

nia-ecologia e ecologia-economia estão situadas nos quadrantes B e C e as relações ecologia-ecologia no quadrante D. Os métodos de avaliação económicos partem do quadrante A para tentar cobrir os quadrantes B, C e D. A análise energética por seu turno, como se viu mais acima, pode ser dividida da seguinte maneira:

- o quadrante A está limitado à contabilidade energética;
- os quadrantes A, B e C dizem respeito ao cálculo energético;
- o quadrante B está ligado à análise entrópica;
- os quadrantes A, B, C e D dizem respeito à análise eco-energética.

Por exemplo, a fim de combinar a exergia de um dado recurso com a concentração e a dispersão energética deste recurso e dos outros recursos nos ecossistemas, no decurso de um período de tempo, pode ser utilizada uma combinação de cálculo energético e de análise eco-energética. Para além disso isto pode ser utilizado como instrumento de previsão para a

QUADRO 8.1

de	para	Economia	Meio ambiente
Economia		A	B
Meio ambiente		C	D

(Fonte: Faucheux e Pillet, 1994)

gestão dos recursos, em complemento das análises económicas ou dos métodos de avaliação baseados nas preferências. Finalmente, uma «melhor» gestão dos recursos poderá ajudar a minimizar as emissões de poluentes e de desperdícios para as quais as análises entrópicas podem também revelar-se úteis.

Assim, os processos de avaliação energética dão lugar a indicadores ambientais capazes de fornecer sinais agregados – que podem ser normas – e não valores em si.

Para resumir, pode dizer-se com Kaberger (1991), para afirmar que «a utilização de medidas variadas para analisar as interações entre sistemas económicos e ecológicos é bastante útil», mas que isso não é «certamente suficiente para definir uma teoria ou uma política económica ambientalmente aceitável». A avaliação energética apresenta propriedades de medida que poderiam ser desenvolvidas para completar os processos de avaliação económica num quadro multidimensional (Passet, 1979). «O objectivo principal da análise energética é o desenvolvimento de uma parte da descrição física precisa do modo operativo dos processos do mundo real. Esta descrição não suplanta a que é fornecida pela análise

económica, mas reforça e completa e pode oferecer novas perspectivas.» (IFIAS, 1975, p. 7.) Em particular, as análises energéticas podem fornecer mais rapidamente que o permitido pelo mercado, sinais respeitantes a situações ambientais que arriscam tornar-se críticas. Isto poderia resultar numa especificação mais instável das barreiras ambientais do que a utilizada pela análise económica, assim como em conclusões respeitantes à interface economia-meio ambiente menos sensíveis às variações de preço. Toda a informação deste tipo é extremamente útil para os gestores (Potvin, 1991). Esta questão está ligada à existência de uma unidade de medida física homogénea adequada à dimensão ecológica. Os métodos de avaliação energética podem fornecer uma resposta parcial a esta questão na medida em que tornam os dados físicos homogéneos, independentemente de qualquer avaliação económica, o que é possível dadas as suas propriedades métricas particulares. No entanto estes métodos de avaliação energética não podem fornecer nenhuma indicação acerca de certos aspectos ecológicos, particularmente acerca dos efeitos da poluição sobre a biodiversidade e sobre o património genético. Um outro inconveniente provém de que uma perda de informação está perdida, como é o caso com qualquer método de agregação. Porém, por outro lado, «dados excessivamente detalhados não têm qualquer utilidade para pessoas que só têm a tirar conclusões de ordem geral» (Potvin, 1991, p. 11). Para mais, tais avaliações energéticas não permitem fazer uma avaliação dos serviços finais subjectivos prestados por sistemas naturais, tais como, por exemplo, serviços de entretenimento ou os que resultam da qualidade estética da paisagem.

Por fim, uma tomada de decisão em matéria de sustentabilidade a respeito dos indicadores provenientes apenas da análise energética não explicaria de modo algum as dimensões económicas e sociais do desenvolvimento sustentável, mas unicamente de uma parte da dimensão ecológica. É neste sentido que tal tomada de decisão dependeria de uma visão conservacionista, ou até mesmo reducionista, do desenvolvimento sustentável. Tais indicadores, para serem úteis, devem estar articulados com os indicadores de sustentabilidade económica, ou ainda com os indicadores de sustentabilidade fraca, como se mostrará no decurso da secção 3, a fim de conciliar todas as dimensões da sustentabilidade.

2. UMA TENTATIVA DE INTEGRAÇÃO DA ECONOMIA E DA ECOLOGIA: A EXPERIÊNCIA DA ESCOLA DE LONDRES

A óptica do desenvolvimento sustentável própria de Pearce e dos seus colegas constitui um avanço importante visto dar realce à preservação do meio ambiente, articulando-a com as exigências do crescimento económico. Esta encontra-se então a meio caminho entre as análises que con-

duzem à sustentabilidade fraca e as da sustentabilidade forte. Todavia ela esbarra com limites na determinação das regras e indicadores de sustentabilidade.

2.1. A REGRA DA MANUTENÇÃO DE UM NÍVEL MÍNIMO DE CAPITAL NATURAL

Os autores da Escola de Londres, ao estudar a especificidade do capital natural em relação às suas possibilidades de *substituibilidade*, são levados a propor uma nova regra de sustentabilidade cujas características se encontram no centro do modelo desenvolvido por Barbier e Markandya (1990). Estes são os aspectos que serão desenvolvidos no decurso desta primeira subsecção.

2.1.1. O CAPITAL NATURAL CRÍTICO

A maior parte dos activos não mercantis que fazem parte do capital natural caracterizam-se pela sua *multifuncionalidade*. Um mesmo recurso, dependente desta categoria, pode preencher funções económicas, funções recreativas, funções biológicas e funções de tratamento da poluição. A este respeito, a água de uma ribeira constitui um bom exemplo. Não é possível encontrar um substituto para o conjunto das funções de um activo ambiental deste tipo. O progresso técnico também não se pode aplicar uniformemente a todas estas funções. Deste ponto de vista, uma parte do capital natural é qualificada de «*capital natural crítico*».

Com efeito, como faz notar Toman (1992), existe uma relação positiva entre a escala do prejuízo potencial para o capital natural, o grau de irreversibilidade e a importância da injustiça infligida às gerações futuras. Nestas condições, seria desejável uma distinção. O capital natural cuja degradação potencial é reversível e se manifesta em pequena escala pode ser tratado através de critérios de eficiência económica tradicional. Em contrapartida, o capital natural cuja degradação arrisca ser irreversível e em grande escala deveria ter um uso submetido a limitações *a priori*. A hipótese de *substituibilidade* entre capital manufacturado e capital natural é considerada pertinente quando as funções económicas e produtivas do capital natural estão relacionadas. Todavia, quando as funções «sobrevivência» do capital natural estão em jogo, esta hipótese deve ser abandonada em proveito da complementaridade.

O capital natural não é uma categoria homogénea: pode ser feita uma distinção entre o capital natural mercantil e o capital natural não mercantil. Esta diversidade pode igualmente ser hierarquizada em função do grau de *substituibilidade* entre os diferentes tipos de capitais. Pode ser mais fácil substituir o petróleo por gás (substituição no interior de K_n) ou de recursos minerais por capital técnico (K_n por K_m) do que substituir a

camada de ozono por capital técnico. Contudo, alguns autores sublinham o limite da *substituibilidade*, visto que K_m contém sempre K_n , reencontrando-se a velha ideia dos factores fundamentais, que são o trabalho e a natureza (Perrings, 1987).

Nesta perspectiva de integração da economia e da ecologia e na continuidade da Escola de Londres, o capital natural crítico deve estar submetido a normas mínimas de salvaguarda (Ciriacy-Wantrup, 1952; Bishop, 1978). Estes últimos determinam os limiares de utilização do capital natural crítico.

Isto significa que nem a regra proveniente da sustentabilidade fraca, nem a proveniente da óptica da sustentabilidade forte são mais satisfatórias. Efectivamente, com a introdução deste conceito de capital natural crítico, a Escola de Londres encontra-se a meio caminho entre as abordagens do desenvolvimento sustentável inscritas na linha da teoria do capital e que estabelecem uma hipótese de *substituibilidade* quase ilimitada no interior do *stock* global de capital, e as abordagens do «estado estacionário», que, como se viu na secção anterior, estabelecem uma hipótese de complementaridade total entre os diferentes tipos de capitais. Nestas condições, a manutenção de um *stock* global de capital no tempo não é uma condição necessária e suficiente para assegurar a sustentabilidade do desenvolvimento. Quanto ao desenvolvimento do *stock* de capital natural, ele revela-se demasiado constrangedor. Trata-se de preservar um *stock* ou um linear mínimo de capital natural crítico.

A regra de sustentabilidade é portanto a seguinte:

$dK_n^* \leq \alpha$, com K_n^* como capital natural crítico e α como o limiar a não ultrapassar.

2.1.2. O MODELO DE BARBIER E MARKANDYA (1990)

Os teóricos da Escola de Londres parecem seguir um procedimento inspirado por Baumol e Oates (1971). Elaborado no quadro da gestão da poluição, é igualmente aplicável à gestão dos recursos naturais. Em ambos os casos, determinam-se normas ambientais de poluição ou de consumo, em termos físicos, e isto, independentemente de qualquer optimização económica, procurando-se depois alcançá-las com o menor custo económico.

Estas características reencontram-se no seio do modelo de desenvolvimento sustentável elaborado por Barbier e Markandya (1990). Neste modelo, o capital técnico não é inteiramente substituível pelo capital natural, e a análise começa com a necessidade de manter um certo nível mínimo positivo de capital natural.

O modelo é o seguinte:

A taxa de degradação do meio ambiente, $dS/dt = S$, é dada pela expressão:

$$S = f([W - A], [(R - G) + E])$$

na qual W designa os fluxos de desperdícios, A o fluxo de assimilação dos desperdícios pelo meio ambiente, R o fluxo de recursos renováveis, G o fluxo de produção biológica e E o fluxo de recursos esgotáveis. A função f é considerada crescente, convexa e diferenciável, com $S=0$ para $W=A$ e $R+E=G$. Estas cinco variáveis estão unidas, seja para W , R e E , à actividade económica, aqui representada pelo consumo C , seja, no que respeita a A e G , à actividade natural, aqui representada por X , o *stock* de activos ambientais.

Tem-se então:

$$W = W(C), \text{ com } W'(C) > 0 \text{ e } W''(C) > 0$$

$$R = R(C), \text{ com } R'(C) > 0 \text{ e } R''(C) > 0$$

$$E = E(C), \text{ com } E'(C) > 0 \text{ e } E''(C) > 0$$

$$A = A(X), \text{ com } A'(X) > 0 \text{ e } A''(X) < 0$$

$$G = G(X), \text{ com } G'(X) > 0 \text{ e } G''(X) < 0$$

Admite-se existir um valor mínimo \underline{X} de activos ambientais, valor do limiar abaixo do qual intervêm efeitos irreversíveis, tanto no esgotamento dos recursos renováveis como na emissão de desperdícios.

O objectivo de sustentabilidade exprime-se portanto através das três categorias de barreiras ecológicas que enquadram a função de utilidade cujo valor actualizado deve ser maximizado:

- a utilização dos recursos naturais renováveis não pode exceder a sua taxa de renovamento;
- os recursos esgotáveis devem ser extraídos a uma taxa que permita a sua substituição por recursos renováveis;
- as emissões de desperdícios devem ser inferiores à capacidade de assimilação do meio.

$$S = h(C, X), \text{ para } X \geq \underline{X}, \text{ e } S \geq 0 \text{ para } X < \underline{X}$$

Pode, neste caso, escrever-se que a taxa de degradação do meio ambiente:

$$X = -ah(C, X), \text{ para } X \geq \underline{X}, \text{ e } X \leq 0 \text{ para } X < \underline{X}$$

Neste modelo, a barreira de durabilidade é representada pela ausência de degradação do meio ambiente, ou seja $S=0$, o que presume que, simultaneamente, $W=A$ e $R+E=G$, quer dizer que, simultaneamente, o fluxo de desperdícios não ultrapassa a capacidade de assimilação do meio ambiente e a soma dos fluxos de recursos renováveis e esgotáveis não excede a produção biológica. Observa-se que esta última formulação permite considerar apenas uma barreira global de recursos, deixando aberta a possibilidade de substituir recursos esgotáveis por recursos renováveis.

Se $S \neq 0$, $X < 0$, quer dizer que a qualidade do meio ambiente diminui. Se X cai para baixo do valor-limiar \underline{X} , está-se na presença de uma catástrofe ecológica e o sentido é, evidentemente, não sustentável. Trata-se aqui daquilo que os autores qualificam de barreira ecológica absoluta.

A função-objectivo do modelo é uma função de utilidade colectiva que faz depender a utilidade, simultaneamente do consumo C e do *stock* existente de capital natural X , que representa a qualidade do meio ambiente, ou seja:

$$U = U(C, X) \text{ com } U'(C) > 0, U'(X) > 0, U''(C) < 0 \text{ e } U''(X) < 0$$

O programa é então:

$$\text{Max} \int_0^{\infty} e^{-rt} U(C, X) dt, \text{ sobre } x = -ah(C, X)$$

A teoria do controlo óptimo ensina que a optimização de um sistema dinâmico deste tipo é dada pela maximização em qualquer ponto da função chamada hamiltoniana do sistema, ou seja, aqui:

$$H = e^{-rt} \{U(C, X) + P[-ah(C, X)]\}$$

na qual P é uma variável auxiliar associada à equação de evolução dos activos ambientais X .

A solução deste programa resulta na determinação de dois pontos de equilíbrio, ou seja dois pontos para os quais as duas variáveis X e P são estacionárias ($\dot{P} = 0$ e $\dot{X} = 0$). O estudo do diagrama de fase (fig. 8.1) mostra que o ponto B é estável e o ponto A instável.

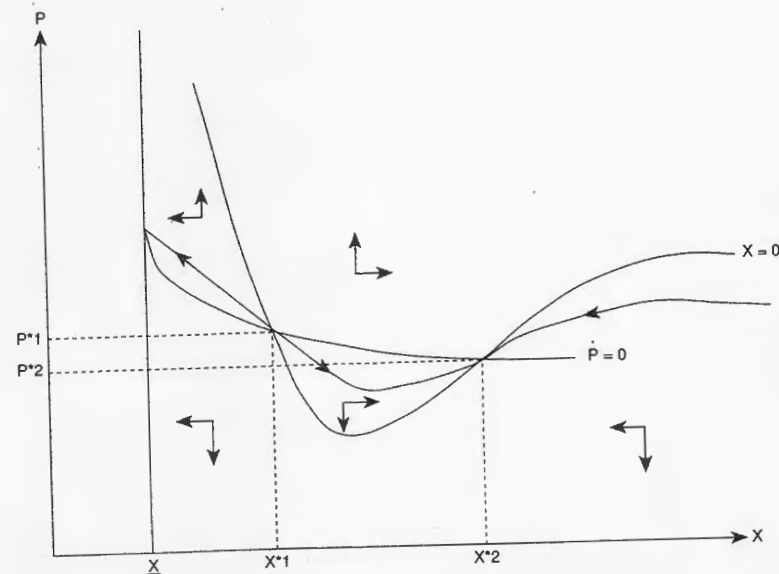


Figura 8.1 - Diagrama de fase do modelo de Barbier e Markandya (1990)

A configuração do sentido óptimo da economia leva às seguintes conclusões:

1) Se o valor inicial $X_0 > X^*$, a política óptima consiste em posicionar a economia sobre este sentido que conduz ao equilíbrio estável B. Neste ponto, o crescimento é sustentável, visto que $\dot{X} = 0$ e $X > \underline{X}$.

2) Se o valor inicial $X_0 = X^*$, o *optimum* consiste em permanecer neste valor X^* , para o qual o crescimento é sustentável.

3) Se o valor inicial $X_0 < X^*$, o *optimum* é um sentido que conduz a \underline{X} , logo à catástrofe ambiental. O crescimento óptimo não é sustentável.

Logo, X^* representa o nível mínimo inicial dos activos ambientais necessário para a obtenção de um sentido óptimo que seja igualmente sustentável. Se o nível inicial de qualidade do meio ambiente for fraco, o *optimum* é um crescimento não sustentável.

O valor da taxa de actualização desempenha um papel crucial a respeito de determinação das condições de sustentabilidade.

Existe uma relação particular no modelo, entre a taxa de degradação do meio ambiente S , o consumo C e o *stock* de activos ambientais X : $S > 0$ de C cresce e se $\dot{X} < 0$. É-se igualmente obrigado a admitir que o aumento da taxa de degradação S é mais forte quando o consumo C aumenta com um *stock* fraco de activos ambientais X do que com X elevado.

Isto implica que uma taxa de actualização r , menos elevada, vá tornar o equilíbrio estável com um *stock* inicial de activos ambientais mais elevado, e o equilíbrio instável A alcançável com um *stock* inicial de activos ambientais menos elevado (fig. 8.2).

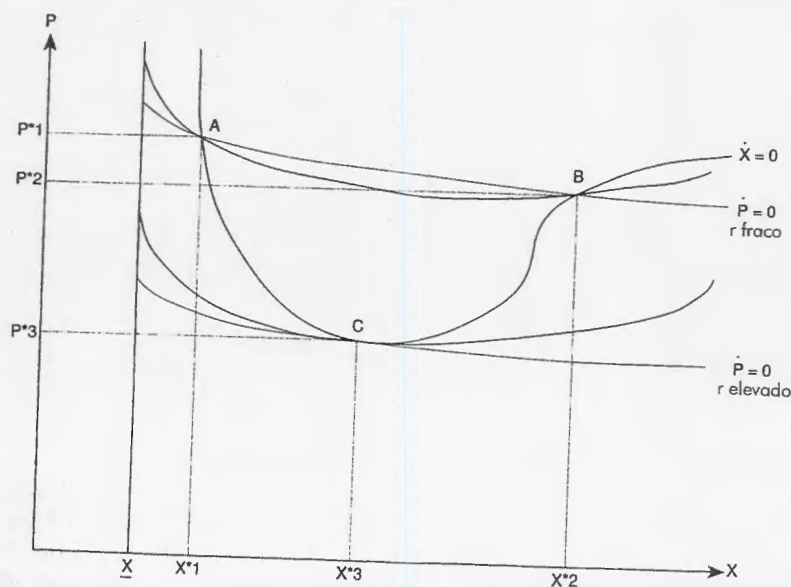


Figura 8.2 - Influência da taxa de actualização sobre a sustentabilidade

Com efeito, a elevação da taxa de actualização equivale a um abaixamento da curva $\dot{P} = 0$ e uma diminuição desta taxa equivale a uma elevação da curva $\dot{P} = 0$. Uma elevação suficiente da taxa de actualização r pode, aliás, conduzir à obtenção de um ponto de equilíbrio único C que só é estável para os valores iniciais de $X_0 \geq X^*$. Se $X_0 < X^*$, o *optimum* é representado pelo sentido não sustentável, e a economia encontra-se em \underline{X} ou para além deste.

Dado que $X^* > X^*$, uma economia com uma taxa de actualização elevada requer um nível inicial de qualidade do meio ambiente (*stock* inicial de activos ambientais) mais elevado, a fim de evitar um sentido de crescimento não sustentável.

Pode-se deduzir que o nível inicial de qualidade do meio ambiente X_0 e da taxa de actualização r são factores significativos da escolha óptima entre crescimento sustentável e crescimento não sustentável. Um desenvolvimento não sustentável pode, com efeito, ser óptimo em caso de uma fraca qualidade inicial do meio ambiente e de uma forte taxa de actualização.

No termo deste modelo, as conclusões essenciais que se pode formular são que, se existem equilíbrios múltiplos, a maximização da utilidade actualizada pode conduzir a uma catástrofe se o nível inicial de x for menos importante que o valor crítico (abaixo do limiar) e que, se a taxa de actualização mais elevada aumenta o valor crítico, então a catástrofe parece verosímil. Estas conclusões são similares às de Krautkraemer (1985, 1986, 1988) embora, na análise deste último, o efeito de uma alteração da taxa de actualização seja mais ambíguo e não haja limiar ambiental.

Nestas condições, pode dizer-se que normalmente os critérios tradicionais de eficiência (mercados concorrenciais, *internalização das externalidades*) deveriam impedir X de cair abaixo do nível crítico. Ora, se os desaires do mercado levaram X a cair abaixo do nível crítico, então a simples invocação do critério de eficiência não permitirá o alcance da sustentabilidade. É importante guardar na memória este ponto ao analisar os apelos à eficiência económica na utilização dos recursos naturais e do meio ambiente para os PVD (Toman, 1993).

Em suma, pode considerar-se que, mesmo se alguns resultados importantes (como a presença de equilíbrios múltiplos) são mais conjecturados que provados, uma das qualidades deste modelo é a de dar relevo ao problema da compatibilidade entre optimização económica e reprodutibilidade do sistema ecológico, sublinhando particularmente a diferença entre a eficiência e a sustentabilidade.

Todavia, parece-nos que existem determinados limites. Podem ser invocadas duas razões fundamentais: em primeiro lugar, a *dificuldade de tratar diferentemente os diversos activos do capital natural* (capital natural crítico/capital natural não crítico) num modelo tão agregado; em seguida, o *problema da medida das barreiras ecológicas em termos agregados*. Insistir-se-á agora sobre este segundo problema.

2.2. UMA OSCILAÇÃO EM TORNO DA SUSTENTABILIDADE FRACA

Na perspectiva do que foi anteriormente dito, a análise da Escola de Londres em matéria de desenvolvimento sustentável parece integrar simultaneamente as dimensões económica e ecológica. Contudo, ver-se-á que ela esbarra com dificuldades que lhe limitam o alcance e, sobretudo, que a levam a formular conclusões próximas das dos defensores da sustentabilidade fraca.

2.2.1. O PROBLEMA DA MEDIDA DO CAPITAL NATURAL

A Escola de Londres mostrou, é certo, o interesse da conservação de um *stock* mínimo de capital natural crítico, mas não dedicou toda a atenção necessária aos problemas da medida deste *stock* de capital. Pearce e a sua equipa consideram que a medida física do *stock* de activos naturais é problemático devido à dificuldade que existe em homogeneizar unidades de medida física heterogéneas. Efectivamente, é difícil associar quantidades físicas expressas em unidades diferentes⁹. Por exemplo, se um *stock* de madeira aumentar ao mesmo tempo que as reservas de petróleo diminuem, como é que se pode afirmar que o *stock* de activos naturais aumentou, diminuiu ou permaneceu o mesmo? De igual modo, se as emissões de CO₂ diminuem enquanto que as de SO₂ aumentam, como é que se pode afirmar que o estado do meio ambiente melhorou, se degradou ou permaneceu o mesmo? Este problema está muito próximo do da medida do capital em geral¹⁰.

Esta é a razão pela qual os membros da Escola de Londres recaem na avaliação monetária do *stock* de capital natural crítico a fim de agravar os diferentes activos ambientais, sublinhando sempre o carácter reducionista deste processo relativamente ao objectivo inicial de avaliação em termos físicos. A sua regra de sustentabilidade vai assim adquirir as seguintes formas:

- o consumo do *stock* de capital natural crítico não deve exceder certos limites;
- o valor económico total dos *stocks* de capital natural deve permanecer constante;

⁹ «Stocks físicos constantes colocam importantes problemas de unidade de medidas homogéneas» (Pearce, 1988, p. 605.) «não temos nenhum meio de agregar diferentes quantidades físicas». (Pearce e Turner, 1990, p. 53.)

¹⁰ «Os problemas postos pela pesquisa de uma medida satisfatória do capital global estão no centro deste assunto. Os pós-keynesianos só se preocuparam com o capital fabricado, mas os seus argumentos também são válidos para o capital natural. A Escola de Londres, que tanto insistiu na preservação do *stock* de capital natural, não se interessou por estas questões. Para mais, as dificuldades levantadas pela afinação de medidas teoricamente válidas e sólidas do *stock* de capital natural poderiam ser ainda mais importantes que aquelas que os pós-keynesianos reconheceram ao capital relativamente ao capital fabricado.» (Victor, 1991, p. 12.)

- o valor dos fluxos de rendimento provenientes do capital natural deve permanecer constante (sendo o fluxo de rendimento o produto do preço pela quantidade utilizada).

Está-se então muito próximo da regra oriunda dos modelos de tipo sustentabilidade fraca.

Nestas condições, existe uma certa circularidade na abordagem da Escola de Londres. Na verdade, esta insiste na necessidade de preservar o capital natural e formula barreiras de reprodução do meio ambiente. Assim, adopta o procedimento de Baumol e Oates, dissociando a fixação do objectivo ambiental determinado em termos físicos, por um lado, e meios para o atingir, por outro. A principal razão invocada é a impossibilidade de determinar os custos ambientais em termos monetários com a ajuda, por exemplo, da revelação das preferências, ou seja determinar uma das duas curvas dos custos necessários para a internalização dos efeitos externos. Entretanto, diante da dificuldade constituída pela avaliação das barreiras ambientais em termos físicos homogéneos, os autores da escola de Londres acabam por as exprimir monetariamente. Eles recorrem ao conceito de valor económico total explicitado na terceira parte (mesmo não aparecendo explicitamente no modelo enquanto tal). Esta abordagem não utiliza portanto senão critérios económicos para avaliar a norma ambiental e para determinar os meios mais eficazes de a atingir. Também aí, semelhante ambiguidade aproxima esta análise das análises da sustentabilidade fraca.

