



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

**Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território
e do Desenvolvimento Regional**

METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ECONÓMICOS DAS POLÍTICAS AMBIENTAIS

Documento de Trabalho N.º 5/2008

Lisboa

FICHA TÉCNICA

Título: Metodologia de Avaliação dos Impactos Económicos das Políticas Ambientais

Autoras: Ângela Lobo
Graça Ponte da Silva

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
www.dpp.pt

Disponível em www.dpp.pt

Edição Electrónica: Divisão de Informação e Comunicação

ÍNDICE

Nota Justificativa	3
1. Introdução	5
2. Modelos - Algumas Considerações Gerais	7
3. Modelos – Caracterização Síntese	15
ATHENA – Um Modelo do CPB (Holanda)	15
GREENMOD II – Um Modelo de Equilíbrio Geral (Bélgica)	20
TIMES – Um Modelo de Optimização de Base Tecnológica (AIE)	26
4. Bibliografia	29
ANEXO – Workshops Organizados no DPP sobre “Metodologias de Avaliação de Interações Económico-Ambientais”	33

NOTA JUSTIFICATIVA

O presente documento pretende sintetizar e divulgar um trabalho de levantamento do estado da arte dos modelos e metodologias para avaliar impactos económicos das políticas ambientais, iniciado no DPP, em 2007.

Esse levantamento justificava-se pela necessidade crescente de avaliação de medidas de política, tanto a nível nacional como para dar cumprimento a exigências comunitárias:

- ◆ Muitos documentos de estratégia e respectivos relatórios de implementação e/ou acompanhamento, de que são exemplo a Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável (ENDS) e a Estratégia de Lisboa para o Crescimento Económico (PNACE) terão obrigatoriamente que ser sujeitos a uma avaliação dos impactos das medidas;
- ◆ Por outro lado, vários dossiês em negociação desde 2007, necessitam de documentos técnicos de suporte que contemplem diversas medidas de política, numa gama variada de cenários. São os casos, por exemplo, das negociações do *burden-sharing* ou *effort-sharing* pós-Quioto para as emissões de gases de efeito de estufa (GEE), das metas de produção de energia por renováveis, em particular para a produção de electricidade, das metas de eficiência energética, das metas de utilização de biocombustíveis, etc.

A antecipação de possíveis solicitações ao DPP para dar resposta a questões deste tipo aconselhava, por isso, numa primeira fase, à pesquisa exploratória dos modelos e metodologias mais desenvolvidos e aplicados, a nível internacional e nacional, que englobasse aspectos como: o tipo de modelo ou metodologia, objectivo, domínio de aplicação, breve descrição, necessidades de informação estatística, ferramentas de software necessárias, exigências em termos de tempo e recursos humanos, etc. A partir desta pesquisa poder-se-ia, numa segunda fase, seleccionar, e eventualmente produzir, modelo(s)/metodologia(s) para aplicação em Portugal, pelo DPP.

Assim, durante o 1º semestre de 2007, fez-se alguma pesquisa bibliográfica e foram realizados workshops sobre o tema¹, com a intervenção de peritos nacionais e internacionais em vários modelos e metodologias.

No 2º semestre de 2007 foi solicitado ao DPP, um primeiro conjunto de resultados concretos, ainda que preliminares, de cenários para a economia portuguesa de suporte ao cálculo de emissões de GEE, no horizonte 2020, para apresentação até final de 2007. Esta alteração levou os elementos da equipa a uma focalização mais concreta na elaboração de cenários pós-Quioto para Portugal, no âmbito da equipa de trabalho mais

¹ Workshops realizados no DPP, a 30 de Maio de 2007 e a 6 de Junho de 2007.



alargada constituída para o efeito². Reconhece-se, por isso, que os resultados desta actividade ficaram aquém dos objectivos inicialmente definidos (não se abordaram os modelos de *input-output*, a não ser num dos Workshops, nem a análise custo-benefício), já que deixaram de ter a mesma relevância no contexto de um pedido concreto que veio alterar as prioridades de trabalho.

Considera-se, no entanto, que a prazo, terá todo o interesse aprofundar esta área de pesquisa e eventual aplicação no DPP.

² Equipa coordenada pelo Dr. Félix Ribeiro.

1. INTRODUÇÃO

Este texto enquadra-se no plano de trabalhos do DPP para 2007, onde é contemplada a realização de “Trabalhos preliminares com vista à implementação de metodologias de avaliação dos impactos económicos das políticas ambientais”.

Trata-se de um relatório síntese, onde simultaneamente se incluem algumas reflexões de enquadramento, de natureza muito geral e sem grandes preocupações de forma, assim como uma primeira abordagem introdutória relativamente a três metodologias em particular: ATHENA, um modelo do CPB (Holanda), GREENMOD II, um modelo de equilíbrio geral do ECOMOD (Bélgica) e TIMES, um modelo de equilíbrio parcial desenvolvido pela Agência Internacional de Energia (AIE) e em aplicação em Portugal pela UNL.

Inclui igualmente, em anexo, as agendas e apresentações dos dois Workshops sobre o tema, organizados pelo DPP e realizados a 30 de Maio e a 6 de Junho de 2007.

O desenvolvimento de actividades nesta área, além do óbvio interesse em termos de análise, justifica-se pela obrigatoriedade de avaliação de impactos associados a medidas de política ambiental que decorre da elaboração de documentos de estratégia e respectivos relatórios de acompanhamento. Por outro lado, o desenvolvimento e implementação de metodologias adequadas poderão servir de suporte em trabalhos de cenarização e na elaboração de documentos de apoio à adopção de diversas medidas de política de ambiente, com particular relevo para os trabalhos associados às negociações internacionais no quadro pós-Quioto.

As primeiras orientações para o desenvolvimento da actividade apontaram para uma primeira fase exploratória tendo em conta, nomeadamente:

- ◆ A inexistência no DPP de trabalhos de modelização no domínio da integração das vertentes económica e ambiental;
- ◆ Algum trabalho exploratório e de enquadramento realizado no âmbito de um estágio, cujo relatório teve expressão num documento de trabalho³;
- ◆ A articulação com outros trabalhos desenvolvidos no DPP, designadamente no âmbito do estudo do impacto dos diversos formatos possíveis do pós-Quioto na economia portuguesa e das metodologias a utilizar para a respectiva quantificação;
- ◆ A possibilidade de colaboração com outras entidades⁴

³ Manuela Proença e Susana Rodrigues, (2007) *Metodologias de avaliação dos impactos económicos das políticas de ambiente e de energia*.

⁴ Em particular com a equipa da FCT da UNL que tem desenvolvido trabalhos de aplicação do modelo TIMES a Portugal.

Tendo em conta a vastidão dos trabalhos necessários à prossecução dos objectivos, deverá tratar-se ainda de uma primeira fase, relativamente à qual foram definidas orientações cujos aspectos principais se podem resumir em:

- ◆ Organização dos trabalhos com vista ao levantamento preliminar de modelos e metodologias de avaliação dos impactos económicos das políticas ambientais;
- ◆ Levantamento de modelos de equilíbrio geral, de *input-output* e metodologias de análise de custos-benefícios (posteriormente o âmbito estendeu-se aos modelos de base macroeconómicos);
- ◆ Trabalhos exploratórios quanto às características das diversas famílias de modelos, seus pontos fortes e fracos, contextos preferenciais de aplicação;
- ◆ Pesquisa de aplicações concretas, modelos aplicados por outros organismos, nomeadamente no quadro da UE, sua caracterização e levantamento de exigências em termos de recursos humanos, tempo, dados e *software*, assim como das possibilidades de cooperação.

A necessidade de articulação com outras actividades do DPP, tendo em vista as negociações do quadro pós-Quioto, aconselhava uma abordagem pragmática que privilegiasse a pesquisa, caracterização, levantamento de necessidades e possibilidades de aplicação de modelos concretos já desenvolvidos noutros contextos.

