de consumo dos clientes no sentido do favorecimento dos aspectos ambientais); risco de reputação (identificação de uma empresa com uma postura menos amiga do ambiente); risco legal (possibilidade de processos legais para indemnização de danos ambientais pela indústria automóvel, seguindo o precedente da indústria tabaqueira);
- ◆ Maior competitividade, por redução dos custos em recursos, da indústria europeia face à indústria de países emergentes que conta com menores custos de trabalho;

Posicionamento estratégico num segmento líder em termos ambientais, permitindo uma maior apropriação dos benefícios económicos associados.

A **indústria cimenteira** tem um mercado de âmbito regional protegido pelo relativamente baixo preço do cimento e pelos elevados custos de transporte, quer do cimento, quer das matérias-primas. O cimento é um produto muito homogéneo, pelo que o seu preço é o parâmetro mais importante para a venda. As vendas estão muito ligadas à actividade do sector da construção, tanto na vertente de construção civil, como na de construção de infra-estruturas, que evolui de modo muito associado ao PIB.

Os **desafios** que se colocam à indústria cimenteira estão ligados a tendências de evolução nos custos de energia e à pressão legislativa para redução de emissões de gases de efeito de estufa, dado que a produção de cimento é muito intensiva em termos de energia e de emissões de CO<sub>2</sub>, não apenas devido à queima de combustíveis mas também (e de forma dominante) pelo processo químico. A legislação relativa ao comércio de emissões pode levar a um aumento de custos para a indústria que, em certos casos, perto de portos ou da fronteira, pode conduzir a perda de competitividade face à produção estrangeira, normalmente não competitiva devido aos elevados custos associados ao transporte de cimento.

Na maior parte dos casos, espera-se que o aumento de custo possa ser transferido para o consumidor de cimento, o que implicará um aumento de custos para o sector da construção e eliminará potenciais incentivos a melhor uso de recursos pela indústria cimenteira. A disponibilidade de combustíveis permanece, contudo, um desafio importante para a indústria cimenteira, que iniciou já a utilização de combustíveis alternativos (principalmente pneus e óleos usados). Esta utilização deve ser feita com precaução de modo a evitar conflitos ambientais: os pneus usados, por exemplo, originam maior quantidade de emissões de CO<sub>2</sub>; outras formas alternativas de energia, como as renováveis a partir de biomassa vegetal e animal, também devem ser cautelosamente analisadas quanto aos seus impactos económicos e ambientais. A indústria cimenteira exige um grande investimento inicial (é das mais intensivas em capital), sendo a estrutura de custos variáveis dominada pelos custos de energia (combustíveis e electricidade).

A redução do uso de matérias-primas para a produção de cimento está bastante limitada para a melhor tecnologia disponível (MTD) de produção. Contudo, subsistem algumas opções viáveis de melhorias da produtividade de recursos no sector:

- ◆ A substituição de clínquer por material de características pozolánicas<sup>12</sup>, como cinzas volantes, escórias de alto-forno ou pozolanos naturais (o material pozolânico não vai ser queimado no processo, reduzindo-se a quantidade de

---

<sup>12</sup> Em presença de humidade este tipo de material reage quimicamente com o hidróxido de cálcio conferindo características de durabilidade semelhantes à acção do cimento.

combustível necessário, originando também menores emissões de CO<sub>2</sub>): esta substituição é limitada dado que alguma porção de clínquer será sempre necessária, os pozolanos não podem ser usados para produção de cimento em algumas aplicações (ex. barragens, algumas aplicações de construção), e podem ser de difícil aquisição<sup>13</sup>;

- ◆ Enriquecimento de calcário com magnésio (produzindo o chamado eco-cimento) poderá reduzir significativamente as emissões de CO<sub>2</sub> ou mesmo absorver CO<sub>2</sub> ambiental: esta tecnologia encontra-se ainda em desenvolvimento experimental, embora se perspetive que possa vir a ter propriedades semelhantes ao cimento actual comum, o *Portland*;
- ◆ Utilização de tecnologia de produção pela via seca em vez da tecnologia pela via húmida, que consome uma menor quantidade de energia<sup>14</sup>;
- ◆ Uso de combustíveis alternativos: a vantagem desta opção não se traduz na redução da procura de combustíveis, mas na melhoria da cascata de uso de certos produtos.