Para além disso, apesar dos autores da Escola de Londres pretendem demarcar-se das abordagens de sustentabilidade fraca, recorrem aos mesmos instrumentos analíticos que esta última, mesmo que o domínio das barreiras aplicadas aos critérios convencionais de optimidade* (maximização da utilidade futura actualizada) se encontra alargado. Eles integram com efeito barreiras de ordem quantitativa que não dependem da «natureza das coisas». Nestas condições, as soluções fornecidas pelos processos de optimização são *ótima* de segundo escalão¹¹. Todavia, a optimização subjacente ao seu modelo não está enquadrada nas barreiras ambientais convenientemente especificadas, visto que, confrontados com as dificuldades de determinação e de avaliação das normas ambientais representativas da sustentabilidade forte, estes autores preconizam o recurso a critérios puramente económicos.

É por isto que o quadro do modelo de desenvolvimento sustentável da Escola de Londres oscila, segundo nós, em torno de duas possibilidades:

- sejam as barreiras incidentes sobre o capital natural crítico e, logo, as regras de sustentabilidade, determinadas unicamente em termos fisi-

¹¹ Pode notar-se a similitude com os modelos de desequilíbrio, nos quais a barreira das extracções percebida por um agente desempenha um papel análogo ao das barreiras introduzidas pela Escola de Londres. As soluções oriundas desses modelos são igualmente *ótima* de segundo escalão.

* *optimalité* no original. (N.E.)

cos, e temos de nos haver com *uma abordagem que tende para uma verdadeira sustentabilidade forte, como se verá mais pormenorizadamente na secção seguinte;*

– sejam elas exclusivamente determinadas em termos económicos, e situamo-nos numa perspectiva próxima de uma sustentabilidade fraca (perspectiva retida pelos autores da Escola de Londres).

2.2.2. UMA AUSÊNCIA DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

Tal ambivalência explica porque é que os autores desta corrente malogram na sua proposta de indicadores de sustentabilidade forte.

Logicamente, as normas mínimas de utilização dos recursos naturais próprias da regra de sustentabilidade proposta por esta escola inserem-se, à primeira vista, numa perspectiva normativa da sustentabilidade. Por outro lado, Pearce, Barbier e Markandya (1990) apreendem esta última como «um vector de objectivos sociais desejáveis, quer dizer uma lista de atributos que a sociedade procura atingir ou maximizar».

Tal concepção deixa então entrever a possibilidade de estabelecer, por fim, a diferença entre

– «indicadores ambientais» que, de um modo ou de outro, medem ou descrevem o estado do meio ambiente; e

– «indicadores de sustentabilidade» que descrevem o desvio do estado do meio ambiente em relação a um estado de referência.

Por outras palavras, estes últimos medem a distância entre o uso actual do capital natural (apreendido por intermédio de indicadores ambientais) e os limiares a não transpor, representando os valores de referência¹² fixados *ex ante*.

Ora, a lado do problema da agregação do capital natural em termos físicos e, logo, do seu limite mínimo de utilização de que se tem vindo a falar, esta corrente depara também com o problema da determinação dos valores de referência (os limites mínimos de utilização) que, mesmo sendo fundamentados cientificamente, são inevitavelmente o produto de negociações políticas e reflectem a partir daí uma preferência social por uma dada qualidade ambiental.

Não se encontrando resolvida nenhuma das dificuldades, os adeptos da Escola de Londres não fizeram, até hoje, nenhuma proposta de indicadores de «sustentabilidade forte».

São propostos dois instrumentos, certamente úteis devido à sua capacidade de fornecer informações preciosas em matéria ambiental: a contabilidade dos recursos naturais, mais conhecida em França sob o termo de contabilidade patrimonial (para mais pormenores, ver Comolet, 1992), e os

¹² Os valores de referência podem ser determinados pelo estado actual do meio ambiente, um estado passado do meio ambiente, um estado futuro desejável ou critérios para um uso sustentável do meio ambiente..

indicadores ambientais. Portanto, não se pode considerar, falando com propriedade, que o primeiro forneça indicadores de sustentabilidade. Trata-se de instrumentos capazes de ajudar à decisão e à planificação visto que «descrevem os efeitos ambientais das mudanças de política e as tendências gerais em economia». O mesmo se passa com os indicadores ambientais, que não medem a sustentabilidade enquanto tal, mas sublinham determinadas tendências susceptíveis de conduzir à não sustentabilidade.

Estes problemas ligados ao capital natural crítico, são portanto provisoriamente deixados de fora pelos nossos autores, os quais se focam sobre a parte não crítica do capital natural, ou seja aquela que pode eventualmente ser substituída por capital técnico. Por outras palavras, eles apenas tratam da parte do capital natural para a qual a regra de sustentabilidade fraca é aceitável e justificam este interesse pelo facto do respeito pela sustentabilidade fraca ser uma primeira condição para o desenvolvimento sustentável (Pearce e Atkinson, 1993).

Isso conduz então os adeptos da Escola de Londres a propor finalmente como único indicador da sustentabilidade o «rendimento nacional sustentável», recorrendo à *depreciação do capital natural* tal como este foi definido no capítulo anterior.

Para além do facto de não se tratar de um indicador de sustentabilidade, pelas razões anteriormente expostas, tal perspectiva não resulta em nenhum caso da sustentabilidade forte.

2.2.3. UMA PISTA POSSÍVEL: O MÉTODO DE HUETING

Paradoxalmente, a modificação do PNB proposta por Hueting (Hueting, 1991; Hueting, Bosch e de Boer, 1992) é a que melhor se insere no objectivo de sustentabilidade forte, tal como este foi formulado pela Escola de Londres¹³.

Com efeito, a metodologia de Hueting, que inspirou O Departamento Central de Estatísticas Holandês, insere-se, já não no quadro da teoria do capital, mas numa visão normativa da sustentabilidade forte, no sentido em que esta faz intervir normas de sustentabilidade a atingir ou, por outras palavras, as «normas mínimas de salvaguarda» de que se falou anteriormente.

Nesta perspectiva, os bens e serviços ambientais já não são compreendidos enquanto capital natural, mas sob a forma de uma colecção de utilizações possíveis chamadas «funções ambientais». Se a utilização de uma função se faz em detrimento de uma outra função, Hueting fala de «concorrência entre funções ambientais». É esse o caso quando utilizações produtivas do meio ambiente ocultam a utilização deste para fins recreativos. Desta concorrência resultam perdas de funções ambientais. Dever-se-ia portanto dispor de preços fictícios para avaliar estas perdas a

¹³ Pode falar-se aqui de paradoxo, na medida em que Hueting e Pearce manifestam frequentemente profundos desacordos.

fim de as tornar comparáveis ao produto interno bruto expresso em termos de preço de mercado.

Este objectivo inicial necessita da estimativa dos custos de oportunidade associados à degradação ou, alternativamente, à protecção ou à restauração das funções ambientais. Isto implica identificar os custos e benefícios marginais. Rigorosamente, deveria ser adoptada uma perspectiva de equilíbrio geral comparativo, mas, perante as dificuldades conceptuais, de estimativa e de cálculo, Hueting aborda esta questão no quadro do equilíbrio parcial, o que o leva a considerar o problema da construção das curvas de oferta e de procura para os usos possíveis do meio ambiente. A curva de oferta é obtida a partir da estimativa dos custos das medidas exigidas para a preservação e a restauração das funções ambientais. Por outras palavras, ela reflecte a parte dos custos anuais suportados por uma economia para preservar um certo número de funções ambientais. A construção de uma curva completa de procura baseada apenas nas preferências individuais reveladas através dos métodos de consentimento em pagar manifesta ser uma tarefa impossível, segundo este autor, especialmente em virtude do problema do peso a atribuir às gerações futuras e dos limites próprios destes métodos face a problemas irreversíveis, indeterminados e complexos.

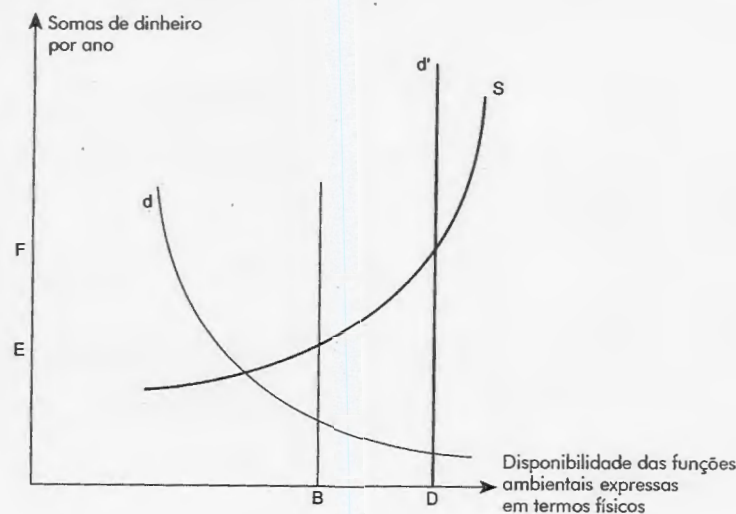


Figura 8.3 – Conversão dos custos físicos em custos monetários

A solução proposta consiste então em substituir a curva de procura por uma curva perpendicular ao eixo das abcissas (inelástica em relação ao preço) (fig. 8.3). Esta baseia-se numa norma que exprime a preferência social por um uso sustentável do meio ambiente a respeito das proprie-

dades dos ecossistemas, tais como a capacidade de assimilação e a regeneração (funções não substituíveis). Na figura 8.3, S representa a curva de oferta; d, a curva incompleta de procura; d', a curva de procura baseada numa norma de sustentabilidade; e a quantidade D em que a curva corta o eixo horizontal representa o nível sustentável de uso ambiental. Se admitirmos que B é a disponibilidade das funções ambientais para o ano estudado, então BD é a distância em termos físicos que deve ser percorrida para chegar a um uso sustentável das funções ambientais.

Os pontos E e F indicam os custos marginais de preservação/restauração aos níveis actuais (B) e sustentáveis (D) do uso ambiental, e BEFD representa o «custo de alcance da sustentabilidade» para estas funções ambientais.

O processo é o seguinte:

- Define-se as normas físicas (representadas pelo ponto D) para as funções ambientais baseadas no seu uso sustentável;
- Para satisfazer estas normas, ou seja, para passar de B a D, Hueting preconiza os quatro tipos de medidas seguintes:
 - medidas de ordem técnica;
 - medidas iniciativas para o desenvolvimento de recursos alternativos aos recursos não renováveis;
 - medidas que suscitem a substituição das actividades nocivas por actividades sem perigo para o meio ambiente;
 - medidas redutoras do volume da actividade real.

– Calcula-se os montantes monetários requeridos para o estabelecimento de tais medidas. Actuando assim, as perdas avaliadas em termos físicos do ano em curso são exprimidas em termos monetários. Para cada função monetária que necessite de uma restauração/protecção, a avaliação corresponde ao custo mínimo a suportar a fim de passar da situação actual para um uso sustentável do meio ambiente, ou ainda para passar de A para D. De facto, isto constitui uma estimativa do custo de oportunidade em termos de consumo (produção económica avaliada aos preços actuais), consumo este ao qual se deveria renunciar para atingir as normas ambientais especificadas.

Hueting passa à etapa seguinte propondo que o conjunto destes custos sejam deduzidos do produto nacional líquido convencional (Y) e considera que este processo permite obter uma estimativa do rendimento nacional sustentável (Y*):

$$Y^* = Y - \text{custos de alcance das normas de sustentabilidade.}$$

De facto, trata-se preferencialmente, mais uma vez, de um indicador de rendimento nacional corrigido ambientalmente que tinha sido explicitado no capítulo precedente¹⁴.

14 Tome-se como exemplo o caso da acidificação. Com vista ao objectivo de um uso sustentável das funções ambientais, é necessário limitar os depósitos de substâncias ácidas a fim de não ultrapassar a capacidade de assimilação da água e do solo. Devem ser formulados limiares críticos e ser transformados em normas de emissão de substâncias ácidas. Por fim, o custo implicado para atingir estas normas deve ser calculado, constituindo e este título a correcção ambiental do rendimento nacional.

Esta proposta de rendimento nacional corrigido ambientalmente satisfaz bem as exigências da regra de sustentabilidade forte aplicada ao capital natural crítico. Ela tem em conta, com efeito, os limiares críticos de utilização das funções ambientais correspondentes a um uso sustentável do meio ambiente, definido como a preservação das funções ambientais para as gerações futuras. Trata-se de uma boa estimativa dos custos de alcance da sustentabilidade, e não, como pensa o próprio Hueting, uma estimativa do rendimento nacional sustentável.

Todavia esta abordagem parece ser adequada para apreender a parte crítica do capital natural, quer dizer, para o capital natural que tem uma *substituibilidade* limitada.

Tal proposta deixa em aberto a questão da medida física das normas ambientais, ligada ao problema da agregação dos dados físicos, e a da determinação destas normas, questões que abordaremos agora mais pormenorizadamente.

3. UMA INTERPRETAÇÃO ECONÓMICO-ECOLÓGICA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Ruth (1994) propõe-se integrar os conceitos centrais da economia, da ecologia e da termodinâmica a fim de «desenvolver uma extensão dos modelos económicos que possa justificar explicitamente um certo número de interacções economia/meio ambiente que têm lugar sob forma de troca de matéria e de energia entre os dois sistemas (económicos e ecológicos)» (*ibid.*, p. 201).

Segundo este autor, «é de interesse vital para as gerações presentes e futuras conhecer os limites impostos aos processos económicos pelo ecossistema no qual está incluído o sistema económico» (p. 3). Ruth vai então identificar os conceitos centrais nas três disciplinas da economia, da termodinâmica e da ecologia e, seguidamente, integrá-los nas suas modelações:

Os conceitos centrais da economia são:

- os custos de oportunidade;
- a substituição;
- as preferências temporais.

Os conceitos centrais da termodinâmica são:

- a definição do sistema e dos seus limites;
- a avaliação dos fluxos de matéria e de energia através dos seus limites, por meio das leis termodinâmicas;
- a distinção de sistemas detentores de diferentes níveis de ordem.

Os conceitos centrais da ecologia são:

- os ciclos de matéria;
- os fluxos de energia;
- a complexidade das interacções sistemas/meio ambiente, que se exprimem nos processos de *feedback* entre os componentes dos ecossistemas.

Deste ponto de vista, os conceitos da termodinâmica podem ser utilizados para analisar a quantidade e a qualidade dos fluxos de matéria e de energia, os conceitos económicos, para determinar as concessões de recursos economicamente óptimos, enquanto que os conceitos ecológicos podem ser aplicados para representar os processos económicos nas suas interacções com o meio ambiente.

O conjunto destas considerações é partilhado pela corrente da economia ecológica, assente no paradigma do vivo e da termodinâmica não linear, tal como foi definido no decurso do primeiro capítulo da primeira parte.

Nesta última secção, optámos por dar destaque ao papel dos instrumentos provenientes da termodinâmica, dos quais a análise energética, enquanto apoio à decisão em matéria de desenvolvimento sustentável, e por não tratar do estabelecimento de relações de tipo análogo entre a economia e a termodinâmica não linear, tais como elas aparecem nas modelações económico-ecológicas¹⁵.

Nestas condições, a análise energética, da qual já se falou durante a primeira secção deste capítulo, encontra toda a sua pertinência. Em particular, resolve em parte o problema da agregação das medidas físicas com que o qual deparou a Escola de Londres a propósito das três barreiras ecológicas relativas aos recursos esgotáveis, renováveis e à capacidade de carga do meio ambiente. Permite assim determinar os indicadores de sustentabilidade forte. No entanto, a fim de evitar o inconveniente da interpretação conservacionista, que privilegia apenas a dimensão ecológica da sustentabilidade, é indispensável articular estes indicadores com os que provêm da regra de sustentabilidade fraca, a qual, por seu turno, privilegia unicamente a dimensão económica da sustentabilidade. Seguidamente, há que integrar estes indicadores num processo dinâmico de decisão, a fim de testar uma trajectória possível de sustentabilidade ao nível nacional. Isto constitui o objecto do primeiro ponto. Numa segunda fase, será explicado como um processo de apoio à decisão multicritério, associado à árvore de sustentabilidade, fornece um instrumento para o gestor na realização de políticas de desenvolvimento sustentável.

3.1. UMA ARTICULAÇÃO DOS INDICADORES ENERGÉTICOS E DA TEORIA DO CAPITAL: A «ÁRVORE DE SUSTENTABILIDADE DINÂMICA»

Qualquer escolha política a respeito do desenvolvimento sustentável é confrontada com a incerteza, a irreversibilidade e a complexidade, ou ainda com a multidimensionalidade dos critérios de ordem ecológica, económica e

15 Poderemos reportar-nos, a fim de aprofundar estas questões, a O'Connor, 1991; Schembri, 1994; van den Hove, 1994a e 1994b; Ruth 1994.

social¹⁶. A interacção entre estes elementos constitui uma mistura explosiva para a tomada de decisão. Isto pressupõe um paradigma da racionalidade económica mais vasto que o da economia ortodoxa, chamado racionalidade processual (para mais pormenores, ver Faucheux e Froger, 1994b; Froger e Zyla, 1994a e b; Faucheux, Froger, Noël, 1993). As principais características da racionalidade processual são ilustradas aqui num contexto de tomada de decisão para um desenvolvimento sustentável.

Um processo adequado é descrito nos seguintes termos (este procedimento é inerente à construção da árvore de sustentabilidade):

a) aplicação de uma racionalidade processual pode implicar a substituição de um objectivo global não mensurável por objectivos intermédios, ou até subobjectivos intermédios, cujo o alcance pode ser observado e medido. O princípio «simoniano», denominado princípio dos fins intermédios ou *subgoals*, está particularmente adaptado às situações em que os dados do problema de optimização não estão inteiramente definidos. Este consiste em determinar os fins para os quais se buscará, alternadamente, os meios mais apropriados para os realizar; uma vez caracterizados estes meios, considerá-los-emos, por seu turno, como fins intermédios (*subgoals*) aos quais se tratará de destinar meios de realização, e assim sucessivamente... Num esquema de racionalidade processual, pode-se, a partir do objectivo global constituído pela sustentabilidade do desenvolvimento e que se revela não directamente mensurável, determinar os objectivos intermédios de sustentabilidade. Estes últimos podem ser identificados com os «três filtros» de Daly (1987) e, logo, ser ecológicos (ou, mais exactamente, biofísicos), sociais e económicos. Cada um destes objectivos intermédios pode, ele próprio, ser fragmentado em vários subobjectivos intermédios que tomam a forma de normas a respeitar. O processo de dissociação não para no momento em que cada subobjectivo intermédio é mensurável de modo homogéneo.

Deste modo, uma primeira etapa consiste em determinar múltiplos «subobjectivos intermédios», que são irredutíveis e que devem ser considerados de maneira simultânea.

b) Simon atribui uma grande importância ao método, o qual define «escolhas satisfatórias» em lugar de «escolhas óptimas».

No quadro da racionalidade processual, o gestor não retém a solução óptima, mas escolhe a solução que lhe parecerá a mais satisfatória a respeito de diferentes imperativos, quer eles sejam ecológicos, económicos, sociais, ou outros. O recurso a este princípio, denominado *satisficing*,

16 Simon louva o recurso à racionalidade processual para as decisões possuidoras e tais características. De facto, ele escreve que «são os domínios onde uma teoria da racionalidade processual é útil «são os domínios que são demasiado complexos ou demasiado sujeitos à incerteza ou que evoluem demasiado rapidamente para permitir descobrir objectivamente qual a acção óptima a empreender» (Simon, 1978, pp. 504). É particularmente interessante para nosso propósito notar que, entre os exemplos dados por Simon se encontram problemas ambientais tais como as chuvas ácidas ou a alteração climática (Simon, 1991, p. 267).

mostra que a exigência de sustentabilidade não se tem de inserir num procedimento de optimização, devendo antes corresponder a uma norma mínima de satisfação. Acrescente-se que o princípio de satisfação é uma sequência, devendo especificar os seguintes mecanismos:

– O mecanismo de comparação e transacções e o nível desejado que assegure uma classificação sequencial entre acções satisfatórias e acções não satisfatórias;

– O mecanismo de endogeneização (nível desejado que se ajuste por si próprio quando o mecanismo de comparação precedente não gera de imediato a solução satisfatória).

Deste modo, uma segunda etapa tenta definir uma sequência linear na qual, em cada etapa, o interesse seria identificar uma acção «satisfatória» antes de considerar a etapa seguinte na sequência. Os processos sequenciais de decisão estão apropriados para as questões de sustentabilidade e tratam de uma maneira estruturada as diferentes dimensões da situação inerente à tomada de decisão (para mais pormenores, ver igualmente Froger e Munda, 1994).

Apresentar-se-á aqui um instrumento de tomada de decisão baseado nesse princípio, a fim de testar as trajectórias de sustentabilidade de uma nação. Restringimos a nossa análise aos subobjectivos económicos e ecológicos, que serão eles próprios divididos em subobjectivos intermédios. As técnicas de avaliação energética são utilizadas para os medir. Numa primeira fase, os indicadores energéticos são considerados simultaneamente. Com uma perspectiva dinâmica do desenvolvimento sustentável é necessário introduzir as compensações oferecidas pelos balanços externos, o progresso técnico e as possibilidades de substituição entre o capital natural e o capital manufacturado. Estes elementos são introduzidos numa árvore de sustentabilidade, obtendo-se assim um processo de tomada de decisão sequencial e iterativo, articulando os indicadores energéticos e os indicadores oriundos da teoria do capital.

3.1.1 ALGUNS INDICADORES ENERGÉTICOS

O problema das unidades físicas heterogéneas pode ser parcialmente resolvido graças aos métodos de avaliação energética. Estes métodos permitem, seguidamente, a avaliação de um certo número de subobjectivos ambientais intermédios (em termos físicos), através de normas e de indicadores (ver, Faucheux; Froger, Munda, 1994, 1995). Eles permitem a realização parcial de dois dos subobjectivos do desenvolvimento sustentável, a saber a sustentabilidade económica e ecológica.

– *Excedente energético: subobjectivo intermédio de reprodução dos recursos naturais.*

A técnica de avaliação energética consiste em normalizar o conjunto dos recursos naturais através da sua «transformidade solar» e em medir a

contribuição em recursos do meio ambiente através da totalidade da interface economia/meio ambiente.

Podem distinguir-se dois tipos de indicadores: o primeiro é relativo a uma economia «fechada» e o segundo a uma economia aberta.

O excedente eMergético nacional (*National EMergy Surplus*) – NES – para um dado período de tempo, é definido como a diferença entre a quantidade eMergética produzida com recursos naturais no interior de um país e a quantidade eMergética consumida por este último. Assim, tem-se $NES = P - C$, com P representando a produção de eMergia e C representando o consumo de eMergia.

O excedente eMergético disponível (*Available EMergy Surplus*) – AES – é definido como a diferença entre a quantidade eMergética disponível e a quantidade eMergética consumida por uma economia aberta. Assim, tem-se $AES = (P + I) - (C + E)$, com P representando a produção de eMergia, I as importações de eMergia de um ou de vários países para a economia nacional, C representando o consumo de eMergia e E as exportações de eMergia da economia nacional para os outros países¹⁷.

Podem notar-se, neste caso, que o excedente eMergético nacional (NES) fornece uma norma ambiental a não ultrapassar em relação ao consumo de recursos naturais. Viu-se que, graças à técnica de avaliação eMergética e, mais exactamente, e à transformabilidade solar dos recursos naturais, é possível determinar o tempo necessário à reconstituição de cada um deles. Um desenvolvimento ecologicamente sustentável necessita que $NES \geq 0$. Para satisfazer essa condição, as taxas do levantamento de todos os recursos naturais não devem jamais ser superiores à taxa de renovação destes últimos (ou seja, o seu tempo de reconstituição). Por outras palavras, o consumo de recursos renováveis não deveria exceder a sua taxa de renovação, e a taxa de extracção dos recursos esgotáveis deveria permitir a substituição destes recursos por recursos renováveis. Assim, NES mede portanto a margem disponível para um potencial na extracção dos recursos e permite a medida coerente em termos físicos de sustentabilidade forte, analisada na secção anterior. Se NES é < 0 , isso significa que o consumo de recursos naturais é maior do que a taxa de renovação destes últimos e que a economia já não é sustentável de um ponto de vista ecológico.

Há algumas compensações possíveis se se considerar uma economia nacional num contexto de economia aberta. De facto, NES refere-se a um determinado período de tempo, podendo ser negativo em $t=0$, mas se a

17 Para ser mais rigoroso no que respeita à análise eMergética e para beneficiar de todos os ensinamentos desta última, há que integrar neste indicador o conteúdo eMergético de todos os bens e serviços importados e exportados. Através das importações, poder-se-ia mostrar que um país pode obter bens e serviços produzidos com a eMergia proveniente de um outro país. Porém, isto necessita de muitos de dados que ainda não se encontram disponíveis.

economia nacional multiplicar as suas importações de recursos naturais, a eMergia disponível (P+I) pode aumentar e ultrapassar o consumo de eMergia (C+E) em $t=1$. Assim, $AES \geq 0$ é um critério «mais fraco» de sustentabilidade ecológica, visto que o desenvolvimento de uma economia se efectua em dependência das outras (se um país exporta recursos naturais para a economia nacional, ele pode ter $NES \geq 0$ e $AES \leq 0$, de modo que se torna invariável). Este ponto será desenvolvido mais detalhadamente.

– *Geração de entropia mínima: subobjectivo intermédio de minimização da poluição*

Dadas as condições do conhecimento actual, é impossível medir a capacidade de absorção da biosfera. Esta é a razão pela qual preconizamos preferencialmente o recurso a um outro tipo de informação, quer dizer a geração mínima de entropia do sistema produtivo, nas melhores condições técnicas existentes (Nm).