Acabou por isso, por se privilegiar os modelos de equilíbrio geral e parcial e um modelo de optimização de base tecnológica, TIMES, utilizado em Portugal, não chegando a ser abordados modelos de input-output nem de análise custo-benefício, como inicialmente previsto. Contudo mantêm-se os pressupostos básicos: necessidade de aquisição de competências no domínio de metodologias e modelos de avaliação dos impactos económicos de medidas de política com fundamentação ambiental, aplicados a políticas e contextos diferenciados.

Face ao exposto, este texto pretende sintetizar o trabalho de levantamento efectuado. Segue-se um enquadramento relativo à utilização de técnicas de modelização na avaliação de impactos de medidas de política, incluindo uma breve caracterização das principais famílias de modelos (ponto 2), e um ponto de caracterização síntese (ponto 3) que, na medida do possível, se ajusta ao modelo de documento já referido, aplicado a três modelos: ATHENA, GREENMOD II e TIMES.

Podem ser consultadas, em anexo, as agendas e as apresentações dos dois Workshops realizados.

2. MODELOS – ALGUMAS CONSIDERAÇÕES GERAIS

Num quadro de análise abrangente, em que métodos quantitativos e qualitativos são combinados com vista à avaliação de diferentes tipos de impactos de medidas de política ambiental, a construção de modelos, bem como a utilização de diversas outras ferramentas analíticas, revela-se essencial.

A construção de modelos económicos onde a dimensão ambiental seja considerada, passa, como para qualquer modelo, pela escolha de uma representação estilizada que retrate a realidade e, simultaneamente, permita a identificação e quantificação dos efeitos económicos de diferentes opções de política.

A escolha do modelo será determinada pelos objectivos da análise (avaliação *ex-post* ou construção de projecções e elaboração de cenários), horizonte temporal (curto, médio ou longo prazo) e detalhe (maior ou menor desagregação sectorial), bem como pela disponibilidade de informação e de recursos. Não será ainda de excluir à partida a possível adaptação de ferramentas pré-existentes, nomeadamente a associação de modelos satélite.

As dificuldades inerentes à quantificação dos impactos resultam de uma multiplicidade de factores, alguns de ordem puramente metodológica. De facto, a opção por determinada metodologia condiciona os resultados, sendo que a qualidade e quantidade de informação disponível pode limitar seriamente a análise, com consequências a nível da escolha do tipo de modelo ou da validade das conclusões a retirar.

Outros obstáculos derivam da própria natureza das medidas a analisar, seu âmbito de aplicação, canais de actuação e processo de ajustamento. O tipo de modelos, assim como a especificação das equações, será afectado pelo facto da análise focar o curto ou longo prazo, apenas os impactos directos ou também os indirectos, por exemplo.

Não obstante a necessidade de economizar meios e aproveitar sinergias, a escolha de um modelo que pretenda avaliar o impacto de medidas de política ou construir cenários pode revelar-se uma tarefa difícil.

De facto, qualquer modelo é, tão somente, uma representação mais ou menos simplificada, com maior ou menor aderência à realidade e fundamentação teórica. Dependendo da matéria em análise, a avaliação de impactos pode exigir um maior ou menor recurso a outros instrumentos quantitativos ou qualitativos. Contudo, em muitos casos os modelos continuam a ser a ferramenta fundamental, não só pela sua

capacidade de quantificar os impactos mas, também, pelo seu papel na estruturação do raciocínio.

Cada modelo, ou família de modelos, apresenta virtualidades e debilidades, pelo que as diversas abordagens de modelização devem ser encaradas como complementares, sendo praticamente impossível a escolha de um modelo que se adeque a todos os propósitos de análise, no quadro da avaliação dos impactos económicos de medidas de política ambiental.

Por outro lado, razões puramente práticas podem justificar que não se opte por um modelo demasiado abrangente, contemplando todas as variáveis e mecanismos concebíveis nesta matéria: modelos simples são de mais fácil implementação e validação.

Mesmo que nos abstraiamos destas razões práticas, não é necessariamente verdade que um modelo muito detalhado e exaustivo seja preferível. Dependendo dos objectivos da análise, um ou vários modelos relativamente simples podem revelar-se mais adequados.

É possível considerar uma multiplicidade de abordagens de modelização que estabeleçam algumnexo entre as vertentes ambiental e económica, interessando-nos particularmente a abordagem de modelos integrados de tipo económico-ambiental que permitam a avaliação de impactos económicos de medidas ambientais. Este é um enfoque distinto do que está subjacente aos modelos ambientais onde são integradas variáveis económicas. Por outro lado, a adopção de modelos muito abrangentes que permitissem avaliar os impactos económicos das alterações climáticas, que parece extravasar o contexto deste trabalho.

Basicamente consideramos duas grandes famílias de modelos, macroeconómicos e de equilíbrio geral (nos quais os de equilíbrio parcial correspondem a um caso particular), a que poderemos acrescentar uma terceira categoria de modelos, os de base *input-output*⁵.

⁵ Fontes: Beaumais, Olivier, (2002) *Economie de l'environnement: méthodes et débats*, Commissariat General du Plan, Paris; CGP, (2002) *Effet de serre: modélisation économique et décision politique*, Commissariat General du Plan, Paris; Dreger, Christian et al (2007) *Study on the feasibility of a tool to measure the macroeconomic impact of structural reforms*, Comissão Europeia, European Economy, Economic Papers n.º 272, Janeiro de 2007.

QUADRO 1

MODELOS MACROECONOMÉTRICOS

CARACTERIZAÇÃO	PONTOS FORTES	PONTOS FRACOS	EXEMPLOS*
<ul style="list-style-type: none"> De base empírica, recorrem ao sistema de contas nacionais; Representam a economia por um conjunto de equações (ou, na sua forma mais simples, por uma equação); O grosso das equações de comportamento é estimado a partir de modelos econométricos mais ou menos elaborados; Normalmente com base em séries temporais, embora também sejam possíveis abordagens <i>cross-section</i> e de painel; Técnicas de calibração são utilizadas excepcionalmente para estimar alguns parâmetros; Normalmente são pouco desagregados, e frequentemente assume-se que os agentes económicos são homogéneos; Supõem uma referência teórica, nem sempre explícita. Contudo, os mecanismos de procura (de inspiração keynesiana), ocupam um lugar particular; Geralmente apresentam uma estrutura comum da procura, baseada nos componentes do PIB e apoiam-se num esquema neo-keynesiano de ajustamento e prolongam comportamentos passados. É possível tratar implicitamente as expectativas dos agentes pela inclusão de variáveis desfasadas ou recorrendo a modelos VAR. 	<ul style="list-style-type: none"> Nas suas formas mais simples são facilmente aplicáveis com recurso a <i>software</i> de modelização acessível. Os resultados podem ser facilmente interpretados e utilizados como <i>inputs</i> de modelos mais complexos; Nos modelos mais elaborados, o sistema de equações assegura uma estrutura coerente para a análise de ligações entre variáveis e países, permitindo o estudo de impactos de um vasto leque de medidas de política; Validação empírica; Mais adequados a análises <i>ex-post</i>; Aplicações a curto e médio prazo (5-10 anos, eventualmente 20); Aplicações preferenciais no domínio da fiscalidade. 	<ul style="list-style-type: none"> De um modo geral, não são os mais adequados a análises de longo prazo, visto que as equações são construídas com base empírica, e estão associadas a um dado período; Dada a sua forte base empírica, podem falhar na consistência dos resultados com a fundamentação microeconómica dos comportamentos; O facto de se basearem na validação empírica, é um obstáculo à introdução de avanços académicos e de novos paradigmas; Para análises <i>ex-ante</i>, a sua aplicação pode ser limitada pela sensibilidade dos parâmetros às medidas de política; Lucas e Sargent⁶ consideraram que a rigidez dos parâmetros nos modelos de inspiração Keynesiana, construídos a partir da estimação de equações estruturais, choca com a formação das expectativas dos agentes (crítica de Lucas). 	<ul style="list-style-type: none"> E3ME <ul style="list-style-type: none"> - Desagregado regional e sectorialmente; - Particularmente adequado à análise de impactos de curto prazo; - Especial relevância em matérias ambientais e energéticas pela inclusão de <i>spillovers</i> entre gerações; ATHENA HERMES NEMESIS

* Mera exemplificação, não se pretende fazer uma listagem. Exemplificação de modelos desta família, não se tendo procurado verificar se todos os exemplos têm sido aplicados especificamente a avaliação de impactos de políticas ambientais

⁶ Nota: Para mais detalhes consultar LUCAS, R., SARGENT, T.J.(1981), *After Keynesian Macroeconomics*. In: LUCAS, R., SARGENT, T.J. (orgs). *Rational Expectations and Economic Practice*. Londres, Allen & Unwin.