Actualmente a competitividade da indústria cimenteira europeia só será afectada se ocorrerem mudanças significativas em termos de exigências de legislação, particularmente pela legislação reguladora das emissões de gases de efeito de estufa, ou de mudança da estrutura de custo (no futuro espera-se que as estruturas de custo também reflectam as licenças de emissão de carbono). As **oportunidades** para o aumento da produtividade dos recursos se repercutir na competitividade podem sistematizar-se nos seguintes pontos:

- ◆ Melhoria da estrutura de custos: pelo uso de combustíveis alternativos mais baratos que os combustíveis tradicionais e pela utilização de uma contabilidade de fluxos de materiais adequada (ex. matrizes de Input-Output) que permite avaliar o efeito deste uso na produtividade de recursos a nível macroeconómico; em menor grau, pela mudança para a tecnologia de produção pela via seca e utilização de matérias-primas alternativas;
- ◆ Redução do risco do negócio: essencialmente o risco de legislação (por aumento de custos associados às licenças de emissão de gases de efeito de estufa) para casos em que a concorrência da produção estrangeira seja possível; risco de produto, caso no futuro os eco-cimentos possam ganhar popularidade junto dos clientes; risco legal, já que potenciais processos contra a indústria afectariam

---

<sup>13</sup> Os pozolanos naturais só existem em zonas vulcânicas que têm de estar perto das cimenteiras, devido aos custos de transporte, e os pozolanos artificiais são pouco abundantes.

<sup>14</sup> A substituição ainda não foi feita em alguns locais de produção, embora no caso da indústria nacional tal já se tenha efectuado.

muito a sua competitividade dada a elevada quantidade de emissões face ao VAB produzido;

- ◆ Posicionamento estratégico: implementação de gestão integrada de recursos, visando absorver o aumento dos preços da energia e a melhoria da avaliação ecológica; investimento em investigação em eco-cimento, de modo a alcançar maiores benefícios económicos associados ao novo tipo de cimento; participação no processo de discussão da construção sustentável, evitando ou minimizando a preferência por produtos substitutos do cimento provenientes de outras indústrias.

Os produtos da **indústria do ferro e do aço** sofreram um grande aumento da procura, nas últimas décadas, especialmente para as indústrias automóvel, aeroespacial e de maquinaria mecânica, e para o sector da construção. Actualmente a indústria encontra-se perante alguns **desafios**: o aumento do preço das matérias-primas, geralmente importadas, face ao aumento da procura em países em desenvolvimento como a Índia e China, e a redução do crescimento do mercado devido ao abrandamento económico, fazendo reduzir as margens de lucro das empresas do sector. A legislação de limitação de emissões de gases de efeito de estufa deverá ter um impacte directo nos custos de produção. Tanto a produção primária com tecnologia de alto-forno (emissões de processo na fabricação de aço) como o grande consumo de energia na produção secundária (baseada nas sobras/sucata de aço) com a tecnologia de arco eléctrico (emissões indirectas) originam grandes quantidades de emissões de CO<sub>2</sub>. Contrariamente ao que acontece com a indústria cimenteira, este aumento de custos não pode ser transferido para o consumidor por a concorrência ser elevada. Este efeito da legislação ambiental irá penalizar mais os países em que a energia é obtida através da combustão de carvão.

Estes desafios tenderão a uma crescente consolidação de mercado, dado ser necessária uma capacidade mínima de produção para que esta seja rentável. A produção por arco eléctrico, muito dependente da existência de sucata de aço (também usada em alto-forno mas em muito menor grau), enfrenta maiores constrangimentos devido à longa durabilidade dos produtos de aço. A disponibilidade de matérias-primas e os custos com energia são muito importantes para a indústria, já que os custos associados compõem a maior parte da estrutura de custo (cerca de 75% para a indústria alemã), assistindo-se a uma tendência de aumento da contribuição dos custos de materiais na estrutura de custos.