Nestas condições, propomos definir o grau de entropia como a diferença entre a entropia efectiva (Ne) descarregada no meio ambiente natural e o mínimo gerado de entropia tecnicamente disponível (Nm).

O sistema de interface economia/meio ambiente considerado será tanto menos sustentável quanto elevada fora a diferença entre Ne e Nm ($Ne - Nm - +\infty$). A minimização desta diferença ($Ne - Nm \rightarrow 0$) pode portanto constituir o subobjectivo intermédio de minimização da poluição.

– *Excedente exergético: subobjectivo intermédio de rendimento energético do sistema económico*

O excedente exergético nacional é um indicador da eficácia energética de um sistema económico.

O processo de avaliação exergética mede a energia em função da sua capacidade para gerar um trabalho mecânico, o que constitui a medida mais interessante da qualidade energética, de um ponto de vista económico. Tal avaliação pode ser utilizada para quantificar o que é qualitativamente apreendido como a deterioração energética, ou seja a degradação termodinâmica de um dado sistema. O objectivo de sustentabilidade implica que o sistema económico possa conhecer uma «reprodução alargada». O prosseguimento do desenvolvimento económico numa base alargada impõe, do ponto de vista energético, que um excedente exergético seja permanentemente libertado.

Podem-se distinguir dois tipos de indicadores: o primeiro refere-se a uma economia fechada (sem trocas externas) e o segundo é relativo a uma economia aberta.

Podem ser definidos um excedente exergético nacional (*National Exergy Surplus*) – NRS – num dado período de tempo, como a diferença entre o valor exergético (conteúdo livre) dos inputs disponíveis para a produção e a quantidade de exergia dissipada num processo de consumo ou de produção (ou do sistema económico nacional, no seu conjunto).

O excedente exergético disponível (*Available Exergy Surplus*) – ARS – É definido como a diferença entre o valor exergético dos *inputs* disponíveis para a produção (os *stocks* no interior da economia, os *stocks* importados e o fluxo de energia livre no interior da economia) e a quantidade de exergia dissipada no processo económico (produção, consumo ou exportações) 18.

O indicador NRS permite ver se um desenvolvimento económico pode ou não continuar numa base alargada. Se NRS é < 0 , isso significa que, no país, não existe uma energia mecânica suficiente para permitir uma reprodução económica. Existe um subdesenvolvimento económico, e este pode andar a par com $NES > 0$. Neste caso, o desenvolvimento é sustentável no que respeita aos recursos naturais, mas não o é de um ponto de vista económico. Se $NRS = 0$ tudo depende do estado inicial da economia em questão. Se esta já atingiu um alto grau de maturidade e se $NES > 0$, $NRS = 0$ indica uma situação estacionária onde só uma reprodução simples sem acumulação (crescimento) parece possível. Se $NRS > 0$, o sistema económico produz um excedente que pode ser utilizado para empreender uma «reprodução alargada» (supondo que $NES > 0$ e que $(Ne - Nm)$ está próximo de 0) de tal modo que o desenvolvimento é sustentável.

Existem algumas compensações possíveis, se se considerar a economia nacional num contexto da economia aberta. De facto, pode existir um excedente (NRS), porém, se este último for exportado, ele beneficia outros países que o podem utilizar a fim de se diversificar e crescer, ou seja para se desenvolver, de tal modo que um país pode ter um $NRS > 0$ com um $ARS \leq 0$ e o desenvolvimento sustentável deixa, a partir daí, de ser possível. Pelo contrário, uma nação pode assegurar a sustentabilidade do seu desenvolvimento em detrimento de uma outra nação, quer dizer, um país pode ter um excedente negativo $NRS < 0$ e um excedente positivo $ARS > 0$ graças às importações de energia. Este ponto será posteriormente desenvolvido.

Na proposta de subobjectivos intermédios definidos pelos processos de avaliação energéticos, reduziu-se o *interface* entre a economia e o meio ambiente a um duplo movimento: o da extracção dos recursos naturais e o do lançamento de poluições na biosfera. Se é certo que o essencial das relações entre a economia e meio ambiente passa por estas duas dimensões, não há que esquecer que existem outras dimensões da sustentabilidade ecológica, tais como o espaço e a biodiversidade. Estas últimas, recorde-se, não podem ser medidas em termos físicos por intermédio dos processos de avaliação energética. Para esses aspectos da sustentabilidade ecológica, coloca-se com acutilância um problema de ausência de medidas físicas homogêneas que impede a agregação ao nível macroeconómico. Isso

18 Pode aqui fazer-se a mesma observação que na nota precedente. Quanto mais dados estiverem disponíveis, mais rigoroso será integrar neste indicador o conteúdo exergético de todos os bens e serviços importados e exportados.

significa que os subobjectivos intermédios que propusemos apenas constituem condições necessárias mas não suficientes da sustentabilidade ecológica.

Numa perspectiva estática, a apreciação do carácter sustentável, do ponto de vista ecológico, de um sistema de *interface* economia/meio ambiente decorre directamente do emprego simultâneo dos diferentes subobjectivos intermédios que se acaba de propor, ou seja, NES , $(N - Nm)$ e NRS . Uma nação, num trocas exteriores, pode considerar um desenvolvimento sustentável se:

- Ela liberta um excedente exergético ($NES \geq 0$);
- A quantidade de entropia que ela descarrega no meio ambiente tende para a quantidade mínima $(Ne - Nm) \rightarrow 0$;
- Ela liberta um excedente exergético ($NRS \geq 0$).

Se $NES < 0$ e/ou $(Ne - Nm) \rightarrow +\infty$ e/ou $NRS < 0$, uma economia não tem nenhum meio de reencontrar o sentido de sustentabilidade potencial. É utilizada uma lógica booleana, quer dizer que só é tomado em consideração o facto de saber se uma norma é ou não atingida. Se um país não se encontra em situação de sustentabilidade, atribui-se-lhe o valor 1. Porém, nenhum valor entre 0 e 1 é encarável neste estágio, nada é dito acerca das aptidões de uma nação para reencontrar o sentido de sustentabilidade, mesmo se os indicadores anteriores mostram o seu mau desempenho.

3.1.2. A ÁRVORE DE SUSTENTABILIDADE DINÂMICA

Como foi anteriormente visto, as técnicas de avaliação energéticas permitem a determinação de indicadores de sustentabilidade e a fixação de normas ecológicas nas quais o gestor se pode basear. Agora, inserimo-nos numa perspectiva dinâmica e iterativa para examinar todas as possibilidades que um país tem de reencontrar um sentido de sustentabilidade potencial. Estes elementos dão um sentido ao conceito de processo de decisão. Com efeito, o gestor pode testar diferentes políticas de desenvolvimento sustentável visto serem agora possíveis diversos sentidos de desenvolvimento sustentável, graças à introdução de possibilidades de compensação oferecidas pelos balanços externos, o progresso técnico e, parcialmente, pelas elasticidades de substituição.

- A fim de apreciar a sustentabilidade ecológica no quadro de uma economia aberta, convém integrar na definição dos subobjectivos intermédios anteriores os balanços exteriores, calculados tanto em termos de exergia como de eMergia.

Pode definir-se:

- (EMEB) (*Emergy External Balance*) como a diferença entre as exportações e as importações de capital natural expressas em termos eMergéticos;
- (EXEB) (*Exergy External Balance*) como a diferença entre as exportações e as importações de capital natural expressa em termos exergéticos.

Um país pode satisfazer as suas necessidades em eMergia e em

exergia e obter um excedente eMergético ($AES > 0$), assim como um excedente exergético (ARS) graças ao comércio internacional, eventualmente a expensas de outro país. Para este último, o valor dos dois indicadores (AES) e (ARS) decrescerá correlativamente e pode tornar-se negativo.

A realização da sustentabilidade ecológica de um sistema de interface economia/meio ambiente deriva directamente do uso simultâneo dos diversos sub-objectivos ($NES \geq 0$; $(N_e - N_m) \rightarrow 0$; $NRS \geq 0$). Para além disso, uma nação com uma economia aberta pode experimentar um desenvolvimento sustentável se os balanços externos, simultaneamente em termos eMergético e exergético forem inferiores aos respectivos excedentes (NES) e (NRS) ($EMEB \leq NES$ e $EXEB \leq NRS$). Esta é a maneira mais directa, para uma nação, ser sustentável.

Sem embargo, são possíveis algumas compensações (provenientes das trocas externas). Estas implicam que uma nação pode reencontrar uma trajectória possível de sustentabilidade mesmo que, numa primeira fase, as condições de sustentabilidade não estejam preenchidas.

Se $NES < 0$ (ou $P < C$), isso significa que o país considerado pode importar a eMergia ($EMEB < 0$) (ou $I > E$) graças às importações de recursos naturais, com o fim de obter um excedente eMergético ($AES > 0$) (ou $P + I \geq C + E$) e continuar o seu «sentido de desenvolvimento sustentável». Porém, se $EMEB = 0$ (ou $I = E$), não existe qualquer compensação através das importações, NES e AES ($P + I < C + E$) são sempre inferiores a 0 e o país, chegando a um limiar de finitude, entra na insustentabilidade.

Agora, se $NES > 0$, podem distinguir-se três casos. No primeiro, se $EMEB \leq 0$, quer dizer, se um país importa eMergia, então ele pode prosseguir uma trajectória sustentável ($AES > 0$). No segundo caso, se $EMEB \geq 0$ (ou $E - I \geq 0$), quer dizer que o país exporta eMergia, e se $EMEB < NES$ (ou $E - I < P - C$), então ele pode prosseguir uma trajectória de sustentabilidade já que AES é sempre > 0 . No terceiro caso, se $EMEB \geq 0$ (ou $E - I \geq 0$) e $EMEB \geq NES$ (ou $E - I \geq P - C$) o país reduz a sua eMergia disponível, de tal modo que AES se torna negativo (ou $E + C \geq P + I$) e a insustentabilidade é atingida¹⁹.

Se $(N_e - N_m)$ é 0 ou próximo de zero, a sustentabilidade pode ser atingida. Se esta diferença for positiva e importante, isso significa que a entropia actual vertida no meio ambiente natural é maior que a entropia mínima obtida com a melhor tecnologia. Neste caso, o país atinge um sentido óptimo de sustentabilidade e nenhuma compensação se perspectiva a curto prazo através dos balanços externos.

19 Se um país exporta mais que o seu excedente, isso significa que este país, de uma maneira ou de outra, deve importar eMergia em detrimento de outro país. De facto, isto cria um círculo vicioso de insustentabilidade ecológica. Este país encontra-se cada vez mais longe de um sentido de sustentabilidade.

O raciocínio respeitante a (NRS) é quase similar ao de (NES). Assim, são possíveis compensações de exergia por meio do expediente dos balanços externos²⁰.

No decurso da primeira secção do capítulo 7, viu-se a importância da hipótese relativa ao progresso técnico e ao valor das elasticidades de substituição entre capital natural e manufacturado, a fim de estudar as condições de sustentabilidade. Ver-se-á aqui que estes dois indicadores económicos oferecem a um país novas possibilidades de alcançar uma trajectória sustentável, mesmo que, numa primeira fase, os indicadores energéticos anteriores derem resultados «insatisfatórios». Esse raciocínio só é possível numa perspectiva dinâmica: os melhoramentos tecnológicos e as possibilidades de substituição para compensar um excedente eMergético negativo, um mau indicador de entropia e um excedente exergético negativo implicam que se tome em conta a dimensão temporal no processo de decisão. De facto, as compensações entre as trajectórias insustentáveis e sustentáveis não são imediatas e implicam um processo sequencial, o qual foi representado na árvore de sustentabilidade (fig. 8.4).

— O progresso técnico pode, não só contrariar as penúrias de recursos naturais, mas igualmente reduzir o consumo destes, graças a uma melhoria dos rendimentos. Pode portanto fazer variar os resultados oferecidos por NES e AES (por exemplo, se $NES < 0$, o progresso técnico pode ser suficiente para reduzir o consumo de recursos naturais e tornar $NES \geq 0$). Do mesmo modo, o progresso técnico permite lutar contra a poluição. Assim, a geração de entropia efectiva pode ser reduzida pelo progresso técnico e tender para o mínimo de entropia. Infelizmente, não existe actualmente nenhuma medida satisfatória do progresso técnico nas suas relações com os recursos naturais. Se tais medidas estivessem disponíveis, seria possível definir um nível mínimo de progresso técnico necessário para contrariar o esgotamento dos recursos naturais (PT min 1), um outro para reduzir a entropia (PT min 2) e um último para combater o esgotamento dos recursos naturais no seu uso económico. Estes níveis poderiam, de seguida, ser comparados com o seu nível efectivo (PT1, PT2, PT3). Se o nível efectivo do progresso técnico for superior ao nível mínimo de progresso técnico requerido para combater o esgotamento dos recursos naturais ($PT1 > PT_{\min} 1$), então mesmo se, numa primeira fase, $NES < 0$, o sistema pode ter um excedente eMergético ($NES > 0$), através de uma redução do consumo de recursos naturais, por intermédio de um melhor uso dos recursos ou do progresso técnico. Da mesma maneira, se $NRS < 0$, viu-se que o desenvolvimento não é sustentável de um ponto de vista económico, mas que se pode tornar sustentável para o sistema de produção,

20 Se $NRS < 0$, $EXEB \geq 0$ e $EXEB \leq NRS$, o país reduz a sua exergia disponível de tal modo que EED se torna negativo e é atingida a insustentabilidade de um ponto de vista económico. Se um país exporta mais exergia que o seu excedente, tal significa que este país, de uma maneira ou de outra, deve importar exergia às custas de um outro país. Isto cria um círculo vicioso de subdesenvolvimento económico.

através de um melhoramento no domínio da energia, graças ao progresso técnico ($PT3 > Pt \text{ min } 3$).

– Numa análise tradicional do crescimento que integre o capital natural, as elasticidades de substituição entre o capital natural e o capital manufacturado podem fornecer informação sobre a sustentabilidade de um desenvolvimento económico. De facto, as indicações fornecidas por estas elasticidades de substituição não dizem respeito senão à *substituibilidade* em relação ao uso técnico-económico dos recursos naturais. Sem embargo, os recursos naturais, contrariamente ao capital produzido pelo homem, preenchem frequentemente múltiplas funções (ao mesmo tempo ecológicas e económicas) e muitas delas não são substituíveis pelo capital. Particularmente, determinadas funções dos recursos naturais ligadas às condições de «sobrevivabilidade» não possuem qualquer substituto. É por isto que, nesses casos, a informação oriunda do valor das elasticidades de substituição não pode fazer variar o resultado proveniente do cálculo do excedente energético (NES ou AES), mas pode, em contrapartida, fazer variar os resultados do excedente exergetico (NRS ou ARS), já que este último apenas diz respeito às funções económicas dos recursos naturais. Por conseguinte, se $NRS < 0$ e se a elasticidade de substituição entre os recursos naturais e o capital (Ekr) é superior à unidade, o excedente exergetico pode tornar-se positivo, quer dizer que o valor exergetico para a produção se tornará maior que o valor para o consumo exergetico, visto que a substituição parcial entre o capital natural e o capital manufacturado pode conduzir a uma redução do consumo de capital natural.

Como se pode ver a partir da árvore de sustentabilidade dinâmica (fig. 8.4) que propomos, os subobjectivos intermédios de sustentabilidade, determinados com a ajuda das técnicas de avaliação energética, são complementares dos indicadores económicos de sustentabilidade. Esta árvore descreve um processo sequencial que dá as trajetórias possíveis de um desenvolvimento sustentável. Numa primeira fase ($t=0$), considera-se um objectivo global, quer dizer, o desenvolvimento sustentável, que se divide em três subobjectivos, ou seja ecológica, a sustentabilidade económica e a sustentabilidade social. Estes três subobjectivos são, eles próprios fragmentados em subobjectivos intermédios, quer dizer NES e ($Ne-Nm$), para a sustentabilidade ecológica e NRS, para a sustentabilidade económica²¹. Numa segunda fase ($t=1$), as restrições dadas pelas barreiras ($NES \geq 0$; $Ne-Nm \rightarrow 0$; $NRS \geq 0$) podem ser afrouxadas por intermédio das trocas exteriores, tal como se viu. Numa terceira fase ($t=2$), estas restrições podem ser igualmente afrouxadas por intermédio do progresso técnico e da substituição entre o capital natural e o capital manufacturado.

Para decidir que tipo de política de desenvolvimento sustentável deverá ser preparada, o gestor é confrontado com a incerteza, a complexidade e a multidimensionalidade dos critérios (Funtowicz e Ravetz, 1991;

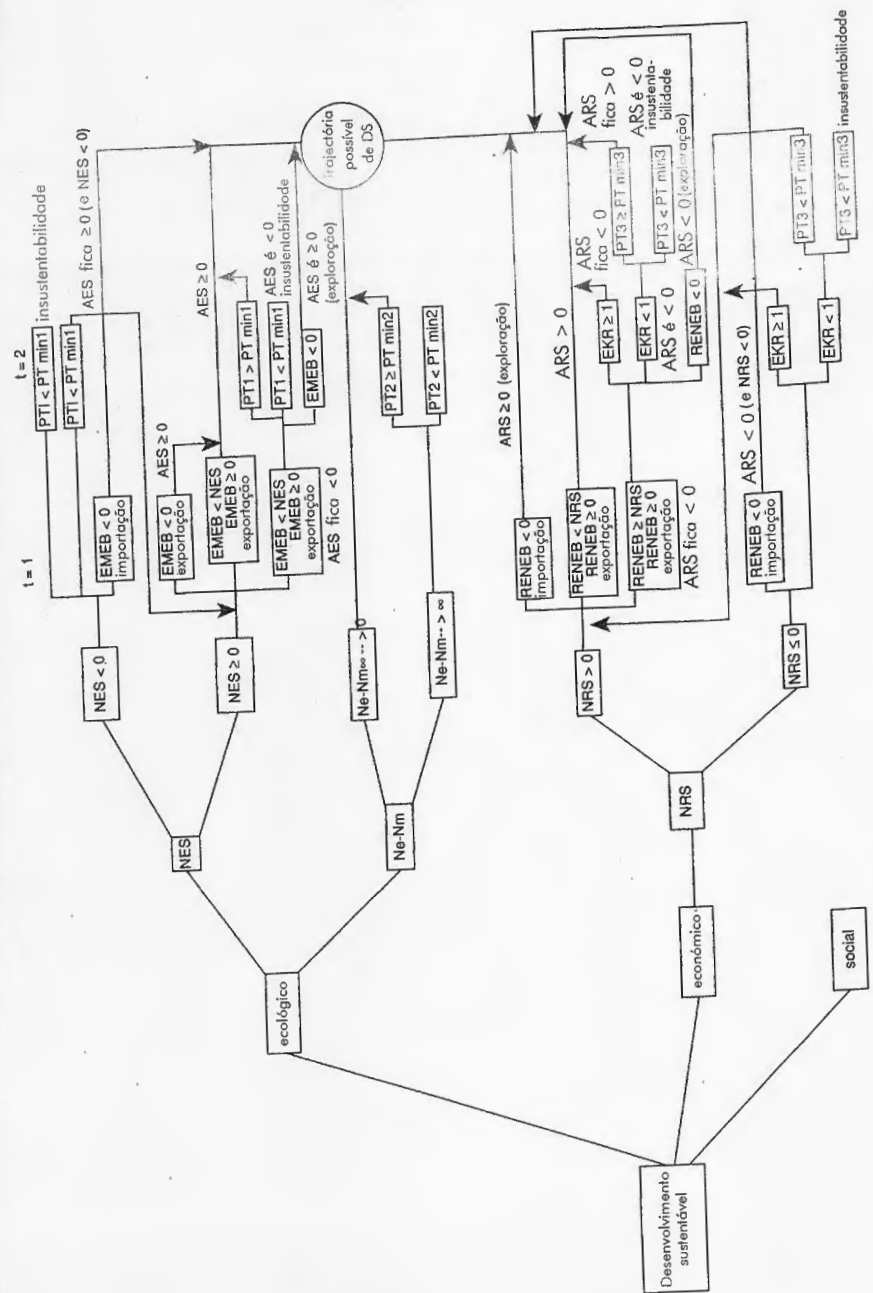


Figura 8.4 – A árvore de sustentabilidade para uma economia aberta numa perspectiva dinâmica

21 De momento, o aspecto social não é tido em conta nas árvores de sustentabilidade.

Froger e Zyla, 1994a e b; O'Connor, Faucheux, Froger, Funtowicz, Munda, 1995). Esta é a razão pela qual sugerimos um processo de decisão baseado na racionalidade processual, com a substituição da otimização pela satisfação. «Devido às incertezas que implicam, as políticas de controlo da poluição deveriam ser vistas como um processo iterativo de pesquisa, baseado no princípio da satisfação preferencialmente ao princípio ao princípio da otimização.» (Pearce e Turner, 1990, p. 20) A árvore de sustentabilidade apresenta, na sua versão dinâmica, tal caracterização: não há um sentido único e óptimo, mas sim vários sentidos, iterativos e de recurso, para a preparação de uma política de desenvolvimento sustentável.

3.2. A ÁRVORE DE SUSTENTABILIDADE E A ANÁLISE MULTICRITÉRIO NUM CONTEXTO DE TOMADA DE DECISÃO EM MATÉRIA DE SUSTENTABILIDADE FORTE

Nesta subsecção, será apresentado um processo de apoio à decisão multicritério complementar à árvore de sustentabilidade. Na árvore de sustentabilidade, só é tomado em conta o alcance ou o não alcance de normas de sustentabilidade predefinidas. Contudo, não se sabe qual é a distância que separa o valor efectivo de um dado indicador da norma definida. Há uma necessidade de explorar este tipo de informação (quer dizer, todos os casos situados entre 0 — insustentabilidade — e 1 — sustentabilidade —), o que pode ser realizado por intermédio do apoio à decisão multicritério (ADMC). É igualmente de notar que o quadro analítico multicritério permite a incorporação de indicadores diferentes dos propostos na árvore de sustentabilidade. Neste sentido, o ADCMC, compatível com a árvore de sustentabilidade, fornece um instrumento de decisão na preparação das políticas de desenvolvimento sustentável.

3.2.1. ALGUNS FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS DO PROCESSO MULTICRITÉRIO

O processo de apoio à decisão multicritério, aqui desenvolvido, assenta na teoria dos «conjuntos nebulosos» (Zadeh, 1965, 1983), que apoia as decisões num contexto de forte incerteza e de complexidade (Munda, 1993). Examinam-se aqui as diferentes etapas deste processo, ilustrando-as sempre através de um exemplo.

– Definições de «objectivos» ou de normas a satisfazer.

Para cada indicador $\forall i = 1 \dots n$, é necessário estabelecer uma norma S_i a satisfazer e um limiar-veto V_i . O limiar-veto indica o nível mínimo de cada indicador, abaixo do qual, mesmo que todos os outros indicadores sejam satisfeitos, o país se encontra numa situação de insustentabilidade.

No nosso processo, o principal papel dos limiares-veto é limitar as possibilidades de compensação entre os diferentes indicadores.

A presença simultânea do limiar-veto e da norma (ou objectivo) sobre cada indicador cria um «caso nebuloso» típico:

1) se o limiar-veto não é satisfeito, o país estudado é insustentável, sendo assim possível atribuir-lhe o valor 0;

2) se a norma é completamente satisfeita, pode ser-lhe atribuído o valor 1 (pode notar-se que, no caso do limiar-veto, o valor 0 de um único indicador é suficiente para implicar a insustentabilidade, mas, pelo contrário, o valor 1 sobre um indicador particular não implica um juízo definitivo. Um país pode ser qualificado de sustentável se e só se o valor 1 for atribuído ao conjunto dos indicadores);

3) em todos os casos em que os valores dos indicadores estiverem entre o limiar-veto e a norma, é necessário verificar se este valor está próximo de 0 ou de 1, quer dizer, calcular um «grau de dependência», o que pode ser feito por intermédio da noção de «relação nebulosa»

– O estabelecimento de relações delicadas sobre cada indicador

É possível avaliar «a que distância» se situa o valor do indicador relativamente à norma com a ajuda de relações nebulosas.

No processo proposto, são tomadas em consideração as seguintes relações nebulosas:

- muito próxima;
- próxima;
- intermédia;
- distante;
- muito distante.

(O ponto de referência é a norma a satisfazer.)

Na figura 8.5 é dada uma representação gráfica.

O valor γ indica o ponto médio entre V_i e S_i .

As medidas são transformadas numa escala «normalizada», situando-se entre 0 e 1, por intermédio das funções de dependência das diversas relações nebulosas. Para as medidas que não se encontram afastadas da norma, as relações nebulosas «próxima» e «muito próxima» admitem-

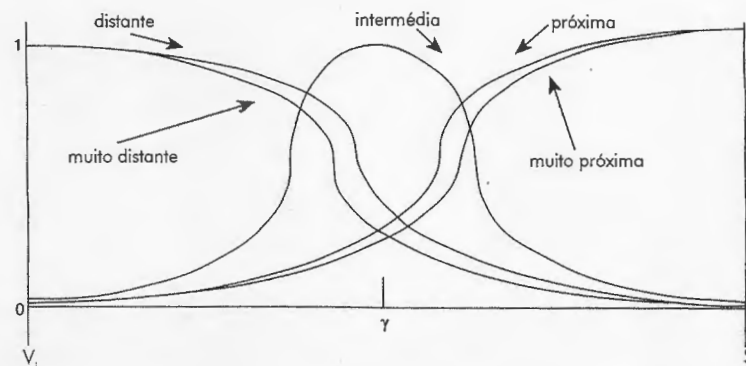


Figura 8.5 – Relações nebulosas utilizadas no processo

valores elevados. Quanto mais as medidas estiverem afastadas da norma, mais os valores das relações «próxima» e «muito próxima» são fracos, mais as relações nebulosas «distante» e «muito distante» são elevadas. Quando as medidas se encontram em posições medianas, a relação nebulosa «intermédia» tem um valor elevado.