QUADRO 2

MODELOS DE EQUILÍBRIO GERAL CGE (COMPUTABLE GENERAL EQUILIBRIUM)

CARACTERIZAÇÃO	PONTOS FORTES	PONTOS FRACOS	EXEMPLOS*
<ul style="list-style-type: none"> Repousam em fundamentos microeconómicos (economia walrasiana): os agentes são optimizadores e os mercados equilibram-se segundo um esquema de concorrência perfeita (embora admitam a introdução de imperfeições); o sistema de preços resulta da confrontação procura/oferta; Representam a economia por um conjunto de equações, cujos parâmetros resultam de um processo de calibragem: escolha de um ano de referência para o qual se constrói o conjunto de dados que o modelo deve reproduzir; A economia pode ser desagregada em sectores onde os mercados (de trabalho, de bens e serviços, financeiros) se comportam com base em decisões heterogéneas dos agentes económicos; Resultados relativos a variáveis macroeconómicas (pib, emprego, preços, etc.), variações de bem-estar e emissões. 	<ul style="list-style-type: none"> Coerência teórica. A consistência interna assegurada pela integração de mecanismos micro e características institucionais numa estrutura macro que considera os mecanismos de <i>feedback</i> entre todos os mercados; Permitem heterogeneidade dos agentes; Relativamente pouco exigentes em dados, permitem análises detalhadas; A fundamentação das equações em comportamentos optimizados dos agentes económicos permite evitar a crítica de Lucas**; Podem ser aplicados a avaliações <i>ex-ante</i>; São utilizados para o estudo de problemáticas de longo prazo, associadas à estrutura da economia como a avaliação dos efeitos de medidas de política económica; Aplicações preferenciais no domínio da fiscalidade e introdução de mercados de direitos de emissão. 	<ul style="list-style-type: none"> A análise de impactos faz-se pela comparação de duas situações de equilíbrio dinâmico (<i>steady state</i>), ignorando o processo de ajustamento; Na ausência de fundamentação estatística, são normalmente calibrados. os resultados obtidos são sensíveis à escolha do ano base; Podem ser muito complexos, sendo difícil avaliar a robustez dos resultados; Geralmente apresentam um deficiente suporte empírico, pelo que é difícil determinar até que ponto os resultados são afectados pelos pressupostos do modelo. 	<ul style="list-style-type: none"> WorldScan GreenMod GEM-E3 <ul style="list-style-type: none"> - Úteis para análise estática comparada - Menos úteis para processos dinâmicos de ajustamento; - Análises <i>ex-ante e ex-post</i> - Análises dos impactos de longo prazo das políticas.

** ver pontos fracos dos modelos macroeconómicos

* Mera exemplificação, não se pretende fazer uma listagem. Exemplificação de modelos desta família, não se tendo procurado verificar se todos os exemplos têm sido aplicados especificamente a avaliação de impactos de políticas ambientais

QUADRO 3
MODELOS DE EQUILÍBRIO PARCIAL

CARACTERIZAÇÃO	PONTOS FORTES	PONTOS FRACOS	EXEMPLOS*
<ul style="list-style-type: none"> • Semelhantes aos CGE, apresentam algumas características distintas; • Limitam-se a sectores/ mercados específicos; • Frequentemente com características técnico-económicas; • Ignoram os <i>spillovers</i> (ou assumem que a dimensão do sector em análise não é suficiente para justificar impactos no resto da economia). 	<ul style="list-style-type: none"> • Face aos CGE, são mais especializados, permitindo uma análise mais detalhada, associada a maior rapidez de implementação e facilidade de manutenção; • Mais transparentes e adaptáveis do que os CGE; mais fácil utilização e manutenção; • Podem ser desenvolvidos com recurso a <i>software</i> de modelização relativamente simples; • Resultados podem ser utilizados como <i>inputs</i> de modelos mais complexos; • São especialmente adequados ao estudo de sectores específicos; • Aplicações preferenciais a medidas regulamentares e fiscais; • Podem ser utilizados como modelos satélites de outros mais globais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Consideram apenas os efeitos nos sectores directamente afectados, embora com mais detalhe que os CGE; • Não permitem analisar os mecanismos de transmissão; • Mais exigentes em dados do que os CGE; geralmente utilizam bases de dados pormenorizadas de aspectos parciais, como por exemplo tecnologias energéticas; • Os resultados podem ser enviesados pelo facto de não considerarem os <i>spillovers</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • PRIMES (energia) • POLES (energia) • ASPEN (carbono) • MARKAL (energia) • TIMES (energia)

* Mera exemplificação, não se pretende fazer uma listagem. Exemplificação de modelos desta família, não se tendo procurado verificar se todos os exemplos têm sido aplicados especificamente a avaliação de impactos de políticas ambientais

QUADRO 4

MODELOS DE EQUILÍBRIO GERAL DSGE (DYNAMIC STOCHASTIC GENERAL EQUILIBRIUM)