Estes desafios são particularmente importantes tendo em conta que a indústria já está, de forma geral, a operar perto do óptimo tecnológico em termos de eficiência de uso de recursos, após um processo de optimização realizado nas últimas décadas. Assim, o potencial aumento da produtividade de recursos está quase esgotado, pelo que as oportunidades de melhoria só se perspectivam de forma indirecta através da cadeia de valor (interacções desde a extracção até à fabricação do metal) designadamente:

- ◆ Exploração de substitutos do aço (segundo o triângulo clássico alumínio – aço – plástico) para a redução da massa dos produtos;
- ◆ Abordagens que requerem interação com os fabricantes de produtos metálicos, como sejam: a otimização de certos tipos de aço de acordo com a aplicação específica; aplicação de métodos de acabamento de superfície de certos tipos de aço, para a minimização da massa mantendo a dureza e a resistência à corrosão;
- ◆ Redução da produção de partes de substituição para veículos e produtos metálicos, devido a maior investimento na durabilidade dos produtos;
- ◆ Intensificação da reciclagem de aço, embora existam limitações técnicas (nomeadamente o seu uso limitado em aços de alta qualidade devido ao conteúdo em impurezas) e de disponibilidade de sobras;
- ◆ Desenvolvimento tecnológico de juntas soldadas de modo a facilitar o uso de aços resistentes;
- ◆ I & D para a redução do uso de ligas metálicas que recorram a metais com uma disponibilidade mais reduzida que o ferro (ex. níquel), evitando pressões futuras desencadeadas pela escassez destes metais; este assunto deve ser estudado com uma abordagem de ciclo de vida de produtos tendo em conta que as ligas são tendencialmente usadas para a fabricação de aços de maior qualidade que, apesar de terem uma produção mais intensiva em recursos, têm maior resistência à corrosão e são especialmente bem adaptados para reciclagem;
- ◆ Desenvolvimento tecnológico de moldes e montagem de peças de aço que poderá conduzir a uma redução significativa na massa dos produtos (para além de tempo e esforço dispendidos na fabricação);
- ◆ Exploração de materiais compósitos, tendo em conta um balanço entre a maior dificuldade de reciclagem destes materiais e a expansão das disponibilidade de recursos para a produção que permitem.

Tendo em conta esta situação da indústria do ferro e aço, as **oportunidades** de uma maior produtividade de recursos conduzirem a uma melhoria da competitividade resumem-se a:

- ◆ Melhoria da estrutura de custo através da expansão da apropriação da cadeia de valor pela indústria, tanto a montante, reduzindo a dependência do aumento de preços de matérias-primas, como a jusante, facilitando a utilização de novos tipos de aço mais eficientes em termos de recursos e explorando a substituição do aço por materiais alternativos;

- ◆ Uso de abordagens seleccionadas: intensificação da recolha de sobras de aço; acesso ao fornecimento de energia a preços competitivos (através de acordos de fornecimento de longa duração, que têm vindo a ser mais difíceis); investimento no sequestro de emissões de CO<sub>2</sub>; inovações ao nível dos materiais de aço para o estabelecimento de vantagens competitivas (de difícil replicação em países em desenvolvimento).

## 5. CONCLUSÕES

A investigação apresentada neste documento enfatiza a complexidade das definições de competitividade económica, de produtividade de recursos e da relação entre estes dois aspectos da interacção Economia-Ambiente.

Uma das principais conclusões é que não parece existir apenas um conceito válido para todas as situações (ex. um caminho de desenvolvimento válido para todos os países) mas uma multiplicidade de conceitos aplicáveis de acordo com o objecto de estudo particular.

Estudos empíricos recentes evidenciam que a relação entre competitividade e produtividade de recursos não é linear e é difícil de estudar. Esta dificuldade e a consciência da ineficácia das políticas ambientais promovidas até ao momento têm motivado o surgimento de novas metodologias de abordagem, inspiradas pelo recente enquadramento da Teoria Económica Evolucionária.

Esta nova teoria permite integrar pontos fortes de metodologias anteriores, principalmente (mas não exclusivamente) no campo da Economia Ecológica, ao mesmo tempo que fornece um enquadramento para a abordagem de longo prazo de estudo e intervenção na relação entre Economia e Ambiente, especialmente adequada à consideração de preocupações com um Desenvolvimento Sustentável nas vertentes económica, social e ambiental.