Analicamente, estas relações nebulosas são exprimidas pelas seguintes equações:

$$\mu \text{ (muito próxima)}_i = \left[e^{-k_1((x_i - S_i)/S_i)^2} \right]^2 \text{ se } x_i \in]V_i, S_i] \quad (8.1)$$

$$0 \text{ se } x_i = V_i$$

$$\mu \text{ (próxima)}_i = e^{-k_2((x_i - S_i)/S_i)^2} \text{ se } x_i \in]V_i, S_i] \quad (8.2)$$

$$0 \text{ se } x_i = V_i$$

$$\mu \text{ (intermédia)}_i = e^{-k_3(x_i - \gamma_i)^2} \quad (8.3)$$

$$\mu \text{ (distante)}_i = 1 - e^{-k_4((x_i - S_i)/S_i)^2} \text{ se } x_i \in]V_i, S_i] \quad (8.4)$$

$$1 \text{ se } x_i = V_i$$

$$\mu \text{ (muito distante)}_i = 1 - \left[e^{-k_5((x_i - S_i)/S_i)^2} \right]^2 \text{ se } x_i \in]V_i, S_i] \quad (8.5)$$

$$1 \text{ se } x_i = V_i$$

ou

x_i (com $x_i \in]V_i, S_i]$) é o valor do indicador i ,
 S_i é a norma definida sobre o i ésimo indicador,
 V_i é o limiar-veto,

γ_i é o valor médio entre V_i e S_i e

$K_j, j=1, 2, \dots, 5$ (com $k_j \in \mathbb{R}^+$) é o factor escalar.

Para além disso, deve-se recordar que

$x_i < V_i \Rightarrow$ insustentabilidade total (i representa um simples indicador)

$x_j \geq S_i \forall i=1, 2, \dots, m \Rightarrow$ sustentabilidade total.

A fim de mostrar as potencialidades da análise multicritério para tratar de dados incomensuráveis multidimensionais, acrescenta-se aos indicadores energéticos a percentagem de variação anual do PNB, a taxa de desemprego e um indicador de biodiversidade.

Para NES e NRS são considerados «números puros» entre 0 e -1, significando 0 a realização das normas ($NRS \geq 0, NES \geq 0$) e -1 a realização de limiar-veto (valores negativos demasiado elevados). Para $(Ne - Nm)$ os valores são classificados entre 0 e 1, em que 0 significa uma realização

completa da norma ($Ne - Nm \rightarrow 0$) e 1 uma diferença positiva demasiado elevada (limiar-veto). Para a biodiversidade, é considerada uma escala (0, 1) (em que 1 significa a realização das normas e 0 o limiar-veto). Para o PNB, é tomada em conta a percentagem de variação anual, sendo 3 por cento o objectivo a realizar e crescimento nulo o limiar-veto. Para a taxa de desemprego, 5 por cento representa o objectivo e 10 por cento o limiar-veto.

Os valores representados mais abaixo ilustram uma situação de conflito explícito entre os indicadores económicos (NRS Δ PNB e a taxa de desemprego) e os indicadores ecológicos (NES, $Ne - Nm$, e a biodiversidade).

NES = -0,8 (já que o valor é próximo de -1, é possível concluir que a situação é má, deste ponto de vista).

$Ne - Nm = 0,85$ (uma grande diferença positiva (próxima de 1) caracteriza uma situação que é má).

Biodiversidade = 0,2 (para um valor próximo de zero, o indicador de biodiversidade mostra o mau desempenho de um país).

NRS = -0,43 (deste ponto de vista, a situação é moderadamente boa).

Δ PNB = 2,5 por cento (sendo este valor próximo da norma predefinida, este indicador mostra um bom desempenho da economia).

A taxa de desemprego = 6,3 por cento (a situação pode ser avaliada como boa)

Com o fim de tornar a compreensão mais fácil ao leitor, apresentam-se aqui todos os detalhes relativos aos cálculos da primeira relação nebulosa respeitante a NES.

$$\begin{cases} \mu \text{ (muito próxima)}_i = [e^{-1,25(-0,8)^2}]^2 = 0,2 \\ \mu \text{ (próxima)}_i = e^{-1,88(-0,8)^2} = 0,3 \\ \mu \text{ (intermédia)}_i = e^{-10(-0,3)^2} = 0,4 \\ \mu \text{ (distante)}_i = e^{-2,51(-0,8)^2} = 0,8 \\ \mu \text{ (muito distante)}_i = [e^{-0,9(-0,8)^2}]^2 = 0,7 \end{cases}$$

Utilizando as equações (8.1) a (8.5), obtêm-se os seguintes valores para o conjunto dos indicadores no quadro 8.2:

QUADRO 8.2

	NES	$Ne - Nm$	Biodiversidade	NRS	Δ PNB	Taxa de desemprego
muito próxima	0,2	0,1	0,1	0,6	0,85	0,7
próxima	0,3	0,1	0,1	0,65	0,9	0,8
intermédia	0,4	0,3	0,2	0,5	0,3	0,4
distante	0,8	0,9	0,9	0,4	0,1	0,2
muito distante	0,7	0,85	0,9	0,3	0,1	0,15

- Agregação das diferentes relações nebulosas

No quadro de análise de uma comparação de diferentes alternativas, o método multicritério propõe a seguinte equação a fim de agregar as diferentes relações nebulosas definidas sobre cada indicador:

$$\mu^*(a, b) = \frac{\sum_{m=1}^M \max(\mu^*(a, b)_m - \alpha, 0)}{\sum_{m=1}^M |\mu^*(a, b)_m - \alpha|} \quad (8.6)$$

onde α é uma «exigência mínima» imposta sobre cada relação nebulosa e $\mu^*(a, b)_m$ é o valor de uma dada relação nebulosa (a e b são duas acções a ser comparadas).

Isto é:

$$0 \leq \mu^*(a, b) \leq 1$$

com $\mu^*(a, b) = 0$ se nenhum $\mu^*(a, b)_m$ é maior que α ; $\mu^*(a, b) = 1$ se $\mu^*(a, b)_m \geq \alpha, \forall m$ e $\mu^*(a, b)_m > \alpha$ para pelo menos um m.

α é um parâmetro importante: quanto mais o elevado é o seu valor, menos a compensação entre indicadores «satisfatórios» e «insatisfatórios» é possível. A determinação de α depende essencialmente de um processo de negociação entre diferentes actores (sobre este ponto de vista, ver Munda, 1993).

O nosso procedimento integra estes elementos: em vez de ter $\mu^*(a, b)_m$, tem-se os diversos μ das relações nebulosas indicando a distância da norma.

Agora, obtém-se a seguinte «relação de preferência nebulosa» agregada:

$$\begin{pmatrix} \mu \text{ (muito próxima)} \\ \mu \text{ (próxima)} \\ \mu \text{ (intermédia)} \\ \mu \text{ (distante)} \\ \mu \text{ (muito distante)} \end{pmatrix} \quad (8.7)$$

onde $\mu(\dots)$ é a avaliação de uma dada relação segundo todos os indicadores tomados em consideração, obtido por intermédio da equação (8.6).

Retomando o nosso exemplo e aplicando a equação (8.6) com $\alpha = 0,3$ (recorde-se que, quanto mais elevado for o valor de α , menos é possível a compensação no modelo), obtém-se a seguinte «relação de preferência nebulosa».

$$\begin{pmatrix} \mu \text{ (muito próxima)} = 0,71 \\ \mu \text{ (próxima)} = 0,78 \\ \mu \text{ (intermédia)} = 0,8 \\ \mu \text{ (distante)} = 0,85 \\ \mu \text{ (muito distante)} = 0,81 \end{pmatrix}$$

- Uma avaliação total:

O output final fornecido pelo processo aqui proposto é o grau de verosimilhança de uma avaliação do tipo:

«Segundo a maior parte dos indicadores, a condição final do país é

- boa
- moderada
- má.»

Neste processo, ω é definido como se segue:

$$\omega \text{ (boa)} = \frac{\mu \text{ (muito próxima)} + \mu \text{ (próxima)}}{\mu \text{ (muito próxima)} + \mu \text{ (próxima)} + \mu \text{ (intermédia)} + \mu \text{ (distante)} + \mu \text{ (muito distante)}} \quad (8.8)$$

$$\omega \text{ (moderada)} = \frac{\mu \text{ (intermédia)}}{\mu \text{ (próxima)} + \mu \text{ (intermédia)} + \mu \text{ (distante)}} \quad (8.9)$$

$$\omega \text{ (má)} = \frac{\mu \text{ (distante)} + \mu \text{ (muito distante)}}{\mu \text{ (muito próxima)} + \mu \text{ (próxima)} + \mu \text{ (intermédia)} + \mu \text{ (distante)} + \mu \text{ (muito distante)}} \quad (8.10)$$

O grau de verosimilhança destas situações é determinado pela função de dependência seguinte:

$$\mu_{\text{plus}}(\omega) = \begin{cases} 1 & \text{se } \omega \geq 0,8 \\ 3,33\omega - 1,66 & \text{se } 0,5 < \omega < 0,8 \\ 0 & \text{se } \omega \leq 0,5 \end{cases} \quad (8.11)$$

$\forall \omega \in [0, 1]$ se $\omega' > \omega'' \Rightarrow \mu_{\text{plus}}(\omega') \geq \mu_{\text{plus}}(\omega'')$ (Fredrizzi e Kacprzyk, 1988; Zadeh, 1965).

Se nenhuma destas três situações satisfaz o grau de verosimilhança, é então possível concluir que se está na presença de uma situação de «indecisabilidade», a qual pode ser caracterizada por duas configurações:

(a) os valores das diferentes relações nebulosas estão mais ou menos concentrados sobre duas situações opostas, «boa» e «má»;

(b) os valores das diferentes relações nebulosas são distribuídos entre três situações possíveis (os três casos são possíveis de igual maneira).

A situação (a) é um caso típico de incomparabilidade: existe um forte conflito entre diferentes pontos de vista (quer dizer, entre os indicadores

económicos e ecológicos), e um processo social de resolução de conflitos pode revelar-se muito difícil. Na situação (b), o conflito entre diferentes pontos de vista é atenuado e o processo social de resolução dos conflitos pode revelar-se mais fácil. No domínio dos recursos naturais e do meio ambiente e nas políticas de desenvolvimento sustentável, emergem um bom número de conflitos. Uma possibilidade para chegar a uma avaliação global consiste em atribuir ponderações aos diferentes indicadores; isto implica juízos de valor subjectivos, sempre difíceis de explicar. Uma mais, quando há diferentes interesses de grupo, encontrar um conjunto de ponderações que satisfaça todos os intervenientes pode ser uma parada impossível. Nestes casos, uma «análise da sensibilidade», visando verificar (por intermédio de diferentes vectores de ponderação) a robustez dos resultados obtidos, pode revelar-se bastante útil (Munda, 1993).

Calculando os valores de ω (boa), ω (moderada) e ω (má), no nosso exemplo, é possível ver que nenhum valor satisfaz o grau de verosimilhança (visto que todos os $\omega \leq 0,5$) e que, assim, se está na presença de um caso de indecidabilidade.

$$\omega \text{ (boa)} = 0,37$$

$$\omega \text{ (moderada)} = 0,32$$

$$\omega \text{ (má)} = 0,42$$

Concluir que a situação possa ser boa ou má implica importantes juízos de valor acerca da ponderação dos indicadores económicos e ecológicos. Por exemplo, poder-se-iam unir as seguintes ponderações:

$$\text{NES} = 0,15$$

$$\text{Ne-Nm} = 0,15$$

$$\text{biodiversidade} = 0,10$$

$$\text{NRS} = 0,10$$

$$\Delta\text{PNB} = 0,30$$

$$\text{taxa de desemprego} = 0,20$$

De seguida, se se utilizar tais ponderações para obter valores revistos de ω , tem-se $\omega(\text{boa}) = 0,6$ (representando os indicadores económicos uma «boa» situação e os indicadores ecológicos representando uma «má» situação), sendo assim possível concluir que a situação global de um país em questão é «boa», com um grau de verosimilhança = 0,33. Entretanto, este resultado implica que o crescimento do PNB seja três vezes mais importante que o indicador de biodiversidade!

3.2.2. ALGUNS EXEMPLOS ILUSTRATIVOS

Para esclarecer o significado dos resultados fornecidos pelo processo multicritério, analisar-se-ão outros exemplos ilustrativos.

Considere-se um segundo caso:

$$\text{NES} = -0,2 \text{ (situação boa)}$$

$$\text{Ne-Nm} = 0,8 \text{ (situação má)}$$

$$\text{biodiversidade} = 0,6 \text{ (situação moderada)}$$

$$\text{NRS} = -0,7 \text{ (situação má)}$$

$$\Delta\text{GNP} = 2,2 \% \text{ (situação boa)}$$

$$\text{taxa de desemprego} = 7,5 \% \text{ (situação moderada)}$$

Aqui, o conflito não é só entre indicadores económicos e ecológicos, mas igualmente no interior dos indicadores ecológicos e no seio dos indicadores económicos. Os valores do quadro 8.3 ilustram as diversas relações nebulosas.

QUADRO 8.3

	NES	Ne-Nm	Biodiversidade	NRS	ΔPNB	Taxa de desemprego
muito próxima	0,8	0,2	0,25	0,35	0,8	0,2
próxima	0,85	0,3	0,35	0,4	0,85	0,25
intermédia	0,4	0,4	0,9	0,5	0,4	0,95
distante	0,25	0,8	0,3	0,65	0,25	0,25
muito distante	0,2	0,75	0,25	0,6	0,2	0,2

Aplicando (8.6) com $\alpha = 0,3$, tem-se a «relação agregada de preferência nebulosa»:

$$\begin{cases} \mu \text{ (muito próxima)} = 0,8 \\ \mu \text{ (próxima)} = 0,96 \\ \mu \text{ (intermédia)} = 1 \\ \mu \text{ (distante)} = 0,89 \\ \mu \text{ (muito distante)} = 0,68 \end{cases}$$

Calculando os diversos ω , é possível ver que o grau de verosimilhança não é satisfeito:

$$\omega \text{ (boa)} = 0,40$$

$$\omega \text{ (moderada)} = 0,35$$

$$\omega \text{ (má)} = 0,36$$

Se as ponderações precedentes forem utilizadas, tem-se: $\omega \text{ (boa)} = \text{ponderação (NES)} + \text{ponderação } (\Delta\text{PNB}) = 0,15 + 0,30 = 0,45$

$\omega \text{ (moderada)} = \text{ponderação (biodiversidade)} + \text{ponderação (taxa de desemprego)} = 0,10 + 0,20 = 0,30$

$$\omega \text{ (má)} = \text{ponderação (Ne-Nm)} + \text{ponderação (NRS)} = 0,15 + 0,10 = 0,25$$

A avaliação global ainda é impossível. Em princípio, poderia dizer-se que a situação é «moderadamente boa» ou «moderadamente má», conforme a interpretação dada aos indicadores que têm um valor «moderado». Isto é sempre verdadeiro se se considerar uma hipótese de ponderação igual (1/6) para cada critério. O conflito social é teoricamente menos forte

visto não haver oposição directa entre os critérios económicos e ecológicos. A questão é saber se é aceitável ter uma taxa de desemprego de 7,5 por cento contra 2,2 por cento de crescimento do PNB, ou se é aceitável ter um valor moderado para o indicador de biodiversidade e um bom valor para NES (mas igualmente um valor catastrófico para $[N_e - N_m]$).

Com o fim de compreender a importância do parâmetro α , o caso seguinte é tomado em consideração.

NES = - 0,10 (situação boa)

$N_e - N_m = 0,15$ (situação boa)

biodiversidade = 0,90 (situação boa)

NRS = - 0,6 (situação moderadamente má)

Δ PNB = 1,3 % (situação moderada)

taxa de desemprego = 7,7 % (situação moderada)

Tal como no primeiro exemplo, existe um conflito entre os indicadores económicos e ecológicos. No entanto, este contraste é menos acentuado (os indicadores estão em conflito mas em menos proporção). Os valores para as relações nebulosas figuram no quadro 8.4.

QUADRO 8.4

	NES	$N_e - N_m$	Biodiversidade	NRS	Δ PNB	Taxa de desemprego
muito próxima	0,95	0,95	0,9	0,35	0,3	0,15
próxima	0,95	0,95	0,85	0,5	0,45	0,3
intermédia	0,3	0,3	0,35	0,7	0,8	0,95
distante	0,1	0,1	0,2	0,6	0,65	0,35
muito distante	0,1	0,1	0,15	0,55	0,6	0,2

Aplicando a equação (8.6) com $\omega = 0,3$, é obtida a seguinte «relação de preferência nebulosa»:

$$\begin{cases} \mu (\text{muito próxima}) = 0,92 \\ \mu (\text{próxima}) = 1 \\ \mu (\text{intermédia}) = 1 \\ \mu (\text{distante}) = 0,58 \\ \mu (\text{muito distante}) = 0,45 \end{cases}$$

Calculando os diversos ω é possível ver que o grau de verosimilhança é satisfeito:

ω (bom) = 0,73

ω (moderado) = 0,38

ω (mau) = 0,26

É possível concluir que a situação global do país em questão é «boa» com um grau de verosimilhança = 0,77.

Este resultado provém do facto de ser possível uma compensação parcial entre os indicadores, de tal modo que um bom desempenho dos indicadores ecológicos pode compensar os indicadores económicos insatisfatórios. Dá-se um possibilidade de controlar o grau de compensação por intermédio do parâmetro α , na equação (8.6). Por exemplo, para $\alpha = 0,4$, são obtidos os seguintes resultados:

$$\begin{cases} \mu (\text{muito próxima}) = 0,8 \\ \mu (\text{próxima}) = 0,94 \\ \mu (\text{intermédia}) = 0,83 \\ \mu (\text{distante}) = 0,34 \\ \mu (\text{muito distante}) = 0,25 \end{cases}$$

e

ω (boa) = 0,55

ω (moderada) = 0,39

ω (má) = 0,18

Agora, é possível concluir que a situação global do país em questão é «boa», com um grau de verosimilhança = 0,17. A análise da sensibilidade dos resultados obtidos segundo os diferentes valores do parâmetro α utilizado é, por conseguinte, uma etapa importante.

Finalmente, tome-se em conta uma situação na qual os diferentes indicadores concordam substancialmente. Sejam

NES = -0,35 (situação moderadamente boa)

$N_e - N_m = 0,4$ (situação moderadamente boa)

biodiversidade = 0,85 (situação boa)

NRS = -0,2 (situação boa)

Δ PNB = 2 % (situação boa)

taxa de desemprego = 6,5 % (situação boa)

Neste caso, as relações nebulosas são ilustradas no quadro 8.5.

QUADRO 8.5

	NES	$N_e - N_m$	Biodiversidade	NRS	Δ PNB	Taxa de desemprego
muito próxima	0,6	0,6	0,7	0,85	0,7	0,6
próxima	0,7	0,65	0,8	0,9	0,75	0,65
intermédia	0,4	0,5	0,4	0,3	0,3	0,5
distante	0,2	0,3	0,2	0,1	0,15	0,35
muito distante	0,15	0,2	0,1	0,1	0,12	0,3

Utilizando $\alpha = 0,4$, é obtida a seguinte relação agregada de preferência nebulosa:

$$\begin{cases} \mu \text{ (muito próxima)} = 1 \\ \mu \text{ (próxima)} = 1 \\ \mu \text{ (intermédia)} = 0,4 \\ u \text{ (distante)} = 0 \\ u \text{ (muito distante)} = 0 \end{cases}$$

Calculando os diversos ω , pode ver-se que o grau de verosimilhança é satisfeito:

$$\begin{aligned} \omega \text{ (boa)} &= 0,83 \\ \omega \text{ (moderada)} &= 0,28 \\ \omega \text{ (má)} &= 0 \end{aligned}$$

Pode concluir-se que a situação, no seu conjunto, do país em questão, é «boa», com um grau de verosimilhança = 1.

Nesta secção, apresentámos alguns indicadores energéticos e económicos capazes de avaliar as condições de sustentabilidade de uma dada nação. Alguns destes indicadores foram articulados na árvore de sustentabilidade dinâmica. Com o fim de completar a árvore de sustentabilidade, foi igualmente desenvolvido um processo multicritério visando tratar os diferentes tipos de indicadores. Estes instrumentos metodológicos podem também ser utilizados para tratar de situações de tomada de decisão em incerteza forte, a fim de assegurar o carácter sustentável do desenvolvimento de um país.

No termo desta última parte, pensamos ter fornecido alguns elementos explicativos acerca das regras subjacentes à existência de um desenvolvimento sustentável, assim como acerca dos indicadores que permitem medir a distância que separa o desenvolvimento actual de um país do seu sentido de sustentabilidade. As condições e a medida da sustentabilidade não deixam de apresentar dificuldades significativas, mas, utilizando os ensinamentos existentes, podem-se fazer progressos reais nesta via. A este respeito, é manifesto que as divergências entre a abordagem da sustentabilidade fraca, oriunda dos modelos de crescimento, e as análises conservacionistas da sustentabilidade forte devem cessar. Os diversos métodos e as noções de sustentabilidade que aqueles reflectem ganhariam em ser apreendidos em termos de complementaridade, como o propuseram os autores da Escola de Londres.

Apresentámos uma proposta metodológica neste sentido. Esta última recorre em particular à utilização conjunta dos ensinamentos oriundos das análises de sustentabilidade que aprendem a totalidade do meio ambiente e dos recursos naturais em termos de capital natural e dos que provêm da análise energética, a fim de determinar as regras e os indicadores de sustentabilidade.

CONCLUSÃO GERAL

Em suma, as abordagens provenientes da corrente económica neoclássica utilizam de modo complementar os instrumentos, as avaliações, assim como os conceitos e modelos próprios da economia padrão, ou ainda os da termodinâmica ou das ciências do vivo. A sua concepção dos problemas do meio ambiente e dos recursos naturais é, não só multidimensional, mas igualmente multidisciplinar. É nesta perspectiva que se pode utilizar em simultâneo as avaliações baseadas nas preferências individuais ou colectivas e as que dependem das análises energética e material. Estas últimas permitem elaborar indicadores que assinalam mais rapidamente o alcance de determinados limiares ambientais críticos, o que não seria feito por indicadores de mercado tais como os preços. Há então que articular, graças, por exemplo, aos métodos de apoio à decisão multicritério, os ensinamentos dos indicadores económicos com os indicadores provenientes da análise energética ou material. Semelhante articulação é particularmente pertinente em matéria ambiental, permitindo a análise multicritério tomar em consideração o grande número de dados, de relações e de objectivos conflituais frequentemente presentes nos processos de decisão reais.

Para a economia-ecológica, o tempo e a irreversibilidade têm um peso e uma significação incontornáveis. Por um lado, o tempo é o eixo da própria sustentabilidade. Efectivamente, é no tempo que se coloca toda a questão da repartição das oportunidades económicas e ecológicas (modos de vida sociais e ecológicos, capacidades produtivas, etc.). Por outro lado, o tempo é o eixo da incerteza e da história que ainda há-de vir, e nós não estamos em condições de calcular de forma exaustiva os custos e os bene-

fícios futuros. Quanto mais o horizonte temporal é longínquo, mais as possíveis interdependências entre as escolhas tecnológicas, as preferências sociais, as instituições políticas, etc., tornam difícil o cálculo das futuras mudanças ambientais e a interpretação do seu significado social.

A maior parte dos problemas ambientais conjugam, como se viu, incerteza fundamental e irreversibilidade. Tocam-se então os limites das abordagens de *stock* baseadas na teoria hayésiana da decisão e na hipótese de racionalidade substancial. A otimização já não se poderá aplicar, não só devido à «incerteza forte» acerca do devir coevolutivo dos sistemas económicos e ecológicos, mas também por causa da multiplicidade das funções-objectivos: a lado dos objectivos económicos e sociais devem ser integrados objectivos ecológicos em estreita inter-relação com os primeiros. É então preciso definir, entre as diferentes opções possíveis, soluções «satisfatórias», segundo o princípio simoniano da racionalidade processual.

A lado da incerteza, a equidade intergeracional encontra-se assim no centro das preocupações da economia a respeito da sustentabilidade, designando claramente as paradas essenciais da coexistência social e ecológica através do tempo. Foi frequentemente observado que, no quadro da problemática neoclássica do desenvolvimento sustentável, a extensão do argumento da impaciência (quer dizer, a clara preferência pelo presente) à dimensão intergeracional é inteiramente discutível. Isto atribui à geração actual uma influência tutelar sobre as gerações futuras que pode revelar-se discutível do ponto de vista ético. Se não se pode repelir os limites da «finitude» e da «entropia», devido à própria irreversibilidade inerente ao segundo princípio da termodinâmica, um modo de abordar a ideia das barreiras absolutas que se impõe sobre a esfera económica consiste em preconizar a chegada de um «estado estacionário». Este, tal como o encara, por exemplo, Daly apresenta, no plano da equidade intrageracional, características inversas às do «presentismo» neoclássico: o destaque é dado à manutenção da satisfação das necessidades das gerações futuras, nem que seja ao preço do sacrifício das gerações actuais, o que não deixa de ter consequências do ponto de vista da equidade intrageracional: a sorte dos pobres da actual geração não tem qualquer hipóteses de melhorar numa situação «de estado estacionário».