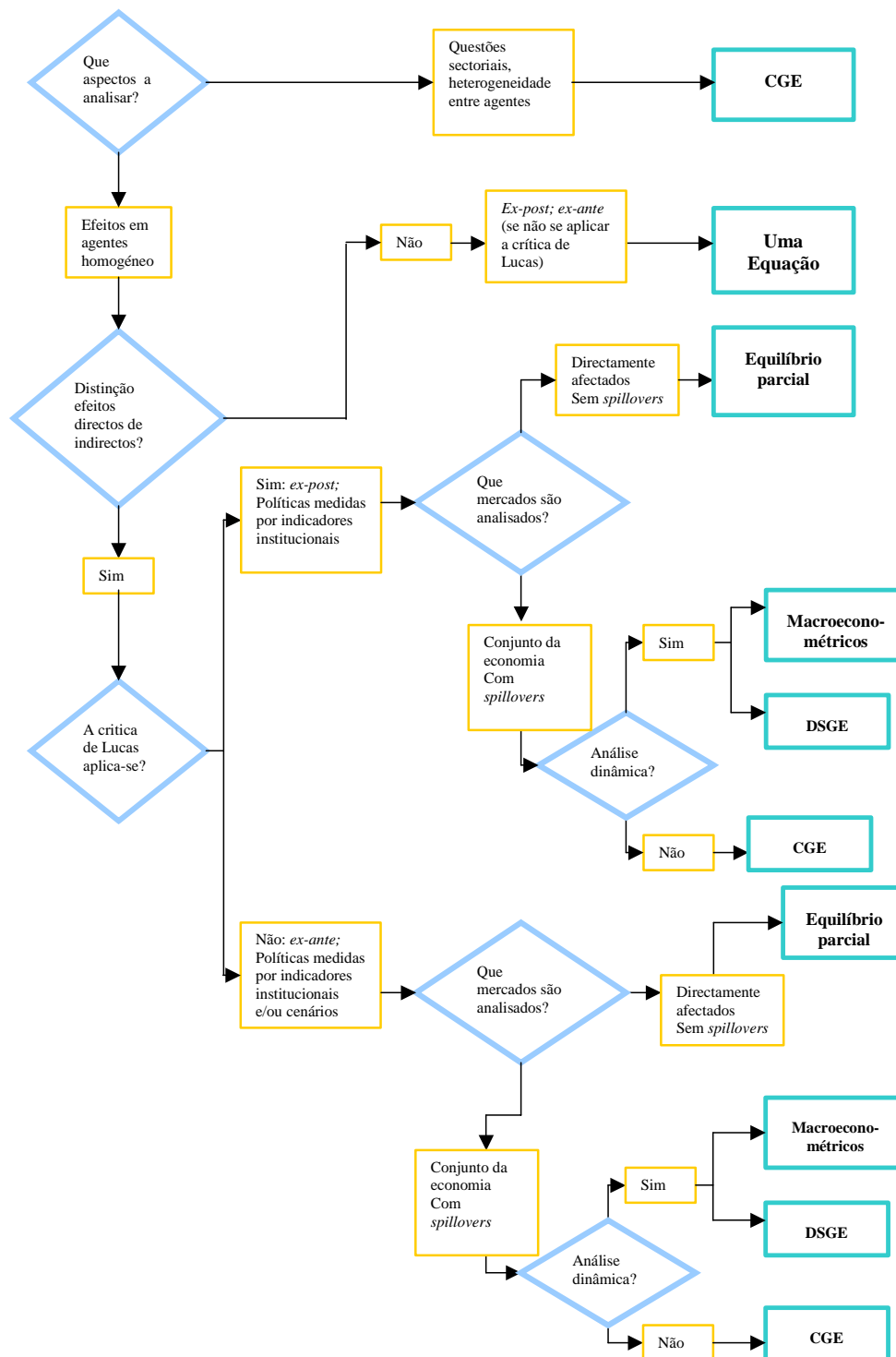
CARACTERIZAÇÃO	PONTOS FORTES	PONTOS FRACOS	EXEMPLOS*
<ul style="list-style-type: none"> Tentam ultrapassar as limitações dos modelos anteriores, conjugando fundamentação microeconómica e empírica; Os parâmetros são calibrados ou estimados usando técnicas de máxima verosimilhança ou a sua contrapartida Bayesiana; O nível de desagregação é bastante inferior ao dos modelos CGE; As técnicas de máxima verosimilhança permitem uma plena caracterização das séries de dados observados e o modelo pode ser bem ajustado aos dados observados em termos de relações contemporâneas, correlação em série e covariâncias cruzadas; As técnicas Bayesianas estabelecem uma ligação com os métodos de calibração, através da combinação da máxima verosimilhança com informação prévia colhida em estudos empíricos. 	<ul style="list-style-type: none"> Sólida fundamentação teórica; Os parâmetros do modelo reflectem características estruturais mais profundas resultantes das preferências dos agentes, menos sujeitos a sofrer alterações em resultado das medidas de política; As especificações dos comportamentos individuais permitem avaliar as alternativas de política quanto aos seus efeitos no bem-estar dos consumidores; Adequados a avaliações <i>ex-ante</i> e de longo prazo. 	<ul style="list-style-type: none"> Quando os parâmetros são calibrados, os resultados, tal como nos modelos CGE, podem ser fortemente condicionados pelos pressupostos do modelo; Para uma análise da dinâmica de curto prazo dos impactos, poderão ser complementados por modelos macroeconómicos de inspiração keynesiana. 	<ul style="list-style-type: none"> GEM (FMI) <ul style="list-style-type: none"> - Homogeneidade dos agentes ou um número limitado de grupos heterogéneos; - Integram ajustamentos dinâmicos, pelo que se adequam à análise de impactos no longo e no curto prazos; - Análises <i>ex-post</i> e <i>ex-ante</i>; - O principal aspecto inovador é a estrutura flexível. Pode ser criado para qualquer número de países.

*Mera exemplificação, não se pretende fazer uma listagem. Exemplificação de modelos desta família, não se tendo procurado verificar se todos os exemplos têm sido aplicados especificamente a avaliação de impactos de políticas ambientais

A descrição anterior é muito simplificada, pretendendo fazer apenas uma apresentação muito sumária das principais famílias de modelos. O esquema que se segue resume os principais critérios para escolha de modelos.

ESQUEMA 1

ÁRVORE DE DECISÃO PARA A SELECÇÃO DE MODELOS



Fonte: Esquema traduzido de Dreger, Christian et al (2007) *Study on the feasibility of a tool to measure the macroeconomic impact of structural reforms*, Comissão Europeia, European Economy, Economic Papers n.º 272, Janeiro de 2007.

A caracterização anterior pretende apresentar as características principais de modelos classificados de acordo com uma determinada tipologia. Contudo, estas são apenas características muito gerais, sendo que a introdução de desenvolvimentos específicos ou a construção de modelos híbridos pode ser uma via para mitigar algumas das limitações nos diversos domínios considerados.

Além dos modelos apresentados, poderiam ser ainda referidos outros, nomeadamente os de *input-output*.

Aplicados neste contexto, os modelos de *input-output*⁷, modelos desagregados sectorialmente em que as actividades económicas são descritas por matrizes *input-output*, partem do pressuposto que é possível determinar o conteúdo energético ou poluente de qualquer bem, investimento ou serviço. A procura final é um dado e repartida sectorialmente. As relações entre os sectores são descritas por equações lineares, cujos coeficientes técnicos são fixos em cada ano e baseados nas evoluções passadas, o que restringe a substituição entre factores e a incorporação de alterações tecnológicas e de comportamento dos agentes. Assim, associando a matriz de coeficientes técnicos à matriz de emissões, é possível obter (de forma sectorialmente desagregada) as repercussões energético-ambientais associadas à actividade económica. Contudo, não são adequados à avaliação dos impactos de medidas de política económica associadas ao sistema de preços (fiscais, licenças negociáveis, etc.) e o seu horizonte de previsão é limitado a um máximo de 15 anos (horizonte tecnológico próximo).

Os diversos modelos apresentam virtualidades mas também limitações e pontos fracos, sendo vantajoso dispor de mais do que um tipo de modelo, conforme o contexto e os propósitos da análise. Não será indiferente para a escolha da metodologia qual o horizonte temporal em causa ou se a análise incide sobre medidas de tipo regulamentar e técnicas, dirigidas ao aumento da eficácia do consumo de energia e ao desenvolvimento de energias renováveis, ou sobre medidas económicas agindo sobre o sistema de preços. Por outro lado, poderá ser considerada a associação de um modelo central com outros instrumentos analíticos. Por exemplo, poderão associar-se modelos de equilíbrio parcial sectoriais a um modelo macroeconómico.

⁷ Fontes: Beaumais, Olivier, (2002) *Economie de l'environnement: méthodes et débats*, Commissariat General du Plan, Paris; CGP, (2002) *Effet de serre: modélisation économique et décision politique*, Commissariat General du Plan, Paris.

3. MODELOS – CARACTERIZAÇÃO SÍNTESE

ATHENA- UM MODELO DO CPB (HOLANDA)

Enquadramento

Nos Países Baixos, o CPB tem desenvolvido um trabalho continuado de construção de modelos económicos considerados essenciais para análise e previsão de curto e médio prazo, construção de cenários de longo prazo e análise de impactos de políticas estruturais, produzindo assim avaliações quantitativas que permitam fundamentar decisões de política económica. Recentemente, tem sido prestada especial atenção à construção de cenários de longo prazo e à análise dos impactos de política estrutural.

Assim, são produzidos:

- ◆ Documentos com previsões de curto prazo;
- ◆ Estudos de médio prazo focando as consequências das políticas no contexto de cenários alternativos de crescimento;
- ◆ Estudos aprofundados e abrangentes numa perspectiva de longo prazo.

Para a realização destas tarefas o CPB dispõe actualmente de quatro modelos distintos: WorldScan, MIMIC, SAFFIER (resultante da conjugação dos modelos anteriores, JADE e SAFE) e ATHENA.