A revolução introduzida por esta nova teoria não é apenas metodológica, através da incorporação de maior conhecimento sobre a realidade e integração das incertezas associadas, mas também política. Em particular, o papel do decisor político aparece fortalecido, o qual deverá ter uma maior intervenção na Economia para assegurar que uma visão particular de progresso possa ter mais condições de ser atingida no futuro. Esta intervenção será caracterizada por uma visão proactiva e de longo prazo, dando atenção especial ao fomento da inovação e à protecção da diversidade (económica, social e ambiental).

Esta teoria encontra-se ainda em formação, pelo que se considera que é importante o uso de metodologias de transição que abordem a complexidade da relação Economia – Ambiente, como sejam as abordagens sectoriais baseadas na análise Input-Output.

## 6. REFERÊNCIAS

- Arnsperger, C., e Y. Varoufakis, 2006, "What is Neoclassical Economics?", *Post-autistic Economics Review*, 38, article 1, <http://www.paecon.net/PAERReview/issue38/ArnspergerVaroufakis38.htm> (13/09/2010).
- Bergh, J. van den, 2004, "Evolutionary Analysis of the Relationship between Economic Growth, Environmental Quality and Resource Scarcity", *Tinbergen Institute Discussion Paper*, TI 2004-048/3, Amesterdam.
- Bergh, J. van den, 2007, "Evolutionary thinking in environmental economics", *Journal of Evolutionary Economics*, 17, pags. 521-549.
- Bleischwitz, R., B. Bahn-Walkowiak, M. Onischka, O. Röder e S. Steger, 2007, *The relation between resource productivity and competitiveness*, Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy.
- Box, M., 2008, "The death of firms: exploring the effects of environment and birth cohort on firm survival in Sweden", *Small Business Economics*, 31(4), pags. 379-393.
- Cainelli, G., M. Mazzanti e R. Zoboli, 2008, *The Relationship between Environmental Efficiency and Manufacturing Firm's Growth*, Nota di Lavoro 99.2008, Fondazione Eni Enrico Mattei, Milano.
- Canas, A., 2002, *Análise da Intensidade de Utilização de Materiais na Economia*, Tese de Mestrado em Engenharia e Gestão de Tecnologia, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Costanza, R., 2003, "Ecological Economics is Post-Autistic", *Post-autistic Economics Review*, 20, article 2, <http://www.paecon.net/PAERReview/issue20/Costanza20.htm> (13/09/2010).
- European Commission, 2010, *European Competitiveness Report 2009*, European Commission, Enterprise and Industry, Luxembourg.
- Farley, J., 2010, "Conservation Through the Economic Lens", *Environmental Management*, 45, pags. 26-38.
- Giljum, S., e K. Hubacek, 2001, *International Trade, Material Flows and Land Use: Developing a Physical Trade Balance for the European Union*, Interim Report IR-01-059IIASA, Laxenburg.
- Giljum, S., e K. Hubacek, 2004, "Approaches of physical input-output analysis to estimate primary material inputs of production and consumption", *Economic Systems Research*, 16 (3), pags. 301-310. Citado em Hoekstra e Bergh (2006a).
- Gravgard-Pedersen, O., 1999, *Physical Input-Output Tables for Denmark. Products and Materials 1990, Air Emissions 1990-92*, Statistics Denmark, Copenhagen, ISBN 87-501-1076-4. Citado em Hoekstra e Bergh (2006a).

Hoekstra, R., e J. van den Bergh, 2002, "Structural Decomposition Analysis of Physical Flows in the Economy", *Environmental and Resource Economics*, 23, pags. 357-378.

Hoekstra, R., e J. van den Bergh, 2006 (a), "Constructing physical input-output tables for environmental modeling and accounting: Framework and illustrations", *Ecological Economics*, 59, pags. 375-393.

Hoekstra, R., e J. van den Bergh, 2006 (b), "The Impact of Structural Change in Physical Flows in the Economy: Forecasting and Backcasting Using Structural Decomposition Analysis", *Land Economics*, 82 (4), pags. 582-601.

Hoekstra, R., e M. Janssen, 2006, "Environmental Responsibility and Policy in a Two-county Dynamic Input-Output Model", *Economic Systems Research*, 18 (1), pags. 61-84.