Para concluir, podemos dizer que não existe *uma* concepção, mas sim *concepções* económicas do meio ambiente e dos recursos naturais, e outras tantas abordagens diversas do desenvolvimento sustentável. Os seus respectivos defensores têm, é certo, tendência para as apresentar como exclusivas umas das outras. Ora, a «economia-ecológica» prova, pelo seu procedimento, ser possível uma certa complementaridade. Por exemplo, recorrendo à utilização conjunta dos ensinamentos acerca da gestão dos sistemas naturais provenientes das análises neoclássicas e da concepção conservacionista que louva a manutenção do capital natural crítico, pode desenvolver-se, para além das disciplinas económicas e ecológicas convencionais, uma verdadeira síntese integrada. No que respeita à ética, a economia ecológica pode abrir-se às diferentes concepções do ser humano e

às diversas abordagens de justiça e de solidariedade social. Trata-se então de abandonar a ideia de construir uma economia *dos* recursos naturais e do meio ambiente, a fim de reconstruir uma economia *para* os recursos naturais e o meio ambiente, propondo também meios para atingir esse fim. Tal como escreve Costanza (1991, p. 83), «para alcançar a sustentabilidade global, devemos parar de pensar os objectivos económicos e ecológicos como sendo conflituais. (...) Devemos desenvolver uma economia ecológica que vá para além das disciplinas económicas e ecológicas convencionais, para ir no sentido de uma verdadeira síntese integrada».

BIBLIOGRAFIA

- AMABLE B. (1987), *Portée et limites des fonctions de production avec facteur énergie*, comentários de DEA, CIRED, EHESS, Paris.
- AMABLE B., GUELLEC D. (1992), «Les théories de la croissance endogène», *Revue d'économie politique*, 3, 313-377.
- AMUNDSEN E.S. (1992), *Théorie des ressources épuisables et rente pétrolière*, Economica, Paris.
- ARROW K.J. (1993), *Social Choice and Individual Values*, 2nd ed., Wiley, Nova Iorque.
- ARROW K.J. (1974), «Limited Knowledge and Economic Analysis», *American Economic Review*, Março, 1-10.
- ARROW K.J., CHANG S. (1978), «Optimal Pricing, Use and Exploration of Uncertain Natural Resource Stocks», *Technical Report*, nº 31, Department of Economics, Harvard University.
- ARROW K.J., DEBREU G. (1954), «Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy», *Econometrica*, 22, 265-290.
- ARROW K.J., FISHER A. (1974), «Environmental Preservation, Uncertainty, and Irreversibility», *Quarterly Journal of Economics*, 88, 312-319.
- ARROW K.J., KURZ M. (1970), *Public Investment, the Rate of Return and Optimal Fiscal Policy*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, MA.
- ARTHUR B. (1989), «Competing Technologies, Increasing Returns and Lock-in by Historical Events», *Economic Journal*, 99, 116-131.
- ARTUS P., PERROUX C. (1981), «Fonctions de production avec facteur énergie: estimations pour les grands pays de l'OCDE» *Annales de l'INSEE*, 44, 3-38.
- AXELROD R. (1984), *The Evolution of Cooperation*, Basic Books, Nova Iorque.
- AYRES R.U., KNESE A.V. (1969), «Production, Consumption, and Externalities», *American Economic Review*, 59, 282-297.

- AYRES R.U., MARTINAS K. (1993), «Wealth Accumulation and Economic Progress», *Working Paper*, INSEAD, Fontainebleau.
- AYRES R.U., SCHMIDT-BLEEK F.B. (1993), «Toward a Universal Measure of Environmental Disturbances», *Working paper*, INSEAD, Fontainebleau.
- AYRES R.U., MARTINAS K. (1995), «Waste Potential Entropy: the Ultimate Ecotoxic», *Économie appliquée*, n° 2.
- BACHMIRA F.T. (1971), «The Economics of Vanishing Species», *Natural Resources Journal*, 11, 674-692.
- BADHURI A. (1985), «L'accumulation du capital: Temps logique et temps historique», *Économie appliquée*, 37, (2), 453-469.
- BARBIER E., BURGESS J., SWANSON T., PEARCE D. (1990), *Elephants, Economics and Ivory*, Earthscan, Londres.
- BARBIER E.B., MARKANDYA A. (1990), «The Conditions for Achieving Environmentally Sustainable Growth», *European Economic Review*, 34, 659-669.
- BARDE J.-P. (1992), *Économie politique de l'environnement*, PUF, Paris.
- BARNETT H., MORSE C. (1963), *Scarcity and Growth: the Economics of Natural Resource Availability*, Baltimore, Johns Hopkins Press University.
- BARRÈRE A. (1974), *Histoire de la pensée économique et analyse contemporaine*, Éditions Montchrestien, Paris.
- BASIL M., VERCELLI A. (1994), «Environmental Option Values: a survey», *Economics, Energy, Environment*. Nota di lavoro 47.94, Fondazione Eni Enrico Mattei, Milão.
- BATEMAN I. (1993), «Valuation of the Environment, Methods and Techniques: Revealed Preference Methods», in TURNER R.K. (ed.), *Sustainable Environmental Economics and Management, Principles and Practice*, Belhaven Press, Londres e Nova Iorque.
- BATEMAN I., TURNER R.K. (1993), «Valuation of the Environment, Methods and Techniques: The Contingent Valuation Methods», in TURNER R.K. (ed.), *Sustainable Environmental Economics and Management, Principles and Practice*, Belhaven Press, Londres e Nova Iorque.
- BATOR F.M. (1958), «The Anatomy of Market Failure», *Quarterly Journal of Economics*, 72, 351-379.
- BAUMOL W.J. (1951), *Economic Dynamics, an Introduction*, Macmillan, Nova Iorque.
- BAUMOL W.J. OATES W.E. (1971), «The Use of Standards and Prices for the Protection of the Environment», *Swedish Journal of Economics*, 73, 42-54, in MARKANDYA A., RICHARDSON J. (eds.), *The Earthscan Reader in Environmental Economics*, Earthscan Publications Ltd, Londres, 1992.
- BAUMOL W.J., OATES W.E. (1988), *The Theory of Environmental Policy*, 2nd ed., Cambridge University Press, Nova Iorque.
- BECKER G., (1976), «Altruism, Egoism, and Genetic Fitness: Economics and Sociobiology», *Journal of Economic Literature*, Setembro.
- BECKERMAN W. (1972), «Problèmes réels et fictifs de politique de l'environnement», in OCDE *Problèmes d'économie de l'environnement*, OCDE, Paris.
- BECKERMAN W. (1972b), «Economist, Scientists and Environmental Catastrophe», *Oxford Economic Papers*.
- BENHAM J. (1993), «Choix du taux d'actualisation social et environnement», *Revue française d'économie*, 8, 3, Outubro.
- BENHAIM, J., SCHEMBRI P. (1995), «Technical Change: An essential variable in the choice of a sustainable development trajectory», à paraître in FAUCHEUX S., PEARCE D. D., PROOPS J.L.R. (eds), *Models of Sustainable Development. Exclusive or complementary approaches*, Edward Elgar.
- BENZONI (1988), «Sur la portée de la théorie hotellinienne des ressources épuisables», *Revue d'économie politique*, 98, 1, 159-179.
- BERGSON H. (1941), *L'évolution éconitrice*, réed. PUF, Paris, 1980.
- BERGSTROM T.C., STARK O. (1993), «How Altruism Can Prevail in an Evolutionary Environment», *American Economic Review*, AEA Papers and Proceedings, Maio.
- BERNDT E.R. (1978), «Aggregate energy efficiency and productivity management», *Annual Review of Energy*, 3, 224-273.
- BERNDT E.R. (1985), «From technocracy to net energy analysis: engineers, economists and recurring energy theories of value», in SCOTT A. (ed), *Progress in Natural Resource Economics*, Clarendon Press, Oxónia.
- BERRY R.S. FELS M.F. (1972), *The production and consumption of Automobiles*, Report to the Illinois Council of Environmental Quality, Chicago Illinois, Julho.
- BEVERTON R.J.H., HOLT S.J. (1957), *On the Dynamics of Exploited Fish Populations*, Fisheries Investigation Series 2, (19), Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Londres.
- BISHOP R. (1978), «Endangered Species and Uncertainty: the Economics of a safe Minimum Standard», *American Journal of Agriculture Economics*, 60, 10-18.
- BOGDANOV (1899), *Éléments fondamentaux de la conception historique de la nature*.
- BOHM P. (1975), «Option Demand and Consumer's Surplus: Comment», *American Economic Review*, 45, 733-736.
- BOHM P. (1978), «External economies», in EATWELL J.M., NEWMAN P. (eds), *The New Palgrave: a Dictionary of Economics*, Macmillan, Londres.
- BOHM P., RUSSEL S. (1985) «Comparative Analysis of Alternative Policy Instruments», in KNEESE A.V., SWEENEY J.L. (eds), *Handbook of Natural Resources and Energy Economics*, vol. I, North Holland, Amesterdão.
- BOHM-BAWERK (1909), *Théorie positive du capital*, trad. frse. Giard et Brière, Paris, 1929.
- BOISSON J.-M. (1970), *Essai critique sur l'intégration des effets externes dans le calcul économique individuel*, thèse de doctorat ès sciences économiques, Paris.
- BOREL L. (1991), «La comptabilité exergétique, fondement de l'économie énergétique», *Stratégies énergétiques, biosphère et société*, 1/2, 19-27.
- BOTSFORD L.W. (1981), «Optimal fishery policy for size-specific, density-dependant population models», *Journal of Mathematical Biology*, 12, 256-293.
- BOTSFORD L.W., WAINWRIGHT T.C. (1985), «Optimal fishery policy: an equilibrium solution with irreversible investment», *Journal of Mathematical Biology*, 21, 317-327.
- BOUDE J.-P. (1983), «La gestion des ressources halieutiques», *Économie et humanisme* (273), 18-29.

- BOUDE J.-P., MORISSET M., REVERET J.-P. (1987), «Rente et Prifit en matière d'exploitation des ressources halieutiques», *Cahiers d'économie et sociologie rurales*, (4), avril.
- BOUKHARINE N. (1921), *Théorie du matérialisme historique*, Manuel populaire de sociologie marxiste, trad.frse, 1977, Éditions Anthropos, Paris.
- BOULDING K.E. (1964), *The Meaning of the Twentieth Century*, Harper et Row, Nova Iorque.
- BOULDING K.E. (1966), «The Economics of the Coasting Sovereignty Earth», in JANNEY H. (ed), *Environmental Quality in a Growing Economy*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, MY.
- BOULDING K.E. (1981), *Evolutionary Economics*, Sage Publications, Beverly Hills-Londres.
- BOYER R., CHAVANCE B., GODARD O. (eds) (1991), *Les figures de l'irréversibilité en économie*, Éditions de l'EHESS, Paris.
- BROMLEY D.W. (1991), *Environment and Economy, Property Rights and Public Policy*, Blackwell, Cambridge.
- BROOKSHIRE D.S., THAYER M.A., SCHULZE W.D., D'ARGE R.C. (1982), «Valuing Public Goods: A Comparison of Survey and Hedonic Approaches», *American Economic Review*, 72, 165-178.
- BROWDER J. (1988), «Public Policy and Deforestation in the Brazilian Amazon», in REPETTO R., GILLIS M. (eds), *Public Policy and the Misuse of Forest Resources*, Cambridge University Press, Cambridge.
- BROWN G.M., FIELD B.C. (1978), «Implications of Alternative Measures of Natural Resource Scarcity» *Journal of Political Economy*, 86, 229-243.
- BROWN G.M., FIELD B.C. (1979), «The adequacy of Measures for Signaling the scarcity of Natural Resources», in SMITH V.K. (ed.), *Scarcity and Growth Revisited*, John Hopkins University Press, Berkeley.
- BUCHANAN J.M. (1969), «External Diseconomies, Corrective Taxes and Market Structure», *American Economic Review*.
- BUCHANAN J.M., STUBBLEBINE W. (1962), «Externality», *Economica*, 29, 371-384.
- BULLARD C.W., HERENDEEN R.A. (1975), «The energy cost of goods and services», *Energy Policy*, 3, 268-278.
- BURNES H.S. (1976), «On the Taxation of Nonplenishable Natural Resources», *Journal of Environmental Economic And Managment*, 3 (4), 289-311.
- CANTERBERY E.R., MARVASTI A. (1992), «The Coase Theorem as a Negative Externality», *Journal of Economic Issues*, 26, 1179-1189.
- CANTILLON (1755), *Essai sur la nature du commerce en générale*, rééd. INED, Paris, 1952.
- CARNOT S. (1824), *Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance*, rééd. Vrin, Paris, (1978).
- CARON A. (1994), «Ronald Coase et le Nirvana», Communication à Sixth International Conference on Socio- Economics, July 15-17 1994, Jouy-en- Josas, *Cahiers du C3E*, n° 94-15.
- CHAPMAN P.F. (1974), «The energy cost of producing copper and aluminium from primary sources», *Metals and Materials*, 8 (2), 107-111.
- CHARLES A. (1993), «Optimal fishery investment under uncertainty», *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40, 2080-2091.
- CHEVALIER J.-M., BARBET P., BENZONI L. (1986), *Économie de l'énergie*, Presses de la fondation nationale des sciences politiques-Daloz, Paris.
- CHRISTENSEN P. (1989), «Historical Roots for Ecological Economics: Allocative versus Biophysical Foundations», *Ecological Economics*, 1, 1, 17-36.
- CHRISTENSEN L.R., JORGENSEN D.W., LAU L.J. (1973), «Transcendental Logarithmic Production Frontiers», *The Review of Economics And Statistics*, 53.
- CHRISTENSEN L.R., JORGENSEN D.W., LAU L.J. (1974), «Union Demand and Consumer Surplus: Further Comments», *Quarterly Journal of Economics*, 85, (3), 528-539.
- CIRIACY-WANTRUP S.V. (1952), *Resource Conservation: Economics and Policies*, 2nd ed., 1972, University of California Press, Berkeley.
- CLARK C.W. (1971), «Economically Optimal Policies for the Utilization of Biologically Renewable Resources», *Mathematical Biosciences*, 13, 149-164.
- CLARK C.W. (1973), «The Economics of Overexploitation», *Science*, 181, 630-634.
- CLARK C.W. (1973b), «Profit Maximisation and the Extinction of Animal Species», *Journal of Political Economy*, 81, 950-961.
- CLARK C.W. (1990), *Mathematical Bioeconomics; The Optimal Management of Renewable Resources*, 2nd ed., John Wiley et Sons Inc., Nova Iorque.
- CLARK C.W. (1991), «Renewable Resources», in EATWELL J., MILGATE M., NEWMAN J. (ed.), *The New Palgrave, A Dictionary of Economics*, Macmillan, Londres.
- CLARK C.W., EDWARDS G.W., FRIEDLAENDER M. (1973), «Beverton-Holt model of a commercial fishery: optimal dynamics», *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 30, 1629-1640.
- CLARK C.W., MUNRO G.R. (1975), «The Economics of Fishing and Modern Capital Theory: A Simplified Approach», *Journal of Environmental Economics and Management*, 2, 92-106.
- CLARK C.W., MUNRO G.R. (1978), «Renewable Resource Management and Extinction», *Journal of Environmental Economics and Managment*, 5 198-205.
- CLARK J.-B. (1899), *La Distribution des richesses*, extraits in Textes choisis et préfacés par E. James, coll. Les Grands économistes, Daloz, Paris, 1947.
- CLAUSIUS R. (1888), *Théorie mécanique de la chaleur*, trad, Gauthier-Villars, Paris.
- CLAWSON M., KNETSCH J.L. (1966), *Economics of Outdoor Recreation*, Resources for the Future and Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD.
- CLEVELAND C.J. (1992), «Energy quality and energy surplus in the extraction of fossil fuels in the US», *Ecological Economics*, 6, 139-162.
- CLEVELAND C.J. (1993), «An Exploration of Alternatives Measures of Natural Resource Scarcity: the Case of Petroleum Resources in the US», *Ecological Economics*, 7, (2), 123-159.
- CLEVELAND C.J., COSTANZA R., HALL C.A.S., KAUFMANN R. (1984), «Energy and the US economy: a biophysical perspective», *Science*, 225,890-897.
- CLEVELAND C.J., HERENDEN R.A. (1989), «Solar parabolic collectors: Socceeding generations are better net energy and exergy producers», *Energy System Policy*, 13, 63-77.

- CNUED (1992), *Déclaration finale*.
- COASE R.H. (1960), «The Problem of Social Cost», repr. in COASE R., *The Firm, the Market and the Law*, The University of Chicago Press, Chicago, 1988.
- COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES (1992), *Vorschlag für eine Verordnung (EWG) des Rates, die die freiwillige Beteiligung gewerblicher Unternehmen an einem gemeinschaftlichen Öko-Audit-System ermöglicht*, Brussel, Mars.
- COMMON M., PERRINGS C. (1992), «Towards an Ecological Economics of Sustainability», *Ecological Economics*, 6, 7-34.
- COMMONER B. (1972). *The Closing Circle*. Bantam Press, Nova Iorque.
- COMOLET (1992), «Compte de l'environnement et développement durable», in ARCHAMBAULT E., ARKHIPOFF O. (eds), *La Comptabilité nationale pourquoi faire?*, Economica, Paris.
- CONRAD J., CLARK C.W. (1987), *Natural Resource Economics: Notes and Problems*, Cambridge University Press, Cambridge.
- COSTANZA R. (1981), «Embodied energy, energy analysis and economics», in DALY H., UMANA A.F. (eds), *Energy, Economics and Environment*, West View, Boulder, CO.
- COSTANZA R. (1989), «What is ecological economics?», *Ecological Economics*, 1, (1), 1-8.
- COSTANZA R. (1991), *Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability*, Columbia University Press, Nova Iorque.
- COSTANZA R. (1991), «The Ecological Economics of Sustainability: Investing in Natural Capital», in GOODLAND R. et alii (eds), *Environmentally Sustainable Economic Development: Building on Brundtland*, UNESCO.
- COSTANZA R., FARBER S.C., MAXWELL J. (1989), «Valuation and management of wetland ecosystems», *Ecological Economics*, 1, 333-361.
- COSTANZA R., HERENDEN R.A. (1984), «Embodied energy and economic value in the US economy: 1963, 1967 and 1972», *Resources and Energy*, 6.
- COUFFIGNAL L. (1960), «La science économique traditionnelle et la cybernétique de l'économie», in L'Univers économique et social, *Encyclopédie française*, tome IX, Larousse, Paris.
- COUNCIL OF ENVIRONMENTAL QUALITY (1991), *Environmental Quality: 21st Annual Report 1990*, US Government Printing Office, Washington DC.
- CRABBE P. (1982), «Sources and Types of Uncertainty, Information and Control in Stochastic Economic Models of Non-Renewable Resources», in FEICHTINGER G. (ed.), *Optimal Control Theory and Economic Analysis*, North-Holland, Amsterdão-Nova Iorque.
- CREMER J. WEITZMAN M.L. (1976), «Opec and The Monopoly Price of World Oil», *European Economic Review*, 8, (2) 155-164.
- CROCKER T.D., ROGERS III A.J. (1971), *Environmental Economics*, Dryden Press, Hinsdale, Illinois.
- CROPPER M.L., OATES W.E. (1992), «Environmental Economics: A Survey», *Journal of Economic Literature*, 30, 675-740.
- CUMMINGS R.G. (1969), «Some extensions of the Economic Theory of Exhaustible Resources», *Western Economic Journal*, 7, (3), 201-210.
- D'ARGE R.C., SHOGREN J.F. (1988), «Non Market Assets Prices: A Comparison of Three Valuation Approaches», in FOLMER H., VAN DER IERLAND E. (eds), *Valuation Methods and Policy Making in Environmental Economics*, Elsevier, Amsterdão.
- DAJOZ R. (1974), *Précis d'écologie*, Dunod, Paris.
- DALES J.H. (1968), *Pollution, Property and Prices, An Essay in Policy Making and Economics*. University of Toronto Press, Toronto.
- DALY H.E. (1977), *Steady State Economics*, W.H. Freeman, San Francisco, Ca.
- DALY H. (1987), «Critères against Folly in Environmental Economics: the Impossible, the Undesirable and the Uneconomic», in PILLET G., MUROTA T. (eds), *Environmental Economics- The Analysis of a Major Interface*, R. Leimgruber, Geneva, 1-11.
- DALY H. (1991a), *Steady State Economics*, 2nd ed., Island Press, Washington DC.
- DALY H. (1991b), «From Empty - World Economics to Full-World Economics», in GOODLAND (ed.), *Environmentally Sustainable Economic Development: Building on Brundtland*, UNESCO.
- DALY H. (1992), «Allocation, distribution, and scale: towards an economy that is efficient, just, and sustainable», *Ecological Economics*, 6, 185-193.
- DALY H., COBB J.B.JR. (1989), *For the Common Good. Redirecting the Economy Toward Community, the Environment, and a Sustainable Future*, Beacon Press, Boston.
- DARWIN C. (1859), *L'origine des espèces*, réed. trad. frse, Maspéro, Paris, Paris, 1980.
- DASGUPTA P.S., HEAL G. (1974), «The Optimal Depletion of Exhaustible Resources», *Review of Economic Studies*, Symposium Issue, 1-23.
- DASGUPTA P.S., HEAL G. (1979), *Economic Theory of Exhaustible Resources*, James Nisbet-Cambridge University Press, Cambridge.
- DASGUPTA P.S., HEAL G.H., STIGLITZ J.E. (1980), «The Taxtion of Exhaustible Resources», NBER, Working Paper, n° 346, Cambridge, Mass.
- DASGUPTA P.S., MITRA T. (1983), «Intergenerational equity and efficient allocation of exhaustible ressources», *International Economic Review*, 24, 133-153.
- DAVID P. (1985), «Clio and the Economics o QWERTY», *American Economic Review*, 75, (2), 332-337.
- DAWKINS R. (1976), *The Selfish Gene*, Oxford University Press, Nova Iorque.
- DE BOER B., DE HAAN M., VOOGT M. (1994), «What would Net Domestic Product Have Been in an Environmentally sustainable Economy? Preliminary Views and Results», paper for the Meeting on National Acouts and the Environment, Londres, Março 16-18, 1994.
- DEBEIR J.-C., DELÉAGE J.-P., HÉMERY D. (1986), *Les servitudes de la puissance: une histoire de l'énergie*, Flammarion, Paris.
- DEBREU G. (1959), *Théorie de la valeur*, trad. franc. Dunod, Paris.
- DEVALL B., SESSIONS G. (1985), *Deep ecology: Living as if Nature Mattered*, Peregrine Smith Books, Salt Lake City.
- DEVARAJAN S., FISHER A.C. (1981), «Hotelling's Economics of Exhaustible Resources: Fifty Years», *Journal of Economic Literature*, 19, 65-73, Março.