Além destes modelos económicos dispõe ainda de outros, nomeadamente modelos mais especializados, relativos a mercados específicos (energético ou agrícola, por exemplo).

O modelo ATHENA, que a seguir se sintetiza, é um modelo de base econométrica, desagregado sectorialmente e aplicável a análises de curto, médio e longo prazo.

O Modelo ATHENA

FONTE: CPB Document, n. ° 105 (2006), *Athena - A multi-sector model of the Dutch economy*; Vromans, Martin, *Athena-The multi-sector model*, CPB Report, 1998.

TIPO DE MODELO: Na tradição macroeconométrica, baseado em análise de séries temporais; introdução de fundamentação micro na derivação de equações comportamentais. Combina métodos de estimação econométrica com calibração.

OBJECTIVO: O ATHENA é um modelo construído no CPB com o objectivo de efectuar análises macroeconómicas com forte dimensão multisectorial: previsões de curto prazo, elaboração de cenários e avaliação de impactos de políticas estruturais. Recentemente as suas características de longo prazo foram substancialmente melhoradas.

DOMÍNIO DE APLICAÇÃO: Este modelo sectorial descreve a economia de forma detalhada e, dada a sua capacidade de mostrar alterações nos padrões de produção, é particularmente adequado à realização de cenários e à avaliação de políticas estruturais com impactos diferenciados a nível sectorial. Como exemplo temos as políticas dirigidas à redução do consumo de energia. É utilizado em previsões sectoriais de curto, médio e longo prazo e na análise de políticas relativas a matérias ambientais, energéticas e infra-estruturais.

EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DO MODELO:

- Análise dos efeitos económicos de alterações na política fiscal com a introdução de taxas ambientais sobre a emissão de CO₂. A sua desagregação sectorial permitiu investigar os efeitos na posição competitiva de diferentes sectores e as implicações de isenções concedidas a alguns deles;
- Avaliação dos impactos macroeconómicos de grandes projectos infra-estruturais, como a ligação a Paris por uma linha de caminho de ferro de alta velocidade, o alargamento do aeroporto de Schiphol e a imposição de um tecto aos serviços de transportes aéreos;
- Últimos cenários de longo prazo para a economia holandesa.

Como modelo económico, o ATHENA não pode, por si só, produzir resultados relevantes relativamente ao ambiente, à mobilidade e às infra-estruturas. Assim, a sua concepção e implementação, envolveu um grupo alargado de diversas instituições, especializadas nos diferentes domínios.

BREVE DESCRIÇÃO: A versão actual do modelo ATHENA resulta do desenvolvimento e introdução de melhoramentos nas duas versões anteriores (1990 e 1998). Relativamente às versões iniciais, os principais melhoramentos incidiram na oferta, no mercado de trabalho, nas exportações e nas propriedades de longo prazo do modelo.

É um modelo que combina dinâmica e equilíbrio: a dinâmica é introduzida por mecanismos frequentes de correcção de erros estimados com técnicas de co-integração; o equilíbrio é alcançado por variáveis que traduzem as tensões no mercado de trabalho (taxa de desemprego) e de bens e serviços (taxas de utilização), pelos preços relativos entre fornecedores internos e externos e pela substituição-preço entre os bens.

Em grande parte, o modelo é construído a partir de uma abordagem *bottom-up*: os agregados macroeconómicos são construídos a partir dos sectoriais. O tratamento do consumo privado é a excepção, sendo tratado segundo uma abordagem *top-down*: a nível macro, o rendimento disponível é a principal variável explicativa, determinando-se o consumo a nível sectorial por um processo de afectação orçamental.

O modelo é desenhado com quatro grandes componentes: estrutura de produção, o mercado de trabalho, a procura de bens e serviços e o sector público (incluindo pensões e seguros de vida).

As relações no lado da oferta, que constitui o núcleo do modelo, resultam do comportamento otimizador das empresas.

A função de custos desempenha um papel fundamental, combinando os diversos factores de produção: capital, trabalho, *inputs* intermédios e existências.

O *stock* de capital subdivide-se em:

- ◆ Equipamento
- ◆ Edifícios
- ◆ Infra-estruturas
- ◆ Habitações
- ◆ Carros
- ◆ Outros meios de transporte
- ◆ Activos imateriais
- ◆ Efectivos animais
- ◆ Terra

Os bens intermédios subdividem-se em 18 grupos de acordo com a desagregação sectorial do modelo.

De um modo geral, para bem de capital e para cada *input* intermédio existem fornecedores internos e externos.

Distinguem-se três horizontes de decisão para as empresas:

- ◆ O curto prazo, em que as empresas tomam decisões relativamente ao uso de factores variáveis e ao preço dos produtos que resultam dos custos marginais de curto prazo os quais, por sua vez, dependem do *stock* disponível de factores fixos ou quasi-fixos (em particular os *stocks* de capital e trabalho) e da estrutura dos mercados (condições de concorrência);
- ◆ O médio prazo, no qual as empresas existentes decidem qual a taxa de ajustamento de *stocks* e as novas empresas se entram, ou não, no mercado;
- ◆ O longo prazo, em que todos os *inputs* são variáveis e as empresas escolhem a combinação de bens de capital e de trabalho em função do retorno esperado e da possibilidade de as condições de concorrência se alterarem (na eventualidade de

entrada de novos competidores). Assim, a procura de capital e de trabalho ajusta-se gradualmente ao nível desejado.

No mercado de trabalho assume-se um modelo de negociação, decompondo-se as variações salariais em duas parcelas: a variação da taxa contratual, baseada em acordos negociais; uma variação incidental que resulta do *wage-drift* e alterações na composição da força de trabalho.

Embora maioritariamente exógena, a oferta de trabalho é afectada pelos salários reais líquidos e pelo efeito desencorajamento.

Dados os pressupostos da estrutura de produção, os restantes parâmetros podem ser calibrados. Para esse processo, são utilizadas as Contas Nacionais.

No lado da procura, o consumo privado depende do rendimento disponível (do trabalho e outros), das transferências, da riqueza e da taxa de juro. A afectação sectorial faz-se em três fases:

- ◆ O consumo de cuidados médicos e a procura de habitações, que tem um carácter marcadamente institucional, são os primeiros a ser determinados;
- ◆ Seguidamente, a parte restante é distribuída por consumo de energia, automóveis e uma categoria residual;
- ◆ A distribuição da categoria residual é feita assumindo que os consumidores maximizam o bem-estar.

Para a exportação de bens, admite-se que a origem geográfica introduz um elemento de diferenciação nas mercadorias. A afectação da procura interna a bens importados ou produzidos internamente é determinada pelos preços relativos e pela especialização internacional.

Quanto ao consumo público, assume-se que depende do crescimento da população e da produtividade do sector mercantil. Nalguns casos, como a saúde, o consumo público depende do crescimento do PIB e de alterações na composição da população (nomeadamente a sua estrutura etária).

NECESSIDADES DE INFORMAÇÃO E MEIOS HUMANOS: Exigente. A versão de 1998 compreendia 7500 equações, das quais 2500 comportamentais e 3000 variáveis exógenas. Equipa de trabalho vasta e recurso a colaboração de organismos especializados.