INE, 2009, *Contas do Ambiente 1995 – 2006*, Instituto Nacional de Estatística, Lisboa.

Kemp, R., 2007, "Integrating environmental and innovation policies", In *Industrial innovation and environmental regulation: Developing workable solutions*, Parto, S., e B. Herbert-Copley (Ed.), United Nations University, [http://www.idrc.ca/openebooks/296-9/#page\\_258](http://www.idrc.ca/openebooks/296-9/#page_258) (14/09/2010).

Konijn, P., S. de Boer e J. van Dalen, 1995, *Material Flows and Input-Output Analysis: Methodological Description and Empirical Results*, Sector National Accounts, Statistics Netherlands, The Netherlands. Citado em Hoekstra e Bergh (2006a).

Konijn, P., S. de Boer, e J. van Dalen, 1997, "Input-output analysis of material flows with application to iron, steel and zinc", *Structural Change and Economic Dynamics*, 8, pags. 129-153. Citado em Hoekstra e Bergh (2006a).

Lobo, A., e G. P. da Silva, 2008, *Metodologias de Avaliação dos Impactos Económicos das Políticas Ambientais*, DPP, Lisboa.

Mäenpää, I., 2002, "Physical input-output in Finland 1995 – solutions to some basic methodological problems", 14th International conference on input-output techniques, Montreal, Canada. Citado em Hoekstra e Bergh (2006a).

Mäenpää, I., e J. Muukkonen, 2001, "Physical input-output in Finland: methods, preliminary results and tasks ahead", Conference on Economic Growth, Material Flows and Environmental Pressure, Stockholm, Sweden. Citado em Hoekstra e Bergh (2006a).

Nannen, V., e J. van den Bergh, 2010, "Policy instruments for evolution of bounded rationality: Application to climate-energy problems", *Technological Forecasting & Social Change*, 77, pags. 76-93.

Nebbia, G., 2000, "Contabilità monetária e contabilità ambientale", *Economia Pubblica*, 30(6), pags. 5-33. Citado em Hoekstra e Bergh (2006a).

Nelson, R., e S. Winter, 1982, *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press, Cambridge. Citado em Bergh (2004).

Price, G., 1970, "Selection and covariance", *Nature*, 227, pags. 520-521.

Proença, M. e S. Rodrigues, 2007, *Metodologias de Avaliação dos Impactes Económicos das Políticas de Ambiente e de Energia*, DPP, Lisboa.

Rammel, C., e J. van den Bergh, 2003, "Evolutionary policies for sustainable development: adaptative flexibility and risk minimizing", *Ecological Economics*, 47, pags. 121-133.

Romer, P., 1990, "Endogenous Technological Change", *Journal of Political Economy*, 98(5), pags. 71-102. Citado em Bleischwitz *et al.* (2007).

Safarzynska, K., e J. van den Bergh, 2008, "Evolutionary Modelling in Economics: A Survey of Methods and Building Blocks", *Papers on Economics & Evolution*, Max Planck Institute of Economics, Jena.

Silva, M., 2001, *Environmental Input-Output Analysis: Application to Portugal*, Tese de Mestrado em Engenharia e Gestão de Tecnologia, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Silva, G. P. da, 2009 (a), *Actividades Económicas e Pressões Ambientais – Uma Análise a partir das Contas NAMEA*, DPP, Lisboa.

Silva, G. P. da, 2009 (b), *Actividades Económicas e Pressões Ambientais – Uma Análise a partir das Contas de Fluxos de Materiais*, DPP, Lisboa.

Stahmer, C., M. Kuhn e N. Braun, 1997, *Physical Input-Output Tables for Germany, 1990*, Working Paper No. 2/1998/B/1, German Federal Statistical Office. Citado em Hoekstra e Bergh (2006a).

Statistische Bundesamt, 2001, *Endbericht zum Projekt A Physical Input-Output Table for Germany, 1995*, Vertragsnummer 98/559/3040/B4/MM, Wiesbaden. Citado em Hoekstra e Bergh (2006a).

World Economic Forum, 2007, *Global Competitiveness Report 2007*, New York.