- DIETZ F.J., VAN DER STRAATEN J. (1992), «Rethinking Environmental Economics: Missing Links between Economic Theory and Environment Policy», *Journal of Economic Issues*, 13, (4), 27-51.
- DIXIT A., HAMMOND P., HOEL M. (1980), «On Hartwick's rule for regular maxi-mini paths of capital accumulation and resource depletion», *Review of Economic Studies*, 47, 551-556.
- DOSI G., FREEMAN C., NELSON R., SILVERBERG G., SOETE L. (1988) (eds), *Technical Change and Economic Theory*, F. Pinter, London, Columbia U.P., Nova Iorque.
- DOSI G., METCALFE S. (1991), «Approches de l'irréversibilité en théorie économique», in BOYER R., CHAVANCE B., GODARD O. (eds), *Les figures de l'irréversibilité en économie*, Éditions de l'EHESS, Paris.
- DRAGUN A.K., O'CONNOR M.P. (1993), «Property Rights, Public Choice and Pigouvianism», *Journal of Post Keynesian Economics*, 16, 127-152.
- DUMONT L. (1977), *Homo Aequalis*, Gallimard, Paris.
- EDGEWORTH F.Y. (1881), *Mathematical Psychics*, C. Keagan Paul, London.
- EKINS P., MAX-NEEF M. (1992) (eds), *Real-Life Economics. Understanding Wealth Creation*, Routledge, Londres-Nova Iorque.
- EL SERAFY S. (1989), «The proper calculation of income from depletable natural resources», in AHMAD Y.J. et alii (1989), *Environmental Accounting for Sustainable Development*, The World Bank, Washington.
- ENGELS F. (1925), *Dialectique de la nature*, trad. franc. Éditions sociales, Paris, 1975.
- ETNER F. (1990), «Calcul économique 1789-1815», *Économies et sociétés*, 24, 7-10.
- FABER M. (1985), «A Biophysical Approach to the Economy. Entropy, Environment and Resources», in VAN GOOL W., BRUGGINK J. (eds), *Energy and Time in Economic and Physical Sciences*, Elsevier, Amesterdão-Nova Iorque.
- FABER M., NIEMES H., STEPHAN G. (1987), *Entropy, Environment and Resources: An Essay in Physico-economics*. Springer Verlag, Berlin.
- FABER M., PROOPS J.L.R. (1990), *Evolution, Time, Production and the Environment*, Springer Verlag, Berlin.
- FANDEL G., MATARAZZO B., SPRONK J. (1983), *Multiple Criteria Decision Methods and Applications*, Springer Verlag, Berlin.
- FARZIN Y.H. (1984), «The effect of the discount rate on depletion of exhaustible resources», *Journal of Political Economy*, 92, 841-851.
- FARZIN Y.H. (1992), «The Time Path of Scarcity Rent in the Theory of Exhaustible Resources», *Economic Journal*, 102, 813-830.
- FAUCHEUX S. (1990), *L'articulation des évaluations monétaires et énergétiques en économie*, thèse de doctorat ès sciences économiques, Université Paris I-Panthéon-Sorbonne, Paris.
- FAUCHEUX S. (1993), «The Role of Energy Production Functions», *International Journal of Global Energy Issues*, Special issue on Energy Analysis, 5, 1.
- FAUCHEUX S. (1994), «Energy Analysis and Sustainable Development», in PETHIG R. (ed.), *Valuing the Environment: Methodological and Measurement Issues*, Kluwer, Nova Iorque.
- FAUCHAUX S., FROGER G. (1994a), «Le revenu national soutenable (RNS) est-il indicateur de soutenabilité?», *Revue française d'économie*, 9, 3-37.
- FAUCHAUX S., FROGER G. (1994b), «Decision-making under environmental uncertainty», à paraître in *Ecological Economics*.
- FAUCHAUX S., FROGER G. (1994), «Des outils d'aide à la décision pour la multidimensionalité systémique: une application au développement soutenable», *Revue internationale de systémique*, 8 (4).
- FAUCHAUX S., FROGER G., MUNDA G. (1995), «A suggested application: the sustainability tree», à paraître in FAUCHAUX S., O'CONNOR M. (eds), *Non monetary indicators for sustainability*, Edward Elgar.
- FAUCHAUX S., FROGER G., NOEL J.-F. (1993), «Quelles hypothèses de rationalité pour le développement soutenable?», *Économie appliquée*, 46, (4), 49-103.
- FAUCHAUX S., FROGER G., O'CONNOR M. (1994), «The cost of achieving sustainability: the differences between "environmentally corrected national accounts" and "sustainable national income" as information for sustainable policy», *Cahiers du C3E*, n° 94-18.
- FAUCHAUX S., NOEL J.-F. (1990), *Les menaces globales sur l'environnement*, coll. Repères, La Découverte, Paris.
- FAUCHAUX S., NOEL J.-F. (1992), «Le calcul économique peut-il venir au secours d'une politique de lutte contre l'effet de serre?», *Revue française d'économie*, 7.
- FAUCHAUX S., O'CONNOR M. (1994), «Conditions and indicators of sustainable development in an ecological economic framework», *Cahiers du C3E*, n° 94-13.
- FAUCHAUX S., PASSET R. (1995), «Quelle économie pour l'environnement?», *Économie appliquée*, n° 2.
- FAUCHAUX S., PEARCE D.W., PROOPS J.L.R. (1995) (eds), *Models of Sustainable Development: Complementary or Exclusive Approaches*, Edward Elgar, Londres.
- FAUCHAUX S., PILLET G. (1994), «Energy Metrics: On Valuation Properties of Energy», in PETHIG R. (ed.), *Valuing the Environment: Methodological and Measurement Issues*, Kluwer.
- FAUSTMANN M. (1849), «On the determination of the Value which Forest Lands and Immature Stands Possess for Forestry», trad. ingl., in GAME M. (ed.), *Oxford Institute Papers*, 42, 1968.
- FAVEREAU O. (1991), «Irréversibilités et institutions: problèmes micro-macro», in BOYER R., CHAVANCE B., GODARD O. (eds), *Les figures de l'irréversibilité en économie*, Éditions de l'EHESS, Paris.
- FISHER I. (1930), *The Theory of Interest*, Macmillan, Nova Iorque.
- FISHER A.C., KRUTILLA J.V. (1975), «Resource Conservation, Environment Preservation, and the Rate of Discount», *Quarterly Journal of Economics*, 89, 358-370.
- FISHER A.C., KRUTILLA J.V., CICCHETTI C.J. (1972), «The Economics of Environmental Preservation: A Theoretical and Empirical Analysis», *American Economic Review*, 42, 605-619.
- FISHER A.C., PETERSON F.M. (1971), «The Environment in Economics: A Survey», *Journal of Economic Literature*, 14, 1-33.
- FISHER A.C., HANEMANN W.M. (1986), «Option Value and the Extinction of species», in SMITH V.K. (ed.), *Advances in Applied Microeconomics*, 4, 169-190, JAI Press, Greenwood, CONN.
- FISHER A.C., HANEMANN W.M. (1987), «Quasi-Option Value: Some Misconceptions Dispelled», *Journal of Environmental Economics and Management*, 14, 183-190.

- FOLKE C. (1986), «The Baltic salmon, ecological and economic evaluation of natural resource», Report for National Swedish Board of Fisheries, Institute on Freshwater Research, Drottningholm.
- FOLKE C. (1988). «Energy economy of salmon aquaculture in the Baltic sea», *Environmental Management*, 12, 525-537.
- FREDRIZZI M., KACPRZYK J. (1988), «On measuring consensus in the setting of fuzzy preference relations», in KACPRZYK J., ROUBENS M., *Nonconventional preference relations in decision making*, Springer Verlag, Berlin, 129, 141.
- FREEMAN A.M. III (1979), *The Benefits of Environmental Improvement: Theory and Practice*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD.
- FROGER G. (1993), «Les modèles théoriques du développement soutenable: une synthèse des approches méthodologiques», in BARRAQUE B. (éd.), *La ville et le génie*, Presse de l'environnement, École nationale des Ponts et Chaussées, Paris.
- FROGER G., MUNDA G. (1994), «Methodology for decision support: procedural rationality and multicriteria decision aid», *Cahiers du C3E*, n° 94-20.
- FROGER G., ZYLA E., (1994a), «Uncertainty in environmental decision-making: orthodox or systemic approaches», papier présenté au symposium 7th International Conference on the Foundations and Applications of Utility, Risk and Decision Theory, Oslo, Julho.
- FROGER G., ZYLA E., (1994b), «Decision-making for sustainable development», à paraître in FAUCHAUX S., O'CONNOR M., VAN DER STRATEN J. (eds), *Sustainable Development: Analysis and Public Policy*, Kluwer.
- FUNTOWICZ S.O., RAVETZ J.R. (1991), «A new scientific methodology for global environmental issues», in COSTANZA R. (ed.), *Ecological Economics: The science and Management of Sustainability*, Columbia University Press, Nova Iorque, 137-152.
- GAFFNEY M.M. (1967) (ed.), *Extractive Resources and Taxation*, University of Wisconsin Press, Madison, WI.
- GASTALDO S., RAGOT L., (1995), «Sustainable Development through Endogenous Growth Models», in FAUCHAUX S., PIERCE D.W., PROOPS J.L.R. (eds), *Models of sustainable Development*, Edward Elgar, Londres.
- GEORGES-ROEGER N. (1971), *The Entropy Law and the Economic Process*, Harvard University Press, Cambridge, MASS.
- GEORGESCU-ROEGER N. (1975), «Energy and economic myths», *Southern Economic Journal*, 41, 347-381.
- GEORGESCU-ROEGER N. (1979), *Demain la décroissance; Entropie-Écologique-économie*, trad.franc., Éditions Pierre-Marcel Favre, Lausana.
- GEORGESCU-ROEGER N. (1982a), «Energetic Dogma, Energetic Economics and Viable Technologies», in MORONEY J.R. (ed.), *Advances in the Economics of Energy and Resources*, 4, JAI Press, Greenwood, CONN.
- GEORGESCU-ROEGER N. (1982b), «La dégradation entropique et la destinée prométhéenne de la technologie humaine», *Économie appliquée*, 35, 1-2.
- GETZ W.M., HAIGHT R.G. (1989), *Population Harvesting*, Princeton University Press, Princeton, N.J.
- GILBERT R.J. (1978), «Dominant Firm Pricing Policy in a Market for an Exhaustible Resource», *Bell Journal of Economics*, 9, (2), 385-395.
- GILBERT R.J. (1979), «Optimal Depletion of an Uncertain Stock», *Journal of Political Economy*, 46, (1), 47-57.
- GILBERT R.J., GOLDMAN S.M. (1978), «Potential Competition and the Monopoly Price of an Exhaustible Resource», *Journal of Economic Theory*, 17, (2), 319-331.
- GODARD O. (1990), *Théorie économique et écologie: moyens et limites d'une stratégie d'assimilation*, Communication à la Fondation Nationale des Sciences Politiques, Paris, Setembro.
- GODARD O. (1991) «L'action face au problème de changement climatique: contraintes économiques, enjeux politiques», Working Paper, CIPED Paris.
- GODARD O. (1993), *Environnement et régularisation du développement en économie mixte de marché*, thèse pour le doctorat d'État ès sciences économiques, Université de Paris I.
- GODARD O., SALLES J.-M. (1991), «Entre nature et société. Les jeux de irréversibilité dans la construction économique et sociale du champ de l'environnement», in BOYER R., CHAVANCE B., GODARD O (eds), *Les figures de L'irréversibilité en économie*, Éditions de l'EHESS, Paris.
- GOODIN R.E. (1982), «Discounting Discounting», *Journal of Public Policy*, 2, 53-72.
- GORDON H.S. (1954), «The Economic Theory of a Common Property Resource: the Fishery», *Journal of Political Economy*, 62, 124-142.
- GRANDAMY R. (1973), *La Physiocratie, Théorie générale du développement économique*, Mouton, Paris-La Haye.
- GRAY L.C. (1914), «Rent Under Assumption of Exhaustibility», *Quarterly Journal of Economics*, 28, 466-489.
- GREENWAY D., BLEANEY M., STEWART I. (eds), *Economics in perspective*, Routledge, Londres.
- GUELLEC D., RALLE P. (1995), *Les nouvelles théories de la croissance*, coll. Repères, La Découverte, Paris.
- GREGORY G. (1972), *Forest Resource Economics*, Ronald, Nova Iorque.
- HAHN R.W., HESTER G.L. (1989), «Marketable Permits: Lessons for Theory and Practice», *Ecology Law Quarterly*, 16, 361-406.
- HALL C.A.S., CLEVELAND C.J., KAUFMAN R. (1986), *Energy and Resource Quality, the Ecology of the Economic Process*, Wiley, Nova Iorque.
- HALL D., HALL J. (1984), «Concepts and Measures of Natural Resource Scarcity with a Summary of Recent Trends», *Journal of Environmental Economic Management*, 11, 363-379.
- HAMILTON K., O'CONNOR J. (1994), *Genuine Saving and the Financing of Investment*, Environment Department, World Bank, Washington DC.
- HANEMANN W.M. (1989), «Information and the Concept of Option Value», *Journal of Environmental Economics and Management*, 16, 23-37.
- HANNESSON R. (1975), «Fishery Dynamics: a North-Atlantic Cod Fishery», *Canadian Journal of Economics*, 8, 151-173.
- HANNON B.M. (1972), *System energy and recycling: a study of the container industry*, American Society of mechanical engineers, Nova Iorque, 72-WA-ENER-3.
- HARTWICK J.M. (1977), «Intergenerational Equity and the Investing of Rents from exhaustible Resources», *American Economic Review*, 67 (5), 972-974.

- HARTWICK J.M., (1978a), «Substitution Among Exhaustible Resources and Intergenerational Equity», *Review of Economic Studies*, 45, 347-354.
- HARTWICK J.M. (1978b), «Investing Returns from Depleting Renewable Resource Stocks and Intergenerational Equity», *Economic Letters*, 1, 85-88.
- HARTWICK J.M. (1978c), «Exploitation of Many Deposits of an Exhaustible Resource», *Econometrica*, 46, (1), 201-218.
- HARTWICK J.M. (1991), «Dgradation of environmental capital and national accounting procedures», *European Economic Review*, 35, 642-649.
- HARTWICK J.M., OLEWILLER N.D. (1986), *The Economics of Natural Resource Use*, Harper Collins Publishers.
- HATEM F. (1990), «Le concept de développement soutenable: une origine récente, une notion ambiguë, des applications prometteuses», *Économie prospective internationale*, n° 44.
- HEAL G.M. (1976), «The Relationship between Price an Extraction Cost for a Resource with Backstop Technology», *Bell Journal of Economics*, 7, (2) 371-378.
- HELM D., PEARCE D.W. (1989), «Assessment: Economic Policy Towards the Environment», *Oxford Review of Economic Policy*, 6, 1-16.
- HÉNIN P.-Y. (1981), *Macrodynamique, Fluctuations et Croissance*, Economica, Paris.
- HENRY C. (1974), «Option Values in the Economics of Irreplaceable Resources», *Review of Economic Studies*, 41, 88-93.
- HENRY C. (1990), «Efficacité économique et impératifs éthiques: l'environnement en copropriété», *Revue économique*, 41, 2, 195-214.
- HERFINDAL O.C. (1967), «Depletion and Economic Theory», in GAFFNEY M. (ed.), *Extractive Resources and Taxation*, Wisconsin University Press, Madison, WI.
- HERFINDAL O.C., KNEESE A.V. (1974), *Economic Theory of Natural Resources*, Merrill, Columbus, OH.
- HINKS J.R. (1939), «The Foundation of Welfare Economics», *Economic Journal*, 49, 696-712.
- HINKS J.R. (1946), *Value and Capital*, 2ed., Oxônia, Oxford University Press.
- HIRST E., HERENDEEN R.A. (1973), «Total energy demand for automobiles», paper n° 730065 delivered at the international Automotive Engineering Congress, Society of automotive engineers, January.
- HNYLICZA E., PINDYCK R.S. (1976), «Pricing Policie for a two-Part Exhaustible Resource Cartel: The Case of OPEC», *European Economic Review*, 8, 2, 139-154.
- HOBBS T. (1651), *Leviathan*, Traité de la matière, de la forme et du pouvoir de la république ecclésiastique et civile, trad.franc. Sirey, Paris, 1971.
- HOEHN J.P., RANDALL A. (1987), «A Satisfactory Benefit Cost Indicator From Contingent Valuation», *Journal of Environmental Economics and Management*, 14, 226-247.
- HOEL M. (1978), «Resource Extraction, Uncertainty, and Learning», *Bell Journal of Economics*, 7, (2) 371-378.
- HOEVENAGEL R. (1994a), «An Assessment of the Contingent Valuation Method», in PETHIG R. (ed.), *Valuing the Environment: Methodological and Measurement Issues*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- HOTELLING J.C., BARON R. (1992), «Réduire les émissions de gaz à effet de serre au moyen de permis négociables», Séminaire ECLAT-ESCG, *Économie et société face aux changements globaux*, Paris.
- HOWARTH R.B. (1991a), «Intergenerational competitive equilibria under technological uncertainty and an exhaustible resouce constraint», *Journal of Environmental Economics and Management*, 21, 225-243.
- HOWARTH R.B. (1991b), «Intertemporal equilibria and exhaustible ressources: an overlapping generations approach», *Ecological Economics*, 4, 237-252.
- HOWARTH R.B. (1992), «Intergenerational justice and chain of obligation», *Environmental Values*, 1, 133-140
- HOWARTH R.B. (1994), «Sustainability under uncertainty: a Kantian approach», in *Modèles du développement soutenable: des approches exclusives ou complémentaires de la soutenabilité?*, Actes du colloque organisé par le C3E, 16-18 Março, Paris.
- HOWARTH R.B., NORGAARD R.B. (1990), «Intergenerational resource rights efficiency and social optimality», *Land Economics*, 66, 1-11.
- HOWARTH R.B., NORGARD R.B. (1992), «Environmental valuation under sustainability», *American Economic Review*, 82, 473-477.
- HOWE C.W. (1979), *Natural Resource Economics; Issues, Analysis and Policy*, John Wiley and Sons, Nova Iorque.
- HUANG S.L., ODUM H.T. (1991), «Ecology and Economy: Emergy synthetis and public policy in Taiwan», *Journal of Environmental Managemant*, 32, 313-333.
- HUETING R. (1991), «Correcting national income for environmental losses: toward a practical solution for theoretical dilemma», in COSTANZA R. (ed.), *Ecological Economics, The Science and Management of Sustainability*, Columbia University Press, Nova Iorque.
- HUETING R., BOSCH P., DE BOER B. (1992), *Methodology for the Calculation of a Sustainable Income*, statistical essays M44, Central Bureau of Statistics, Voorburg.
- IFIAS, (1975), *Workshop on energy analysis and economics*, report n° 9, Estocolmo, Agosto.
- JANSEN H.M.A., VAN DER MEER G.J., OPSCHOOR J.B., STAPEL J.H.A. (1972), *An Estimate of the Damage Caused by Air Pollution in the Netherlands in 1970*, Institute for Environmental Studies, Series A-No 8a, Amesterdão,
- JESSUA C. (1968), *Coûts sociaux et privés*, PUF, Paris.
- JEVONS (1865), *The Coal Question; an Inquiry concerning the progress of the national and the probable exhaustion of our coal mines*, reprint, A.M. Kelley, Nova Iorque, 1965.
- JEVONS W.S. (1871), *La théorie de l'économie politique*, trad. franc., Giard et Brière, Paris, 1909.
- JOHANSSON P.O. (1991), *An Introduction to Modern Welfare Economics*, Cambridge University Press, Cambridge.
- JOHANSSON P.O. (1994), «Valuation and Aggregation», in PETHIG R. (ed.), *Valuing the Environment: Methodological and Measurement Issues*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

- JORGENSEN D., GRILICHES Z. (1967), «The Explanation of Productivity Change», *Review of Economics and Statistics*, 34, 250-282.
- JUDSON D.H. (1989), «The convergence of neo-ricardian and embodied energy theories on value and price», *Ecological Economics*, 1, 261-283.
- KABERGER T. (1991), «Measuring instrumental value in energy terms», in FOLKE C., KABERGER T. (eds), *Linking the natural environment and the economy: essay from the Eco-Eco group*, Kluwer.
- KALDOR N. (1939), «Welfare Propositions of Economics and Inter-Personal Comparisons of Utility», *Economic Journal*, 49, 549-552.
- KAY J., MIRRLEES J. (1975), «The Desirability of Natural Resource Depletion», in PEARCE D.W., ROSE J. (eds), *The Economics of Natural Resource Depletion*, Macmillan, Londres.
- KEELER E., SPENCE M., ZECKHAUSER R. (1972), «The optimal control of pollution», *Journal of Economic Theory*, 4, 19-34.
- KEENEY R., RAIFFA H. (1976), *Decision with Multiple Objectives; Preferences and Value Trade-off*, Wiley, Nova Iorque.
- KEMP M.C., (1976), «How to Eat a Cake of Unknown Size», in *Tree Topics in the Theory of International Trade*, North Holland Amsterdão.
- KETE N. (1992), «Le Système de permis d'émission négociables américain appliqué à lutte contre les pluies acides», in *OCDE Le Changement climatique; concevoir un système de permis négociables*, Paris.
- KEYNES J.M. (1936), *Théorie générale de l'emploi, de l'intérêt et de la monnaie*, trad. franc., PAYOT, Paris, 1959.
- KLAASSEN G.A.J., OPSCHOOR J.B. (1991), «Economics of sustainability of sustainability of economics: different paradigms», *Ecological Economics*, 4, 93-115.
- KNEESE A.V., AYRES R.U., D'ARGE R. (1970), *Economics and the Environment*, John Hopkins University Press, Baltimore.
- KNEESE A.V., SCHULZE C.L. (1985), «Ethics and Environmental Economics», in KNEESE A.V., SWEENEY J.L. (eds), *Handbook of Natural Resources and Energy Economics*, vol. 1, Elsevier, Amsterdão-Nova Iorque.
- KNEESE A.V., SWEENEY J.L. (eds) (1985a), *Handbook of Natural Resource and Energy Economics*, vol.I, North Holland, Amsterdão.
- KNEESE A.V., SWEENEY J.L. (eds) (1985b), *Handbook of Natural Resource and Energy Economics*, vol. II, North Holland, Amsterdão.
- KNEESE A.V., SWEENEY J.L. (eds) (1993), *Handbook of Natural Resource and Energy Economics*, vol.III, Elsevier-North Holland, Amsterdão.
- KNIGHT F.H. (1921), *Risk, Uncertainty and Profit, Reprint of Economic Classics*, A.M. Kelley Bookseller, Nova Iorque, 1964.
- KRAUTKRAEMER J.A. (1982), *Optimal Growth, Resource Amenities and the Extraction of Natural Resources*, Unpublished Ph. D Dissertation, Stanford University.
- KRAUTKRAEMER J.A. (1985), «Optimal growth, resource amenities and the preservation of natural environment», *Review of Economic Studies*, 52, 153-170.
- KRAUTKRAEMER J.A. (1986), «Optimal depletion with resource amenities and a backstop technology», *Resources and Energy*, 8, 133-149.
- KRAUTKRAEMER J.A. (1988), «The rate of discount and the preservation of natural environments», *Natural Resource Modeling*, 2, 421-437.
- KRUTILLA J.V. (1967), «Conservation Reconsidered», *American Economic Review*, 57, 777-786.
- KUNHN T. (1962), *Structure des révolutions scientifiques*, trad. franc., Flammarion, Paris.
- KUMMEL R. (1989), «Energy as a factor of production and entropy as a pollution indicator in macroeconomic modelling», *Ecological Economics*, 1, 161-181.
- KUMMEL R., SHUSSLER U. (1991), «Heat Equivalents of Noxious Substances: a pollution indicator for environment accounting», *Ecological Economics*, 3.
- LAFFONT J.J. (1977), *Effets externes et théorie économique*, Monographie du Séminaire d'économétrie, Éditions du CNRS, Paris.
- LAROUÏ (1993), «Un cadre critique générale de la modélisation», Frans-Nederlandse Samenwerking workshop, Amsterdão, SEO, Julho.
- LE GOFF P. (ed.) (1979), *Énergétique industrielle*, vol. 2, Éditions Technique et Organisation, Paris.
- LELE U. (1989), *Sustainable Development, A Critical Review, manuscript version, Energy and Resources Group*, University of California, Berkeley.
- LELE U., STONE S. (1989), «Population Pressure, the Environment and Agricultural Intensification: Variations on the Boserup Hypothesis», *Madia Discussion Paper*, 4, The World Bank, Washington DC.
- LEONTIEF W. (1928), «Die Wirtschaft als Kreislauf», *Archiv fur Sozialwissenschaft und Sozialpolitik*, 3.
- LEONTIEF W. (1970), «Environmental repercussions and the economic structure; an input.output approach», *Review of Economics and Statistics*.
- LEVHARI D., LIVIATAN N. (1977), «Notes on Hotelling's Economics of Exhaustible Resources», *Canadian Journal of Economics*, 10, Maio, 177-192.
- LEWIS T.R. (1976), «Monopoly Exploitation of an Exhaustible resource», *Journal of Environmental Economics and Management*, 3, 198-201.
- LINDEMAN R.L. (1942), «The trophic-dynamic aspect of ecology», *Ecology*, 23, 399-418.
- LONG N.V. (1975), «Resource Extraction under the Uncertainty about Possible Nationalization», *Journal of Economic Theory*, 10, (1), 42-53.
- LOTKA A.J. (1992a), «Contribution to the Energetics of Evolution», *Proceedings of the National Academy of Science*, 8, (6), 147-150.
- LOTKA A.J. (1992b), «Natural Selection as a Physical Principle», *Proceedings of the National Academy of Science*, 8, (6), 151-155.
- LOTKA A.J. (1924), *Elements of Physical Biology*, Williams et Wilkins, Baltimore, MD.
- LOURY G.C. (1978), «The Optimal Exploitation of an Unknown Reserve», *Review of Economic Studies*, 45, 621-636.
- LOVELOCK J. (1979), *La terre est un être vivant: l'hypothèse Gaia*, trad. franc., Éditions du Rocher, Paris, 1986.
- LUTZ M. (1992), «Humanistic Economics: History and Basic Principles, in EKINS P., MAX-NEEF M. (eds), *Real Life Economics. Understanding Wealth Creation*, Routledge, Londres-Nova Iorque.