COORDENADOR: Peter Broer e Bert Smid (CPB)

NÍVEL DE DESAGREGAÇÃO:

SECTORES DA ACTIVIDADE ECONÓMICA

- Agricultura
 - Agricultura silvicultura, caça e pesca
- Indústria transformadora
 - Indústrias alimentares, bebidas e tabaco
 - Indústrias Químicas e borracha
 - Indústrias metálicas
 - Outras indústrias
- Energia
 - Indústrias petrolíferas
 - Indústrias extractivas
 - Utilidades públicas
- Construção
- Serviços comercializáveis
 - Actividades imobiliárias
 - Comércio por grosso e a retalho; e actividades de reparação
 - Transportes
 - Comunicações
 - Actividades financeiras e seguros
 - Agências de emprego temporário e serviços domésticos
 - Outros serviços comercializáveis
- Saúde
 - Serviços médicos e sociais
- Governo
 - Serviços públicos

SECTORES INSTITUCIONAIS

- Empresas
- Governo
- Segurança social
- Empresas de seguros de vida e fundos de pensões
- Sector externo

GREENMOD II – UM MODELO DE EQUILÍBRIO GERAL (BÉLGICA)

Enquadramento

O modelo Green Mod foi concebido para a Bélgica e começou a ser desenvolvido em 2003 pela equipa do Prof. Ali Bayar, da Université Libre de Bruxelles, DULBEA e pela Université Catholique de Louvain, CORE. É uma ferramenta quantitativa que permite avaliar impactos de diversos tipos (fundos estruturais, negociações ambientais, factores exteriores como o aumento dos preços do petróleo, etc.) das políticas internacionais e nacionais de energia e ambiente a nível regional e sectorial, constituindo uma “Plataforma para a análise de políticas de energia e ambiente”.

O Green Mod II, surgiu mais tarde e inclui uma versão dinâmica (recursiva), considerada necessária para os decisores políticos, já que permite incorporar as decisões futuras. Tem sido desenvolvido com o apoio da ECOMOD, empresa que desenvolve modelos de avaliação de políticas.

O Green Mod apresenta algumas vantagens comparativas face a outros modelos utilizados na UE (E3ME, GEM e QUEST)⁸, designadamente:

- ◆ Heterogeneidade dos agentes.
- ◆ Análise ex-ante e ext-post dos impactos das reformas estruturais, no longo prazo, já que as equações são baseadas na optimização do comportamento micro-económico.

O Modelo Green Mod II

FONTE: *Green Mod II: Dynamic Regional and Global Multi-sectoral Modelling of the Belgian Economy for Impact, Scenario and Equity Analysis*, March 2006.

TIPO DE MODELO: Equilíbrio Geral Dinâmico. É um modelo bastante complexo, que na realidade não é um único modelo, mas antes uma plataforma de análise de políticas de energia e ambiente.

OBJECTIVO: Modelo concebido para medir os impactos económicos e ambientais directos, indirectos e induzidos, das alterações de políticas internacionais e nacionais (incluindo de energia e ambiente) a nível regional e sectorial, no curto, médio e longo prazos.

⁸ In CE, European Economy (2007), *Study on the feasibility of a tool to measure the macroeconomic impact of structural reforms*.

DOMÍNIO DE APLICAÇÃO: Ferramenta analítica e quantitativa de apoio à decisão, nas áreas de energia e ambiente, em particular para redução dos gases de efeito de estufa.

Permite avaliar os impactos económicos de políticas energéticas e ambientais como por exemplo políticas fiscais (taxas e impostos) e não fiscais (acordos voluntários, utilização racional de energia, etc.), fundos estruturais, negociações ambientais, ou subida dos preços do petróleo.

Permite comparar os efeitos de políticas económicas alternativas, em termos de um grande número de variáveis:

- ◆ VAB sectoriais
- ◆ Emprego
- ◆ Investimento
- ◆ Bem-estar (Rendimento das famílias)
- ◆ Emissões de gases (CO₂, CH₄ e N₂O).

Tenta perceber o comportamento dos agentes e dos mercados:

- ◆ Comportamento dos agentes
- ◆ Funcionamento dos mercados

Descreve os desafios em termos de orçamento para todos os agentes, incluindo administrações públicas.

BREVE DESCRIÇÃO: O modelo de equilíbrio geral vai mais além, para incluir:

- ◆ Concorrência imperfeita
- ◆ Negociação salarial
- ◆ Pesquisa e encontro de modelos para os mercados de trabalho regionais
- ◆ Dinâmica e desequilíbrio de alguns mercados

Incorpora o comportamento económico de 5 grupos de agentes:

- ◆ Empresas
- ◆ Sindicatos
- ◆ Famílias
- ◆ Governo
- ◆ Resto do mundo

E assume que os agentes adoptam o comportamento óptimo, sujeito a constrangimentos orçamentais relevantes.

São considerados 62 sectores de actividade (com empresas públicas e privadas). Cada sector produz um ou vários tipos de produtos – no total o modelo incorpora 69 tipos de produtos, dos quais 10 inputs energéticos.

INCORPORAÇÃO DA CONCORRÊNCIA IMPERFEITA: Combina Equilíbrio Geral com Teoria dos Jogos para representar as diferenças na estrutura industrial das regiões, sendo indispensável um elevado grau de detalhe para mostrar e avaliar os ajustamentos estruturais gerados pelas políticas de abate de emissões.

Utiliza a Teoria Espacial dos Oligopólios de Cournot para representar a localização e decisão de entrada e saída de empresas, nas diferentes regiões, para incorporar de que forma as diferentes estratégias de abate de emissões conduzem à realocação de empresas, alterações na concentração do mercado e na distribuição geográfica da produção e consumo de produtos intensivos em energia.

Incorpora a representação de uma gama de sectores concorrenciais oligopolistas e monopolistas:

- ◆ Cada empresa individual é um maximizador do lucro, ou seja, escolhe o seu nível de output com base no custo marginal e na elasticidade procura/preço;
- ◆ O comportamento de cada empresa individual define o comportamento global do sector, em termos de: número de empresas em actividade, output e nível de preço;
- ◆ A performance de um sector é representada utilizando o equilíbrio Cournot-Nash (tanto as empresas oligopolistas como monopolistas exercem o seu poder de mercado, a nível nacional).

O modelo não tem em conta o comportamento individual das empresas, mas grupos de empresas semelhantes, agregadas em sectores, para cada região.

O *output* bruto de cada sector e cada região é determinado a partir de um “ninho” da estrutura produtiva. A diferenciação entre os sectores é feita de acordo com as tecnologias específicas de produção. O modelo considera três vias principais de “nesting” da estrutura de produção:

- ◆ 1º grupo de sectores de produção (LEO) – inclui outras indústrias extractivas, produção de coque, refinação de petróleo, nuclear, produção e distribuição de gás

natural, produção e distribuição de electricidade, tratamento e distribuição de água;

- ◆ Os produtores exteriores escolhem os outputs intermédios de bens não energéticos, inputs energéticos e pacote capital/trabalho (K/L), de acordo com a função de produção de Leontief, que assume uma alocação óptima de *inputs*;
- ◆ 2º grupo inclui todos os outros sectores industriais e serviços;
- ◆ Os produtores escolhem o nível óptimo de trabalho e capital consoante uma função constante de elasticidades de substituição (CES);
- ◆ 3º grupo inclui o sector agrícola, caça e serviços relacionados, floresta e pesca (AGR). Engloba um factor de produção adicional, os recursos naturais.

Nos três grupos LEO, CES e AGR, assume-se que 15 sectores de produção operam em regime monopolístico, maximizando os lucros (ou minimizando os custos): agricultura, caça e serviços relacionados, publicações, impressão e media, reciclagem, construção, alojamento e restauração, transportes, imobiliária, aluguer de máquinas, informática e actividades relacionadas, outros serviços às empresas, educação, serviços prestados por organizações associativas, actividades recreativas, culturais e desportivas, outros serviços e serviços prestados às famílias por empregados domésticos. Para os restantes sectores escolhe-se a concorrência de Cournot para representar as interacções entre empresas oligopolistas.

INCORPORAÇÃO DAS NEGOCIAÇÕES SALARIAIS: O modelo incorpora a representação das negociações salariais entre empresas e sindicatos. O processo determina o nível de salários em cada região, sendo o resultado dependente da função de optimização dos dois agentes:

- ◆ Os sindicatos maximizam a função utilidade, que depende da massa salarial dos seus membros que estão empregados e dos benefícios totais dos membros desempregados;
- ◆ As empresas maximizam o seu lucro.

Como resultado, os lucros totais das empresas são partilhados entre as empresas e os trabalhadores, numa proporção dependente do poder negocial dos sindicatos.

FUNCIONAMENTO DO MERCADO DE TRABALHO: O funcionamento do mercado de trabalho segue o Modelo de Pissaridies (2000)⁹.

Em cada período de tempo as empresas preenchem um certo número de vagas no mercado de trabalho, dependentes do nível requerido de emprego. A função de encontro entre a procura de emprego e o preço pago pelas empresas por cada posto de trabalho

⁹ Nota: Para mais detalhes consultar PISSARIDES, C.A. (2000) *Equilibrium Unemployment Theory*, 2nd Edition, Cambridge, MA: MIT Press.

(que deverá reflectir as qualificações necessárias), segue uma forma funcional de Cobb-Douglas.

EFEITOS NA DISTRIBUIÇÃO DOS RENDIMENTOS: As famílias estão desagregadas em 10 grupos para permitir analisar os efeitos das diferentes medidas de política na distribuição dos rendimentos.

A análise é feita através da ligação a um modelo de micro-simulação para incluir questões de equidade social entre diferentes grupos sócio-económicos (distribuição dos efeitos dos vários cenários ambientais nos diferentes estratos sociais, nas diferentes regiões).

MODELIZAÇÃO DA ESTRUTURA DE CAPITAL: A modelização da estrutura de capital e sua evolução ao longo do tempo, é feita distinguindo essencialmente dois tipos de capital em cada período:

- ◆ Parte “maleável”;
- ◆ Parte “rígida” (*vintage capital*).

Podem existir várias gerações de capital (*vintages*), com diferentes possibilidades de substituição, assumindo-se que as possibilidades de substituição entre os factores de produção são mais elevadas na parte “maleável” de capital.

INCORPORAÇÃO DAS ALTERAÇÕES TECNOLÓGICAS: As alterações tecnológicas são representadas através de três tipos de tecnologias em fase de espera – *backstop technologies*:

- ◆ Tecnologias intensivas em hidrocarbonetos, à base de gás natural e gaseificação do carvão;
- ◆ Produção de electricidade limpa (*carbon-free*) – a partir da biomassa;
- ◆ Produção de electricidade limpa (*carbon-free*) – a partir da energia eólica.

INCORPORAÇÃO DA DINÂMICA: O modelo tem uma estrutura dinâmica recursiva composta por uma sequência de vários equilíbrios temporários, nos quais:

- ◆ As poupanças actuais determinam a futura acumulação de capital e a taxa de crescimento da economia;
- ◆ É assumido que, em cada estado estacionário, o número de empresas oligopolistas não se altera e que o output de cada empresa aumenta à mesma taxa que o resto da economia;
- ◆ A simulação tem um horizonte temporal de 25 anos, que pode ser estendido, de forma flexível;
- ◆ O modelo é resolvido dinamicamente em passos anuais.

COMPLEXIDADE: Modelo muito complexo, mas com uma interface “user friendly”. A construção do modelo é um processo contínuo, que permite várias versões, dependendo das restrições em termos de tempo, recursos e dados. Cada versão finalizada é “bloqueada” funcionando autonomamente.

NÍVEL DE DESAGREGAÇÃO:

O modelo permite um elevado nível de detalhe:

- 62 sectores
- 69 produtos
- 10 grupos socioeconómicos

NECESSIDADES DE INFORMAÇÃO: O modelo utiliza as matrizes *input-output*, sociais e ambientais detalhadas. Os dados requerem frequentemente ajustamentos e consulta de peritos.

A base de dados tecnológica foi construída a partir do conhecimento de engenheiros auditores de um conjunto exaustivo de instalações e processos industriais, que avaliaram também as capacidades de substituição das tecnologias e dos combustíveis. Os cálculos dos custos e do ano de entrada em que estarão disponíveis as *backstop technologies*, são elaborados através de “*best guess*”.

EXIGÊNCIAS EM TERMOS DE CONSUMO DE TEMPO: O modelo para a Bélgica foi desenvolvido em 2 anos (2003-2005).

EXIGÊNCIAS EM TERMOS DE RECURSOS HUMANOS: O modelo tem que ser construído por equipas relativamente grandes, dada a sua complexidade. Ocupou 10 pessoas durante 2 anos: 3 pessoas a tempo inteiro apenas para a construção da base de dados, 5 pessoas para a construção do modelo, 2 engenheiros. Necessita de cerca de 3 pessoas para actualizar e manter o modelo a funcionar.

EXIGÊNCIAS EM TERMOS DE RECURSOS FINANCEIROS: O desenvolvimento da plataforma GreeMod II para a Bélgica teve um custo de cerca de 1 milhão de Euros.

FERRAMENTAS DE SOFTWARE NECESSÁRIAS:

GAMS ou TROLL.

ENTIDADES QUE APLICAM O MODELO A NÍVEL INTERNACIONAL:

Université Libre de Bruxelles, DULBEA; Université Catholique de Louvain, CORE; ECOMOD. Aplicação ao caso da Bélgica e das regiões belgas Bruxelas, Flandres e Valónia.

COORDENADOR:

Prof. Ali Bayar (ECOMOD, Bruxelas <http://www.ecomod.net/>)

TIMES – UM MODELO DE OPTIMIZAÇÃO DE BASE TECNOLÓGICA (AIE)

Enquadramento

O modelo TIMES – The Integrated MARKAL-EFOM System, é um modelo de economia-energia-ambiente de base tecnológica, desenvolvido pelo *Energy Technology Systems Analysis Programme* (ETSAP) da Agência Internacional de Energia (AIE).

Está a ser implementado nos 27 Estados Membros da União Europeia. Em Portugal a equipa responsável pelo desenvolvimento do TIMES_PT é liderada pela Prof^a Júlia Seixas e Eng^a Sofia Simões da Universidade Nova de Lisboa (UNL), no âmbito de dois projectos de investigação distintos, embora complementares: um projecto de investigação de âmbito comunitário – NEEDS – *New Energy Externalities Development for Sustainability*; um projecto de investigação de âmbito nacional E2POL – *Integrated Environmental and Energy Policy Approaches to manage Electricity Production and Consumption* (a decorrer de Setembro de 2005 a Setembro de 2008).

Está prevista a utilização do modelo TIMES para o desenvolvimento de estudos técnicos preparatórios, para sustentar a tomada de posição nacional nas futuras negociações do "effort sharing" pós-2012.

O Modelo TIMES

FONTES: LOULOU, R. *et al.*, *Documentation for the TIMES Model*, ETSAP, Abril 2005; SIMÕES, S. NUNES, J., *Cenários para o sistema energético Português para 2030 e suas implicações ambientais. TIMES_PT – Implementação do modelo TIMES para Portugal*, DCEA, FCT/UNL, 18-20 Abril 2007; Powerpoints sobre o modelo TIMES da Equipa da UNL

TIPO DE MODELO: O TIMES é um modelo de equilíbrio parcial que faz a optimização da função objectivo "maximização do benefício total", permitindo determinar a forma de satisfação da procura de energia ao menor custo possível.

Trata-se de um modelo dinâmico de optimização linear, na medida em que analisa o comportamento de um sistema por um período mais longo e assume mercados de energia em concorrência perfeita e agentes com perfeito conhecimento da sua evolução.

OBJECTIVO: Simulação da evolução do sistema energético no longo prazo, encontrando a combinação óptima de tecnologias de oferta e procura de energia que permite satisfazer as necessidades energéticas dos diversos sectores económicos, dados diversos cenários de evolução macroeconómica tendo em conta diferentes níveis de restrição de emissões de CO_{2eq}.

DOMÍNIO DE APLICAÇÃO: A aplicação do modelo TIMES a diversos cenários macroeconómicos, com diferentes níveis de restrições de emissões, permite avaliar os respectivos custos das opções de redução de emissões de CO_{2eq}, nomeadamente através do apuramento das curvas de custo marginal, em particular para o sistema energético.