- MAC ARTHUR R.H., WILSON E.O. (1967), *The Theory of Island Biogeography*, Princeton University Press, NJ.
- MAHÉ L. (1975), «Une note sur la théorie des ressources naturelles libres», *Revue d'économie politique*, 85, 746-791.
- MALER K.G. (1974), *Environmental Economics: A Theoretical Inquiry*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD.
- MALER K.G. (1991), «National Accounts and Environmental Resources», in *Environmental and Resource Economics*, 1, Kluwer Academic Publishers.
- MANNE A.S., RICHELIS R.G. (1990), «CO₂ Emissions Limits: An Economic Cost Analysis for the USA», *The Energy Journal*, 11, 2.
- MARKANDYA A. (1988), «The Value of Environment: a State of the Art Survey», *Journal of Environmental Economics and Management*, 15.
- MARSHALL A. (1920), *Principles of Economics*, 8th edition, Macmillan, Londres, 1964.
- MARTINEZ-ALIER J. (1987), *Ecological Economics*, Blackwell, Oxónia-Nova Iorque.
- MARX (1867), *Le Capital*, Livre Premier, tradução francesa, 3 vol., Éditions Sociales, Paris, 1950.
- MCHARG I. (1966), «Ecological Determinism», in DARLING, MILTON (eds). *Future Environment of North America*, Nova Iorque.
- MCHARG I. (1969), *Design with Nature*, Natural History Press, Nova Iorque.
- MCKELVEY V.E. (1972), «Mineral Resource Estimates and Public Policy», *American Scientist*, 66, (1) 32-40.
- MEADE E.J. (1952), «External Economies and Diseconomies in a Competitive Situation», *Economic Journal*.
- MEADE E.J. (1973), *The Theory of Externalities; The Control of Environmental Pollution and Other Social Costs*, AW. Sijthoff, Leiden.
- MEADOWS D.L., BEHRENS W.W. III, MEADOWS D.H., NAIL R.F. (1977), *Dynamique de la croissance dans un monde fini*, trad. frse, Economica, Paris.
- MEADOWS D.H., MEADOWS D.L., RANDERS J., BEHRENS W.W. III (1972), *Halte à la croissance: Rapport sur les limites de la croissance*, trad. frse, Fayard, Paris.
- MENGER C. (1871), *Principles of Economics*, trad. ingl., Free Press, Glencoe, III, 1950.
- MENGER C. (1888), «Zur Theorie des Kapitals», *Jahrbuch fur Nationalökonomie und Statistik*.
- MÉRAL P. (1995), «L'équité intergénérationnelle en environnement: réflexion critique autour de l'utilisation de Rawls par l'analyse standard», *Économie appliquée*, n° 2.
- MÉRAL P., SCHEMBRI P., ZYLA E. (1994), «Technological Lock-In and Complex Dynamics: Lessons from the French Nuclear Policy», *Revue internationale de systémique*, 8, n° 4.
- MICHEL P., ROTILLON G. (1993), «Pollution's disutility and endogeneous growth», mimeo, Paris-Paris X.
- MILL J.S. (1857), *Principles of Political Economy*, rééd. Kelley, Nova Iorque, 1965.
- MIRABEAU (1760), *Tableau économique avec ses explications*, Avinhão.
- MIRMAN L.J., SPULBER D.F. (eds) (1982), *Essays in Economics of Renewable Resources*, North Holland, Amesterdão.
- MISHAN E.J. (1969), *The Costs of Economic Growth*, Pelican Books, Londres.
- MISHAN E.J. (1971), «The Post War Literature on Externalities, an Interpretative Essay», *Journal of Economic Literature*, 9, 1-28.
- MITCHELL R.C., CARSON R.T. (1989), *Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Methode*, Resources for the Future, Washington, DC.
- MONGIN P. (1986), «Simon, Stigler et les théories de la rationalité», *information sur les sciences sociales*, 25, n° 3.
- MONOD J. (1970), *Le hasard et la nécessité*, reed., Points-Seuil, 1973.
- MOURMOURAS A. (1993), «Conservationist Government Policies and Intergenerational Equity in an Overlapping Generations Model with Renewable Resources», *Journal of Public Economics*, 51, 249-268.
- MUNDA G. (1993), *Fuzzy Information in Multicriteria Environmental Evaluation Models*, Ph D. Thesis Free University Amsterdam.
- MUNDA G., NIJKAMP P., RIETVELD P. (1994), «Quantitative Multicriteria Evaluation for Environmental Management», *Ecological Economics*, 10, 97-112.
- NAESS A. (1990), «Sustainable Development and Deep Ecology», in ENGEL J.R., ENGEL J.E. (ed.), *Ethics of Environment and Development*, Belhaven Press, Nova Iorque.
- NASH R.F. (1989), *The Rights of Nature: an History of Environmental Ethics*, University of Wisconsin Press, Madison, WI.
- NELSON R.R., WINTER S.G. (1982), *An Evolutionary of Economic Change*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- NEMER P.A. (1990), *Natural Resource Economics Conservation and Exploitation*, Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- NEWBERY P. (1980), «Oil Prices, Cartels and the Problem of Dynamic and Consistency», *Economical Journal*, 91, 617-646.
- NOEL J.-F. (1977), *Le mode de traitement de l'environnement dans la théorie et la pratique économique*, thèse de doctorat d'État ès sciences économiques, Université de Paris I - Panthéon -Sorbonne, multigraphié.
- NORDHAUS W.D. (1973), «The Allocation of Energy Resources», *Brookings Paper on Economic Activity*, 3, 529-576.
- NORDHAUS W.D. (1992), «Is Growth Sustainable? Reflections of the concept of sustainable economic growth», Paper for International Economic Association, Varenna, Outubro.
- NORGAARD R. (1975), «Resource Scarcity and New Technology in U.S. Petroleum Development», *Natural Resource Journal*, 15, 265-295.
- NORGAARD R.B. (1984), «Coevolutionary development potential», *Land Economics*, 60, (2).
- NORGAARD R.B. (1988), «Sustainable Development: a Coevolutionary View», *Futures*, 20, (6), 606-620.
- NORGAARD R. (1990), «Economic Indicators of Resource Scarcity: A Critical Essay», *Journal of Environmental Economics and Management*, 19, 19-25.
- NORGAARD R.B. (1992), «Coevolution of Economy, Society and Environment», in EKINS P., MAX-NEEF M. (eds), *Real-Life Economics*, Routledge, Londres-Nova Iorque.

- NORGAARD R.B., HOWARTH R.B. (1991), «Sustainability and Discounting the Future», in Costanza R. (ed.), *Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability*, Columbia University Press, Nova Iorque.
- NORTON B.G. (1982), «Environmental Ethics and Rights of Future Generations», *Environmental Ethics*, 4, (4), 319-330.
- NORTON B.G. (1984), «Environmental Ethics and Weak Anthropocentrism», *Environmental Ethics*, 6, (2), 131-148.
- O'CONNOR M. (1991), *Time and Environment*, Ph. D. Thesis, University of Auckland.
- O'CONNOR M. (1995), «Cherishing the Future, cherishing the other; a "post-classical" Theory of Value», in Fauchaux S., Pearce D.W., Proops J.L.R. (eds), *Models of Sustainable Development*, Edward Elgar, Londres.
- O'CONNOR M., FAUCHAUX S., FROGER G., FUNTOWICZ S.O., MUNDA G. (1995), «Emergent complexity and Procedural Rationality: Post-Normal Science for Sustainability», in Costanza R., Segura O. (eds), *Getting down to Earth*, Island Press, Washington D.C.
- O'RRIORDANT T. (1971), *Perspectives on Resource Management*, Pion Ltd, Londres.
- ODUM H.T. (1983), *Systems Ecology. An Introduction*, Wiley, Nova Iorque.
- ODUM H.T. (1988), «Energy and public policy. A guide to the analysis of systems», *UNEP Regional Seas Report and Studies*, n° 95, UNEP, Nairobi.
- ODUM H.T., ODUM E.C. (1981), *Energy Basis for Man and Nature*, Mac Graw Hill Book Company, Nova Iorque.
- ODUM H.T., ODUM E.C. (1983), *Energy analysis overview of nations*, IIASA.
- OPSCHOOR J.B., VAN DER STRAATEN J. (1993), «Sustainable Development: an Institutional Approach», *Ecological Economics*, 7, (5), 303-222.
- ORLÉAN A. (1994), *L'économie des conventions*, PUF, Paris.
- OWEN R. (1832), *Report to the county of Lanark of a plan for relieving public distress and removing discount by giving permanent productive employment to the poor and working class*.
- PAGE R.T. (1977), *Conservation and Economic Efficiency. An approach to Materials Policy*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, MY, Resources For the Future, Washington DC.
- PAGE R.T. (1983), «Intergenerational Justice as Opportunity», in MacLean D., Brown P.G. (eds), *Energy and the Future*, Rowman et Littlefeld, Totowa, NJ.
- PAGE R.T. (1988), «Intergenerational Equity and the Social Rate of Discount», in Smith V.K. (ed.), *Environmental Resources and Applied Welfare Economics*, Essays in Honor of John V. Krutilla, Resources For the Future, Washington, DC.
- PAKRAVAN K. (1977), «A Model of Oil Production Development and Exploration», *Journal of Energy and Development*, 3, 143-153.
- PAKRAVAN K. (1981), «Exhaustible Resource Models and Predictions of Crude Oil Prices: Some Preliminary Results», *Energy Economics*, Julho, 169-177.
- PARETO V. (1897), *Cours d'économie politique*, reed. Droz, Paris-Genebra, 1964.
- PARETO V. (1906), *Manuel d'Économie Politique*, reed. Droz, Paris-Genebra, 1964.
- PASSET R. (1979), *L'Économique et le vivant*, Petite Bibliothèque Payot, Paris.
- PASSET R. (1980) (ed.), *Une approche multidisciplinaire de l'environnement*, coll. Cahiers du C3E, Economica, Paris.
- PASSET R. (1984), *Les processus de satisfaction des besoins de l'environnement*, Cahiers du C3E, n° 2.
- PASSET R. (1985), «La pensée marxienne sous les feux de la thermodynamique», in *Mélanges en l'honneur du Pr J. Weiller*, Economica, Paris.
- PASSET R. (1986), «L'économie à l'écoute de la physique et de la biologie», *La Revue nouvelle*, n° 10, octobre, Bruxelles.
- PASSET R. (1990), «Environnement et biosphère», in Gieffe X., Mairesse J., Reiffers J.L. (eds), *Encyclopédie économique*, tome II, Economica, Paris.
- PEARCE D.W. (1976), «The Limits of Cost Benefit Analysis as a Guide to Environmental Policy», *Kyklos*, 29, 97-112.
- PEARCE D.W. (1988), «Economics, Equity and Sustainable Development», *Futures*, 20, 598-606.
- PEARCE D.W. (1990), «Environmental Sustainability and Cost Benefit Analysis», *Environment and Planning*, 22, 1259-1266.
- PEARCE D.W. (1991), «Economics of the Environment», in Greenway D., Bleaney M., Stewart I (eds), *Economics in perspective*, Routledge, Londres.
- PEARCE D.W. (1994), *Ecological Economics*, Edward Elgar, Londres, no prelo.
- PEARCE D.W., ATKINSON G.D. (1993), «Capital theory and the measurement of sustainable development: an indicator of "weak" Sustainability», *Ecological Economics*, 8, 85-103.
- PEARCE D.W., BARBIER E., MARKANDYA A. (1990), *Sustainable Development: Economics and Environment in the Third World*, Edward Elgar, London and Earthscan, Londres.
- PEARCE D.W., MARKANDYA A. (1989), *L'évaluation monétaire des avantages des politiques de l'environnement*, OCDE, Paris.
- PEARCE D.W., TURNER R.K. (1990), *Economics of Natural Resources and the Environment*, Harvester Wheatsheaf, Hemel Hempstead, Herst.
- PEARCE D.W., WARFORD J.J. (1993), *World Without End, Economics, Environment, and Sustainable Development*, Oxford University Press, Oxónia, The World Bank, Nova Iorque.
- PEET J. (1993), «Input-output methods of energy analysis», *International Journal of Global Energy Issues*, 5, 10-18.
- PERCEBOIS J. (1989), *Économie de l'énergie*, Economica, Paris.
- PERRINGS C. (1987), *Economy and Environment: A Theoretical Essay on the Interdependence of Economic and Environmental Systems*, Cambridge University Press.
- PERRINGS C. (1991), «Reserved Rationality and the Precautionary Principle: Technological Change, Time and Uncertainty in Environmental Decision Making», in Costanza R. (ed.), *Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability*, Columbia University Press, Nova Iorque.
- PERRINGS C. (1994), «Ecological Resilience in the sustainability of economic development», à paraître dans *Économie appliquée*, n° spécial: Quelle économie pour l'environnement?

- PESKIN H.M. (1991), «Alternative Environmental and Resource Accounting Approaches», in Costanza R. (ed.), *Ecological Economics, The Science and Management of Sustainability*, Columbia University Press, Nova Iorque.
- PETERSON F.M., FISHER A.C. (1977), «Exploitation of Extractive Resources. A survey», *Economic Journal*, 87, 681-721.
- PETHIG R. (ed.) (1994), *Valuing the Environment: Methodological and Measurement Issues*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- PETTY W. (1992), *Les Œuvres économiques de Sir William Petty*, trad. franc., 2 vol., Giard et Brière, Paris, 1995.
- PEZZEY J. (1988), «Market Mechanism of Pollution Control: "polluter pays", economic and practical aspects», in Turner R.K. (ed.), *Sustainable Environment Management: principles and practices*, Belhaven Press, Londres.
- PEZZEY J. (1989), «Economic Analysis of Sustainable Growth and Sustainable Development», Environment Department Working Paper n° 15, World Bank, Washington DC.
- PIGOU A.C. (1920), *Economics of Welfare*, 4th edition, Macmillan, Londres, 1932.
- PILLET G. (1990), «Prix non payés en écologie et en économie de l'environnement», *Revue économique*, 41, 2, 321-333.
- PILLET G. (1993), *Économie écologique*, Georg, Geneva.
- PILLET G., FAUCHAUX S., LEVARLET F., NOEL J.-F. (1991), *Revue critique du modèle ECCO et propositions d'un module environnement*, Paul Scherrer Institute, TM52-91-01.
- PILLET G., MURATA T. (eds) (1987), *Environmental Economics- The Analysis of a Major Interface*, R. Leimgruber, Geneva.
- PILLET G., ODUM H.T. (1987), *E3. Énergie, Écologie, Économie*, Georg, Geneva.
- PIMENTEL D. (1979), *Food, Energy and Society*, Edward Arnold Ltd, Londres.
- PINDYCK R.S. (1978), «Gains to Producters from Cartelization of Exhaustible Resources», *Review of Economics and Statistics*, 60, 238-251.
- PINDYCK R.S. (1979), «Models of Resource Markets and Explanation of Resource Price Behavior», MIT Working Paper 79062, MIT Energy Laboratory, Junho.
- PLOURDE C.G. (1970), «A Simple model of Replenishable Resource Exploitation», *American Economic Review*, 60, 518-522.
- PLOURDE C.G. (1972), «A model of waste accumulation and disposal», *Canadian Journal of Economics*, 5, 125-199.
- PLUMMER M.L., HARTMAN R.C. (1986), «Option Value: A General Approach», *Economic Inquiry*, 24, 455-471, reproduit in Markandya A., Richardson J. (eds), *The Earthscan Reader in Environmental Economics*, Earthscan Publications Ltd, Londres, 1992.
- PODOLINSKI S. (1883), «Menschliche Arbeit und Einheit der Kraft», *Die Neue Zeit*, 1, Setembro-Outubro.
- PONTRYAGIN L.S., BOLTYANSKII V.S., GAMKRELIDZE R.V., MISCHENKO E.F. (1962), *The Mathematical Theory of Optimal Processes*, trad. angl., Wiley Interscience, Nova Iorque.
- POTVIN J. (1991), *Colloque sur les indicateurs d'un développement écologiquement durable; synthèse*, Conseil Consultatif Canadien de l'environnement.
- PRIGOGINE I., STENGERS I. (1979), *La nouvelle alliance*, Gallimard, Paris.
- PROOPS J.L.R. (1985), «Thermodynamics and Economics: from Analogy to Physical Functioning», in Van Gool W., Bruggink J. (eds), *Energy and Time in Economic and Physical Sciences*, Elsevier, Amsterdão-Nova Iorque.
- PROOPS J.L.R., ATKINSON G. (1994), «A Pratical Sustainability Criterion when there is International Trade, in *Les modèles du Développement soutenable: des approches exlusives ou complémentaires de la soutenabilité?*, Actes du colloque organisé par le CNRS, 16-18 Março, Paris.
- PUNZI A. (1987), «Some limits of the energy value in natural resources accountancy», communication to second Vienna Centar Conference on Economics and Ecology, Barcelona, 26-29 Setembro.
- QUESNAY F. (1759), «Tableau économique», in Quesnay F., *Physiocratie*, GF-Flammarion, Paris, 1991.
- QUESNAY F. (1774), «Maximes générales du gouvernement économique d'un royaume agricole», in Quesnay F., *Physiocratie*, GH-Flammarion, Paris, 1991.
- RADZICKI M. (1990), «Institucional Dynamics, Deterministic Chaos, and Self-organizing Systems», *Journal of Economic Issues*, 24, (1).
- RAGNI L. (1992), «Le théorème de Coase: une relecture coasienne», *Revue française d'économie*, 7, 153-193.
- RAMSEY F. (1928), «A Mathematical Theory of Saving», *Economic Journal*, Dezembro.
- RANDALL A., STOLL J.R. (1980), «Consumer's Surplus in Commodity Space», *American Economic Review*, 70, 449-455.
- RAWLS J. (1971), *A Theory of Justice*, Harvard University Press, Cambridge, MASS.
- REBELO S. (1991), «Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth», *Journal of Political Economy*, 99, 500-521.
- REED W.J. (1974), «A Stochastic Model for the Economic Management of a Renewable Animal Resource», *Mathematical Biosciences*, 22, 313-337.
- REED W.J. (1979), «Optimal Escapment Levels in Stochastic and Deterministic Harvesting Models», *Journal of Environmental Economics and Management*, 6, 350-363.
- REED W.J. (1986), «Optimal Harvesting Models in Forestry managment. A survey», *Natural Resource Modeling*, 1, 55-79.
- REPETTO R., (1989), *National Accounts and the Environment*, OCDE, Joint Seminar on the Economics of Environment Issues, Outubro.
- REPETTO R., GILLIS M. (1988), *Public Policies and the Misure of Forest Resources*, Cambridge University Press, Cambridge.
- REVERET J.-P., *La gestion des pêcheries de poissons de l'Atlantique du Nord-Ouest de 1949 à 1984; une perspective bioéconomique*, thèse de doctorat en sciences économiques, Université de Clermont-Ferrand I.
- RICARDO D. (1821), *Des principes de l'économie politique et de l'impôt*, tradução francesa, GF-Flammarion, Paris, 1992.
- RIFKIN J. (1981), *Entropy. A New World View*, Bantam Books, Nova Iorque.
- ROBINSON J. (1980), «Time in Economic Theory», *Kyklos*, 33, (22).

- ROSEN S. (1974), «Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in perfect Competition», *Journal of Political Economy*, 82, 34-35.
- ROTILLON G. (1987), *Gestion optimale des ressources épuisables avec ou sans renouvellement*, thèse de doctorat de 3^e cycle en économie mathématique et économétrie, Université de Paris I- Panthéon-Sorbonne, 295 p.
- ROY B. (1985), *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*, Economica, Paris.
- ROY B. (1990), «Decision Aid and Decision Making», in Bana e Costa C.A., *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, Springer Verlag, Berlin.
- RUEFF J. (1967a), *L'ordre social*, Éd. Génin, Paris.
- RUEFF J. (1967b), *Les dieux et les rois. Regard sur le processus créateur*, 2^e éd., Hachette, Paris.
- RUTH M. (1994), *Integrating Economics, Ecology and Thermodynamics*, Kluwer.
- SALANT S. (1976), «Exhaustible Resources and Industrial Structure: A Nash-Cournot Approach to the world Oil Market», *Journal of Political Economy*, 84, (5), 1079-1093.
- SAMUELSON P.A. (1947), *Les Fondements de l'analyse économique*, trad. franc., Gauthier-Villars, Paris, 1977.
- SANDLER T., SMITH V.K. (1976), «Intertemporal and Intergenerational Pareto Efficiency», *Journal of Environmental Economics and Management*, 2, 151-159.
- SANDLER T., SMITH V.K. (1977), «Intertemporal and Intergenerational Pareto Revisited», *Journal of Environmental Economics and Management*, 4, 252-257.
- SAY J.-B. (1817), *Catéchisme d'économie politique*, rééd., Mame, Tours, 1972.
- SHAEFFER M.B. (1954), «Some Aspects of the Dynamics of Populations Important to the Management of Commercial Marine Fisheries», *Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission*, 1, 25-56.
- SHAEFFER M.B. (1957), «Some Considerations of Population Dynamics and Economics in Relation to the management of Marine Fisheries», *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 14, 669-681.
- SCHMALENSEE R. (1972), «Option Demand and Consumer's Surplus: Valuing Price Changes under Uncertainty», *American Economic Review*, 62, 813-824.
- SCHMALENSEE R. (1976), «Resource Exploitation Theory and the Behavior of the Oil Cartel», *European Economic Review*, 7, (3) 257-279.
- SCHULZE W.D. (1974), «The Optimal Use of Non-Renewable Resources: The Theory of Extraction», *Journal of Environmental Economic and Management*, 1, 1, pp. 53-73.
- SHULZE W.D., BROOKSHIRE D.S., WALTHER E.G., MACFARLAND K., THAYER M.A., WHITWORTH R.L., BEN-DAVID S., MALM W., MOLENAR J. (1983), «The Economic Benefit of Preserving Visibility in the National Parklands of the Southwest», *Natural Resources Journal*, 23, 149-173.
- SCHUMACHER E.F. (1977), *Small is Beautiful*, Harper et Row, Nova Iorque.
- SCHUMPETER J.A. (1954), *Histoire de l'analyse économique*, trad. franc., Gallimard, Paris, 1983.
- SCITOVSKY T. (1954), «Two Concepts of External Economies», *Journal of Political Economy*, 62, 143-151.
- SCOTT H. (1933), «Technologies Smashes the Price System», *Harper's Magazine*, 129-142.
- SCOTT A.D. (1955), «The Fishery: the Objectives of Sole Ownership», *Journal of Political Economy*, 63, 116-124.
- SCOTT A.D. (1972), *Natural Resources: The Economics of Conservation*, 2nd., MacLelland-Stewart, Toronto.
- SCOTT A.D. (ed) (1985), *Progress in Natural Resource Economics*, Clarendon Press, Oxónia.
- SIECHTER M., FREEMAN C. (1993), «Some reflexions on the definition and measurement of existence value», in PETHIG R. (ed.), *Valuing the Environment: Methodological and Measurement Issues*, Kluwer, Nova Iorque.
- SIEBERT H. (1981), «Okonomische Theorie Naturlicher Ressourcen: ein Überblick», *Zeitschrift für Wirtschaftsliche und Soziale Wissenschaften*, 18.
- SIEBERT H. (1992), *Economics of the Environment: Theory and policy*, 3rd ed., Springer Verlag, Berlin.
- SIMON H.A. (1976), «From Substantive to Procedural Rationality», in LATSIS S.J. (ed.), *Methods and Appraisal in Economics*, Cambridge University Press, Cambridge.
- SIMON H.A. (1978), «On How to Decide What to Do», *The Bell Journal of Economics*, 9, 494-507.
- SIMON H.A. (1991), «Bounded rationality», in *The New Palgrave*, I, Macmillan, Londres.
- SIMON H.A. (1993), «Altruism and Economics», *American Economic Review*, AEA Papers and Proceedings, Maio.
- SISMONDI S. (1819), *Nouveaux principes d'économie politique*, rééd. Droz, Genebra-Paris, 1951.
- SLADE M. (1982), «Trends in Natural Resource Commodities Prices: an Analysis of the Time Domain», *Journal of Environmental Economics and Management*, 9, 122-137.
- SLADE M. (1985), «Non Informative Trends in Natural Resource Commodities Prices: U-shaped Price Paths Exonerated», *Journal of Environmental Economics and Management*, 12, 181-192.
- SLESSER M. (1978), *Energy in the Economy*, Macmillan, Londres.
- SLESSER M. (1987), *The Use of Resource Accounting in Development Planning, Validation of the ECCO Model using United Kingdom Data from 1974 to 1984 and Potential for Application*, Resource Use Institute and Centre for Human Ecology, Edimburgo.
- SLESSER M. (1992), «The Natural Philosophy of Natural Capital: can Solar Energy Substitute?», Paper presented to the Conference on Investing in Natural Capital, Estocolmo.
- SLESSER M. (1993), «Energy Resources as Natural Capital», *International Journal of Global Energy Issues*, 5, 1- 4.
- SMITH A. (1776), *Recherches sur la nature et les causes de la richesse des nations*, trad. franc., 2 vol., GF- Flammarion, Paris, 1991.