É um modelo com potencialidades ao nível da modelação económica e na consideração de externalidades ambientais. A sua estrutura extremamente detalhada, permite avaliar a eficácia de diversas políticas e medidas, tanto incidentes sobre a oferta ou procura como transversais ou sectoriais.

BREVE DESCRIÇÃO: O TIMES é um modelo com uma abordagem *bottom-up*, extremamente detalhado e com grandes exigências ao nível das bases de dados tecnológicas para input no modelo. Requer a especificação dos seguintes inputs exógenos:

- ◆ Procura de serviços de energia (ex: iluminação no sector residencial);
- ◆ Características técnico-económicas das tecnologias existentes no ano base, assim como das tecnologias futuras (ex: eficiência, rácio input/output, custos de investimento, operação e manutenção e taxa de actualização);
- ◆ Fontes de energia primária disponíveis actualmente e no futuro.

O modelo considera esta informação para processar, para cada ano de análise, a combinação óptima de tecnologias que permite satisfazer a procura de serviços de energia ao menor custo para o sistema.

Obtém como outputs, a combinação óptima de tecnologias energéticas para satisfação da procura, em valores físicos (fluxos de energia e materiais e fluxos de emissões) e monetários (custos).

É um modelo flexível relativamente a:

- ◆ Períodos a estudar ("*time period*") que podem abranger desde decénios a dias, consoante as variáveis em análise e o grau de pormenorização adequado a cada uma; por exemplo diagramas de carga diários para a procura de electricidade;
- ◆ Taxas de actualização, variáveis ao longo do tempo;
- ◆ Restrições de política a introduzir, por exemplo opção não nuclear.

O modelo nacional utiliza, numa primeira fase, até validação com dados nacionais, dados macroeconómicos exógenos, provenientes do modelo GEM3E (modelo económico de equilíbrio geral utilizado a nível europeu).

O modelo tem várias componentes, entre elas:

- ◆ Uma componente da procura (neste momento com informação exógena proveniente do modelo GEM3E europeu, fornecido pela Bélgica, para Portugal, em fase validação com dados nacionais);
- ◆ Uma componente da oferta que inclui uma base de dados detalhada de novas tecnologias desde 2001 a 2050 (originariamente com dados europeus, em fase de calibração para Portugal, com dados fornecidos por agentes nacionais).

COMPLEXIDADE:

NECESSIDADES DE INFORMAÇÃO: O modelo é muito exigente em bases de dados tecnológicas com elevado grau de detalhe.

EXIGÊNCIAS EM TERMOS DE RECURSOS HUMANOS E CONSUMO DE TEMPO: A validação de dados nacionais e a calibração do modelo são exigentes em recursos humanos e tempo.

FERRAMENTAS DE SOFTWARE NECESSÁRIAS: o modelo times é divulgável e pode ser instalado sem custos, mas exige a aquisição do software veda (vendido em pacotes de 5 licenças; custo referido no site da etsap de us\$ 7 500, nov. 2004).

COORDENADOR: Em Portugal a aplicação do TIMES é coordenada pela Prof^a Júlia Seixas da UNL / E.Value.

NÍVEL DE DESAGREGAÇÃO:

O modelo nacional considera os seguintes sectores do sistema energético:

- Extracção e preparação de energia primária;
- Produção de electricidade;
- Indústria
 - Cimento
 - Vidro
 - Cerâmica
 - Aço
 - Química
 - Papel e pasta de papel
 - Cal e outras indústrias
- Residencial
- Terciário
- Agricultura
- Transportes

4. BIBLIOGRAFIA

BAYAR, A. et al., (2006) Green Mod II: Dynamic Regional and Global Multi-Sectoral Modelling of the Belgian Economy for Impact, Scenario and Equity Analysis, Université Libre de Bruxelles, DULBEA, Université Catholique de Louvain, CORE, ECONOTEC

BEAUMAIS, O., (2002) Economie de l'environnement: méthodes et débats, Commissariat General du Plan, Paris

CE, European Economy (2007), Study on the feasibility of a tool to measure the macroeconomic impact of structural reforms.

CGP, (2002) Effet de serre: modélisation économique et décision politique, Commissariat General du Plan, Paris

CPB (2006), Athena - A multi-sector model of the Dutch economy, Doc. n° 105

DREGER, C. et al., (2007) Study on the feasibility of a tool to measure the macroeconomic impact of structural reforms, Comissão Europeia, European Economy, Economic Papers n.º 272, Janeiro

LOULOU, R. et al., (2005) Documentation for the TIMES Model, ETSAP

LUCAS, R., SARGENT, T.J.(1981), After Keynesian Macroeconomics. In: LUCAS, R., SARGENT, T.J. (orgs). Rational Expectations and Economic Practice. Londres, Allen & Unwin

PISSARIDES, C.A. (2000) Equilibrium Unemployment Theory, 2nd Edition, Cambridge, MA: MIT Press

PROENÇA, M. e RODRIGUES, S., (2007) Metodologias de avaliação dos impactos económicos das políticas de ambiente e de energia, Documento de Trabalho DPP

SIMÕES, S. NUNES, J., (2007) Cenários para o sistema energético Português para 2030 e suas implicações ambientais. TIMES_PT – Implementação do modelo TIMES para Portugal, DCEA, FCT/UNL, Aveiro, 18-20 Abril

VROMANS, M., (1998) Athena-The multi-sector model, CPB Report

ANEXO

WORKSHOPS ORGANIZADOS NO DPP, SOBRE “METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DE INTERACÇÕES ECONÓMICO-AMBIENTAIS”



DEPARTAMENTO DE PROSPECTIVA E PLANEAMENTO
E RELAÇÕES INTERNACIONAIS

Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território
e do Desenvolvimento Regional



www.dpp.pt

WORKSHOP

Metodologias de Avaliação de Interações Económico-Ambientais

1ª parte

DPP, 30 Maio 2007

MANHÃ

9:30H-9:45H – **Abertura** – Director-Geral do DPP – Prof. Doutor João Eduardo Gata

9:45H-11:00H – **Modelos de Equilíbrio Geral Aplicados a Estudos Ambientais e Energéticos** – Margarita Robaina Alves, doutoranda na Universidade de Aveiro

Intervalo

11:15H-12:30H – **Modelos de Impacto para a Economia Espanhola**, Professor Miguel Rodriguez, Universidade de Vigo, Espanha

12:30H-13:00H – **Discussão**

INTERVALO PARA ALMOÇO

TARDE

14:30H-15:45H – **GreenMod – uma aplicação à Bélgica**, Professor Ali Bayar, ECOMOD & Universidade Livre de Bruxelas, Bélgica.

16H – **Discussão e Encerramento**



WORKSHOP

Metodologias de Avaliação de Interações Económico-Ambientais

2ª parte

DPP, 6 Junho 2007

MANHÃ

9:30H-9:45H – **Abertura** – Professor João Eduardo Gata, Director-Geral do DPP

9:45H-11:00H – **Apresentação do Projecto Europeu MOSUS – Integração do desenvolvimento sustentável na análise macroeconómica e multi-sectorial**, Professor Victor Martins, ISEG

Intervalo

11:15H-12:30H – **Desenvolvimento do Projecto MOSUS em Portugal – Construção de cenários tecnológicos 2020 e métodos de adaptação dos modelos *Input-Output***, Professor Victor Martins, ISEG

12:30H-13:00H – **Discussão**

INTERVALO PAR ALMOÇO

TARDE

14:30H-15:45H – **Análise Input-Output para avaliação do ciclo de vida dos produtos – aplicações em Portugal**, Professor Paulo Ferrão, IST

15:45H-16:30H – **Discussão**

Intervalo

16:45H-18:00H – **O modelo TIMES (The Integrated MARKAL-EFOM System) e a sua aplicação a Portugal**, Professores Júlia Seixas, Sofia Simões e João Cleto, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da FCT da U.N.L

18:00H-18:30H – **Discussão e Encerramento**