- SMITH V.L. (1969), «On Models of Commercial Fishing», *Journal of Political Economy*, 77, 181-198.
- SMITH V.K. (1979), «Natural Resource Scarcity: a Statistical Analysis», *Review of Economics and Statistics*, 61, 423-427.
- SMITH V.K., DESVOUGES W.H. (1985), «The Generalized Travel Cost Model and Water Quality Benefits: A Reconsideration», *Southern Economic Journal*, 53, reproduit in MARKANDYA A., RICHARDSON J. (eds), *The Earthscan Reader in Environmental Economics*, Earthscan Publications LTD, Londres, 1992.
- SODERBAUM P. (1990), «Neoclassical and Institutional Approaches to Environmental Economics», *Journal of Economic Issues*, 24, Junho, 481-494.
- SOLOW R.M. (1956), «A Contribution to the Theory of Economic Growth», *Quarterly Journal of Economics*, 70, 65-64.
- SOLOW R.M. (1974), «The Economics of Resources or the Resources of Economics», *American Economic Review*, 64, Papers and Proceedings (2), 1-14.
- SOLOW R.M. (1986), «On the Intergenerational Allocation of Natural Resources», *Scandinavian Journal of Economics*, 88, 141-149.
- SOLOW R.M. (1992), *An Almost Practical Step Toward Sustainability, Resources for the Future*, 40th anniversary lecture (Washington DC, RFF).
- SOLOW R.M., WAN F.Y.M. (1976), «Extraction Costs in the Theory of Exhaustible Resources», *Bell Journal of Economics*, 7, 359-370.
- SORMAN G. (1989), *Les vrais penseurs de notre temps*, Fayard, Paris.
- SPENCE M. (1973), «Blue Whales and Applied Control Theory», in GOTTINGER H. (ed.), *System Approach and Environmental Problems*, Vandenhoeck, Göttingen.
- SPRENG D.T. (1988), *Net-Energy Analysis and the Energy Requirements of Energy Systems*, Praeger, Nova Iorque.
- SPRONK J. (1981), *Interactive Multiple Goal Programming for Capital Budgeting and Financial Planning*, Martinus Nijhoff, Boston.
- SRAFFA P. (1960), *Production de marchandises par des marchandises*, trad.frse, Dunod, Paris, 1970.
- STIGLITZ J.E. (1974), «Growth with exhaustible natural resources: efficient and optimal growth paths», *Review of Economics Studies*, Symposium on the Economics of Exhaustible Resources, 123-137.
- STIGLITZ J.E. (1976), «Monopoly and the Rate of Extraction of Exhaustible Resources», *American Economic Review*, 66, (4), 655-661.
- STROTZ R.H. (1956), «Myopia and inconsistency in dynamic utility maximization», *Review of Economic Studies*, 23, 165-180.
- SVENTO R. (1994), «Welfare Measurement under Uncertainty», in PETHIG R. (1994) (ed.), *Valuing the Environment: Methodological and Measurement Issues*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- SWANEY J.A. (1985), «Economics Ecology and Entropy», *Journal of Economic Issues*, 19, (4).
- SWANEY J.A. (1987), «Elements of a neo-institutional environmental economics», *Journal of Economic Issues*, 21, 1939-1979.
- SWANSON T. (1990), «Conserving Biological Diversity», in PEARCE D.W. (ed.), *Blueprint 2: Greening the World Economy*, Earthscan, Londres.
- SWANSON T. (1992a), «The Economics of Extinction Revisited and Revised», Discussion Paper CSERGE, Londres.
- SWANSON T. (1992b), «The Economics of a Biodiversity Convention», *Ambio*, 21, 250-257.
- SWANSON T. (1993a), «Endangered Species», *Economic Policy, A European Forum*, 16, April, 184-205.
- SWANSON T. (1993b), *The International Regulation of Extinction*, Macmillan, Londres.
- SWANSON T., BARBIER E. (eds) (1992), *Economics for the Wilds: Wildlands, Wildlife, diversity and Development*, Earthscan, Londres.
- SWEENEY J.L. (1977), «Economics of Depletable Resources: Market Forces and International Bias», *Review of Economic Studies*, 125-142.
- SWEENEY J.L. (1993), «Economic Theory of Depletable Resource: an Introduction», in Kneese A.V., Sweeney J.L. (eds), *Handbook of Natural Resource and Energy Economics*, vol.III, p. 759-854.
- TAHVONEN O., KUULUVAINEN J. (1993), «Economic Growth, Pollution, and Renewable Resources», *Journal of Environmental Economics and Management*, 24, 101-118.
- TARTARIN R. (1980), *Le blé, le temps, l'énergie. Théories soviétiques de l'abolition de la monnaie: 1917-1921*, thèse complémentaire de doctorat en science économique, Université de Paris I- Panthéon-Sorbonne.
- THOM R. (1977), *Stabilité structurelle et morphogenèse*, InterÉditions, Paris.
- THOM R. (1980), *Modèles mathématiques de la morphogenèse*, Christian Bourgois, Paris.
- TIENTENBERG T.H. (1980), «Transferable Discharge Permits and the Control of Stationarity Source Air Pollution: A Survey and Synthesis», *Land Economics*, 56, 391- 416.
- TIENTENBERG T.H. (1985), *Emission Trading*, RFF, Washington DC.
- TIENTENBERG T.H. (1988), *Environmental and Natural Resource Economics*, 3rd ed., Harper- Collins Publishers, Nova Iorque.
- TIENTENBERG T.H. (1992), *Environmental and Natural Resource Economics*, 3rd ed., Harper-Collins Publishers, Nova Iorque.
- TINBERGEN J. (1929), *Minimumproblemen in de natuurkunde en de ekonomie*, Amsterdão.
- TOMAN M. (1986), «Depletion Effects» and Non-Renewable Resource Suppl: A Diagrammatic Exposition», *Land Economics*.
- TOMAN M.A. (1992), «The Difficulty in Defining Sustainability», In Darmstadter J. (ed.), *Global Development and the Environment: Perspectives on Sustainability*, Washington DC.
- TOMAN M.A. (1993), «Economic theory and sustainability», Discussion Paper ENR 93-14, Ressources for the Future, Washington DC.
- TOMAN M.A., PEZZEY J., KRAUTKRAEMER J. (1995), «L'économie néoclassique face à la soutenabilité», in *Économie appliquée*, 48, 2, 25-57.
- TURNER R.K. (ed.) (1988), *Sustainable Environment Management: principles and practices*, Belhaven Press, Londres.

- TURNER R.K. (1991), «Environment Economics and Ethics», in Pearce D.W. (ed.), *Blueprint 2. Greening the World Economy*, Earthscan Publications Ltd, Londres.
- TURNER R.K. (1993), «Sustainability: Principles and Practice», in Turner R.K. (ed.), *Sustainable Environmental Economics Management; Principles and Practice*, Belhaven Press, Londres-Nova Iorque.
- TURNER R.K. (1993) (ed.), *Sustainable Environmental Economics and Management, Principles and Practice*, Belhaven Press, Londres-Nova Iorque.
- TURNER R.K., PEARCE D.W., BATEMAN I. (1994), *Environmental Economics. An Elementary Introduction*, Harvester Wheatsheaf, Hemel Hempstead, Herts.
- TURVEY R. (1964), «Optimization and Suboptimization in Fisheries Regulation», *American Economic Review*, 54, 64-76.
- TURVEY R. (1963), «On Divergencies Between Social Cost and Private Cost», *Economica*, 30, 309-313.
- UNDERWOOD D.A., KING P.G. (1989), «On the Ideological Foundations of Environmental Policy», *Ecological Economics*, 1, (4), 315-334.
- UNDP (United Nations Development Programme) (1992), *Human Development Report 1992*, Oxford University Press, Oxónia.
- VAN DEN HOVE S. (1994a), *Utilisations de la thermodynamique et du concept d'entropie en économie de l'environnement*. Mémoire de DEA, Sciences économiques, Université de Paris I-Panthéon-Sorbonne.
- VAN DEN HOVE S. (1994b), «Thermodynamique des systèmes loin de l'équilibre en économie de l'environnement», *Revue internationale de systémique*, 8, (4).
- VAN GOOL W., BRUGGINK J. (1985), *Energy and Time in the Economic and Physical Sciences*, North Holland, Amesterdão.
- VARIAN H.R. (1984), *Microeconomic Analysis*, 2nd ed., Nova Iorque, Norton.
- VARIAN H.R. (1992), *Introduction à la microéconomie*, trad. franc., de Boek Université, Bruxelles.
- VARCELLI A. (1994), «Hard uncertainty and environment», in *Sustainable Growth and Uncertainty*, Fondazione Enrico Mattei, Milão.
- VERRI P. (1773), «Meditazioni sulla economia politica», in Custodi (ed.), *Italian economists*, parte moderna, XV.
- VICTOR P. (1972), *Pollution Economy and Environment*, University of Toronto Press, Toronto, Ont.
- VICTOR P.A. (1991a), «Indicators of sustainable development: some lessons from capital theory», *Ecological Economics*, 4, 191-213.
- VICTOR P.A. (1991b), «Les indicateurs d'un développement durable, quelques leçons tirées de la théorie du capital», Colloque sur les indicateurs d'un développement écologiquement durable: synthèse, Conseil Consultatif Canadien de l'Environnement, Otava.
- VINER J. (1931), «Cost Curves and Supply Curves», in Stigler G.J., Boulding K.E. (eds), *Readings in Price Theory*, Allen et Unwin, Londres, 1964, p. 198-232.
- VIVIEN F.D. (1991), *Sadi Carnot économiste. Enquête sur un paradigme perdu: économie, thermodynamique, écologie*, thèse de doctorat ès sciences économiques, Université Paris I- Panthéon- Sorbonne.
- VIVIEN F. D. (1994a), «Bioeconomics and Sustainable Development», in *Les modèles du développement soutenable: des approches exclusives ou complémentaires de la soutenabilité?*, Actes du colloque organisé par le C3E, 16-18 Março, Paris.
- VIVIEN F.D. (1994b), *Économie et écologie*, coll. Repères, La Découverte, Paris.
- VOUSDEN N. (1973), «Basic theoretical issues in resource depletion», *Journal of Economic Theory*, 6, 126-143.
- WALL G. (1990), «Exergy conversion in the Japanese Society», *Energy*, 15, 435-444.
- WALLISER B. (1990), *Le calcul économique*, coll. Repères, La Découverte, Paris.
- WALRAS L. (1874), *Éléments d'économie politique pure ou la théorie de la richesse sociale*, 4^e éd., 1900, reed., LGDJ, Paris, 1952.
- WALRAS L. (1909), *Cours d'économie politique*, rééd., in OEuvres complètes, tome 1, Droz, Genebra, 1964.
- WALTERS C.J. (1986), *Adaptive Management of Renewable Resources*, Macmillan, Nova Iorque-Londres.
- WCED (World Commission on Environment and Development) (1987), *Our Common Future*, Oxford University Press, Oxónia.
- WEINSTEIN M.C., ZECKHAUSER R.J. (1975), «The Optimum Consumption of Depletable Natural Resources», *Quarterly Journal of Economics*, 89, Agosto, 371-392.
- WEISBROD B. (1964), «Collective Consumption Services of Individual Consumption goods», *Quarterly Journal of Economics*, 78, 471-477.
- WEITZMAN M.L. (1976), «The optimal Development of Resource Pools», *Journal of Economic Theory*, 12, (3), 351-364.
- WEITZMAN M.L. (1992), «The Value of Diversity», *Quarterly Journal of Economics*.
- WICKSTEED P.H. (1910), *Common Sense of Political Economy*, reed. Routledge and Kegan Paul, Londres, 1957.
- WIERZBICKI A.P. (1982), «A Mathematical Basis for Satisficing Decision Making», *Mathematical Models*, 3, 391- 405.
- WILLIG (1976), «Consumer's Surplus Without Apology», *American Economic Review*, 66, 587- 597.
- WORLD BANK, (1984), *World Development Report 1984*, Oxford University Press, Oxónia.
- YU P.L. (1985), *Multi Criteria Decision Making: Concepts, Techniques and Extensions*, Plenum Press, Nova Iorque.
- ZADEH L.A. (1965), «Fuzzy Sets», in *Information and Control*, 8, 338- 35.
- ZELNY M. (1982), *Multiple Criteria Decision Making*, Mac Graw Hill, Nova Iorque.

ÍNDICE REMISSIVO

- Abordagem conservacionista, 339
Activo ambiental, activo natural, 81,
252, 304, 315
Actualização, 50, 153, 258, 259, 324
Acumulação de capital, 101, 102,
305
Ajuda à decisão, 252, 261, 278, 384
Alteração climática, 80, 285, 307
Amenidade, 305
Análise custo-eficácia, 278, 280
Análise risco-vantagem, 278, 280
Análise custo-vantagem, 25, 47, 252,
261, 262, 275-278
Análise eco-energética, 354-357
Análise energética, 79, 346, 347, 357,
358, 394
Análise entrópica, 356, 357
Análise multicritérios, 280, 384
Antecipações de preço, 132, 133
Antipoluição, 248
Árvore de sustentabilidade dinâmica,
377, 375, 379, 383, 384
Árvore de sustentabilidade, 377, 381
Aumento de *stock*, 138
Avaliação contingente, 266, 271, 273,
274
Avaliação directa (métodos de), 262
Avaliação eMérgética, 341, 355, 375
Avaliação energética, 79, 339, 341,
343-349, 375, 382
Avaliação entálpica, 348
Avaliação entrópica, 356
Avaliação exergetica, 350-353, 377
Avaliação indirecta (métodos de), 273
Avaliação monetária, 97, 251, 261,
340-347
Backstop technology, 77, 120, 301,
303, 306
Balança matéria, 56
Baleia, 201, 202
Barreiras, 26, 46, 60, 66, 308
Bem-estar, 98, 100, 248, 323, 330,
331, 332
Bens colectivos, 82
Biodiversidade, 203, 205-209, 285,
308
Cálculo energético, 351, 353, 358
Capacidade de assimilação, 60, 277,
371
Capital humano, 49
Capital natural crítico, 360, 361,
365-372

Capital natural, 49, 93, 106, 290, 301, 307-315, 321, 335-338, 360, 361, 366, 381, 394
Capital tecnológico, capital técnico, capital manufacturado, 49, 361, 381
CFC, 49
Chuvas ácidas, 80
Circuito, 104
Clássicos, 86
Clube de Roma (Relatório), ver relatório Meadows
CO₂, 18, 85
Coevolução, 27, 73-78
Complexidade, 369, 373, 382
Consentimento em pagar, 47, 48, 62, 97, 263-275
Consentimento em receber, 268-274
Conservacionismo, teoria conservacionista, 26, 37, 324, 336, 338, 367
Contabilidade energética, 349, 357
Contabilidade nacional, 318
Crescimento endógeno, 312
Crescimento óptimo, 289, 290, 298, 308
Crescimento sustentável, 51, 289, 309, 329
Crescimento zero, 26, 64, 65, 106
Critério de Hicks, 261
Critério de justiça de Rawls, 47
Critério de Kaldor, 260
Critério de Pareto, 260
Curva de rendimento eumétrico, 182, 183
Curva de Schaefer, 166, 170, 180
Custo de ajustamento, 321
Custo de despoluição, 235, 241
Custo de extracção, custo marginal de extracção, custo unitário de extracção, 115, 125, 129, 130, 134, 137, 141-146, 149, 315, 316
Custo de oportunidade, 315, 316, 322, 372
Custo de transporte, (método dos), 265, 272, 276, 260, 369, 372-375, 382
Custo de utilização, custo marginal de utilização, custo unitário de utilização, 115, 131, 133, 134, 144, 315

Custo privado, 216, 217
Custo social, 216, 217
Deep Ecology, 25, 27, 36, 38, 60
Depreciação do capital, 308, 316, 322, 323
Desenvolvimento sustentável, 26, 39, 48, 82, 106, 286, 289, 315, 323, 335, 338, 359
Dinâmica, 51
Dinheiro (e energia), 341-344
Direitos de propriedade, 25, 160, 214, 215, 220-223, 262
Eco-energia, 341
Ecologia, 16
Economia das convenções, 229
Economia ecológica, 73, 76, 78, 79, 336, 339, 348, 396
Economia externa, ver Efeito externo
Economias de energia, 352, 353
Efeito biológico, 276, 277
Efeito de estufa, 17, 353
Efeito de stock, 134
Efeito externo, externalidade, 82, 99, 213-223, 241, 249, 261, 316
Elasticidade de substituição, 299, 301, 309, 311, 335, 337, 381
Entropia, 53, 56, 59, 69, 340, 356, 379
Equidade intergeracional, 19-26, 47-52, 162, 166, 290, 303, 323, 330-333, 338
Equidade intrageracional, 19-26, 47-52, 62, 66
Equidade, 19, 23, 47, 285
Equilíbrio bioeconómico, 175, 201
Equilíbrio de Cournot-Nash, 128
Equilíbrio geral, 50, 98, 316
ERE, 350
EROI, 349, 350
Escola de Londres, 28, 60-63, 66, 73, 336, 361, 365-370, 373, 394
Esforço de pesca, 166, 170, 175, 182, 192
Estado estacionário, 26, 28, 62-66, 77, 101, 106, 306, 336, 361
Estado óptimo, optimização, 79, 367
Estratégia de reprodução k e r , 71
Estrutura de mercado, 125-127

Ética, 26, 27, 32-39, 44-50, 62, 330
Evolucionismo, teoria evolucionista, 67-74, 77
Excedente do consumidor, 266, 268, 269, 272
Excedente eMergético, 375, 376, 379, 381
Excedente exergetico, 377, 378, 382
Exploração (dos recursos naturais), 163
Exploração de novos jazigos, 136-142
Exterioridade, ver Efeito externo
Extinção das espécies, desaparecimento das espécies, 201-204, 253
Fisocracia, fisiocratas, 28, 32, 43, 84, 104
Forma funcional flexível, função de produção Translog, 310, 313
Fórmula de Faustmann, 197
Função de produção, 92, 299-305, 309-314
Função KLE, 314
Função KLEM, 314
Gaia (hipótese), 27, 36
Geração de entropia mínima, 376, 379
Gerações futuras, 26, 47, 49, 252, 260, 307, 323, 330, 331, 335, 360, 365
Gráfico de Turvey, 224-226, 232, 234, 236, 238, 246, 248
HEONS, 357
Humanista (economia), 34
Incerteza forte, 254
Incerteza fraca, 253
Incerteza, 18, 44, 52, 79, 139-142, 190, 192, 252-255, 369, 374, 384
Indicador de raridade, 145, 146, 150
Indicador de sustentabilidade, 308, 312, 317, 318, 367, 369, 382, 387, 394
Indicador energético, 348, 375
Indicadores ambientais, 339, 359, 368
Input-output (análise), 105, 349, 350
Institucionalismo, teoria institucionalista, 77

Instrumentos de política ambiental, 227, 243
Instrumentos económicos, 229, 235, 246
Instrumentos regulamentares, instrumentos não económicos, 227
Interdição, 227
Internalização, 46, 217-223, 233, 234, 241, 251, 367
Irreversibilidade, 18, 23, 44, 49-53, 67, 253, 254, 359, 369, 374
Lei natural, 32
Levantamento, 168
Licença de de emissão, 249
Limiar-veto, 384, 386
Livre acesso, ver Recurso em livre acesso
Lock in, 78
Máximo de potência (princípio do), 71
Mecânica, paradigma mecanicista, 26, 40-44, 50, 67
Mercado de direitos, 240, 242
Método de Huetting, 369
Modelo de Barbier e Markandya, 361
Modelo de Beverton-Holt, 166, 179-187, 190, 193
Modelo de Charles, 190, 192
Modelo de Faustmann, 197
Modelo de Fisher, 195, 196
Modelo de gerações imbricadas, 330-332
Modelo de Gordon-Shafer, 166, 172, 180, 184, 200
Modelo de Hotelling, 116, 122, 133, 149, 151
Modelo de Howarth e Norgaard, 324, 330
Modelo de Page, 324
Modelo de Reed, 190
Modelo de Stiglitz, 290, 299, 301
Modelos neo-hotellingianos, 116, 125
Monopólio, 125-128
Multidimensionalidade, 18, 23, 44, 62, 79, 280, 286, 374, 382
Não humanos, 25, 37, 38
Naturicista (universo), 26, 28, 32, 35, 43

Negociação, 221, 238, 240
Neo-austríaca (abordagem), 77
Norma, 228-232, 246, 247, 278, 370, 385
Normas ambientais, 36

Obrigação, 228
Optimum de poluição, 222, 223, 233, 251
Ozono, 17, 49, 110, 290, 337

Paradigmas, 26, 27, 39, 53, 67
Pareto *irrelevant*, 220
Pareto *relevant*, 220
Potencial de geração de entropia, 357
Precaução, 336
Preço de mercado, 145-150, 303, 309, 317, 321, 370
Preço fictício, 132, 149, 179, 309, 315, 317, 321, 370
Preço hedónico, 262, 272, 276
Preço líquido, 115, 130, 138
Preço real, 145-149
Prejuízos, 103, 232, 235
Primeira lei da termodinâmica, primeiro princípio da termodinâmica, 59, 61, 73, 341, 344
Princípio de satisfação, 374, 384
Princípio do poluidor-pagador, 46
Progresso técnico, 79, 297, 300-314, 330, 335-338, 375, 381
Propriedade comum, 160

Racionalidade estreita, racionalidade limitada, 62, 66
Racionalidade processual, 80, 374, 382
Racionalidade substancial, 51, 60
Racionalidade, 39, 62, 249
Raridade malthusiana, 150
Raridade ricardiana, 150
Reciclagem, 57, 137, 313
Recurso em livre acesso, 161, 172, 175, 184, 199, 201
Recursos esgotáveis, 60, 151, 159, 161, 298, 302, 305, 306, 315, 372
Recursos naturais, 50, 81-94, 145, 146, 159, 203, 345, 381
Recursos renováveis, 60, 93, 159, 160, 165, 172, 175, 209, 306, 307, 315, 328, 331, 372

Regra de Hartwick, 49, 302, 307, 308, 315, 330
Regra de Hotelling, 118-122, 128, 130, 133, 134, 137-142, 299
Regra de Ramsey, 179
Regulamentação, 227-230
Relação dose-resposta, 273, 274
Relação *stock*-recrutamento, 180, 190, 192
Relações nebulosas, 384-390
Relatório Meadows, 17, 73, 143
Renda de monopólio, 115
Renda de raridade, renda hotellingiana, 115, 144, 148, 150, 302, 314-318, 322, 335, 338
Renda diferencial, renda ricardiana, 115
Rendimento máximo sustentável, 166-170, 183, 194, 199
Rendimento nacional ajustado ambientalmente, 319-323, 371
Rendimento nacional sustentável, 319-323, 371
Rendimentos decrescentes, 91, 134
Reprodução, 102-106
Reserva comprovada, 114
Reservas, 106
Revelação de preferências, 62, 275, 367
Reversibilidade, 39

Segunda lei da termodinâmica, segundo princípio da termodinâmica, 55, 57, 59, 60, 63, 67, 341-344, 351
Sobrevivência, 325, 337, 360
Substituibilidade, 49, 79, 106, 302, 307, 313, 330, 336, 360, 361, 372
Subvenção, 237, 238, 245, 246, 249
Sustentabilidade ecológica, 375, 379, 382
Sustentabilidade forte, 49, 333, 335, 336-339, 347, 366-370, 372, 384, 394
Sustentabilidade fraca, 49, 290, 308, 317, 319, 330, 336, 365-370, 372, 394
Sustentabilidade social, 384
Sustentabilidade, 308, 316, 322, 332, 338, 359

Taxa de actualização, 48, 62, 123, 124, 135, 138, 142, 153, 176, 259, 306, 312, 325, 329, 337, 369
Taxa de exploração sustentável, 162
Taxa, taxa pigoviana, 218, 234-239
Tempos, 39, 40, 62, 66, 110, 257
Teorema de Coase, 221, 222, 245
Teoria da produção, 83, 85, 89, 90, 96, 97
Teoria do valor energético, 60, 344
Teoria energética do valor, 339, 345, 347
Teoria marxista do valor trabalho, 88
Termodinâmica dos sistemas não isolados, do desequilíbrio (Prigogine), 67-73, 373
Termodinâmica, 27, 53, 54, 55, 68, 69, 77, 310, 337-341, 372
Terra, 87, 91, 92
Trabalho, 88

Trajectória de preço de um recurso, 121-124, 126, 139
Trajectória de quantidade extraída de um recurso, 121-124, 126, 139

Utilidade, 94, 96
Utilitarismo, 25

Valor de existência, 256, 272
Valor de legado, 256, 257, 272
Valor de não utilização, 257
Valor de opção, 48, 50, 253, 256, 258
Valor de *quasi*-opção, 253-255
Valor de utilização, 252, 256, 257, 265, 338
Valor económico total, 256, 338, 367
Valor intrínseco, 38
Variação compensatória, 268
Variação equivalente, 268
Véu de ignorância, 49
Vivo, 27, 67, 68

ÍNDICE DE AUTORES

- Amable B., 312, 313
Amundsen E.S., 148, 149
Aristote, 28-33, 39
Arrow K.J., 47, 52, 98, 141, 254
Artus P., 311
Atkinson G.D., 318, 319, 369
Axelrod R., 72
Ayres R.U., 56, 58, 357
- Bacon F., 40
Badhuri A., 51
Barbet P., 149
Barbier E.B., 62, 360, 368
Barde J.P., 63, 230, 273
Barnett H., 143, 144
Baron R., 245
Barrère A., 33
Basili M., 253
Bateman I., 264, 269, 271, 279
Bator F.M., 219
Baumol W.J., 83, 232, 246, 249, 361, 367
Becker G., 72
Beckerman W., 46, 228
Behrens W.W. III, 17, 63
Benham J., 50, 77, 260, 306, 307, 312, 313
- Bentham J., 95
Benzoni L., 114, 137, 149
Bergson H., 56
Bergstrom T.C., 72
Berndt E.R., 340, 341
Berry R.S., 340
Beverton R.J.H., 179-186, 190, 193
Bishop R., 361
Bogdanov, 345
Bohm P., 216, 249, 254
Böhm-Bawerk, 83, 92, 100
Boisguillebert P., 84, 105
Boisson J.M., 216
Borel L., 351
Bosch P., 369
Botsford L.W., 180
Boude J.P., 163
Boukharine N., 345
Boulding K.E., 57, 65, 66
Boyer R., 50, 51, 68, 73
Bromley D.W., 222
Brookshire D.S., 264
Browder J., 209
Brown G.M., 145, 146, 147, 311
Bruggink J., 356
Buchanan J.M., 219, 220, 234, 240

- Bullard C.W., 349
Burness H.S., 125
- Canterbury E.R., 221
Cantillon, 83, 105
Carlyle T., 102
Carnot S., 54-56, 69, 340, 351, 352, 353
Caron A., 221
Carson R.T., 272
Chang S., 141
Chapman P.F., 346
Charles A., 190
Chavance B., 50, 51, 68, 73
Chevalier J.M., 149
Christensen L.R., 85, 310
Cicchetti C.J., 52, 254
Ciriacy-Wantrup S.V., 162, 361
Clapeyron, 340
Clark C.W., 168, 179-180
Clark J.B., 91, 92, 166-168
Clausius R., 55, 56, 69, 340
Clawson M., 265
Cleveland C.J., 146, 149, 348-350, 352, 356
Coase R.H., 220-223, 235, 240, 245, 249
Cobb J.B. Jr., 34, 65, 65, 287
Common M., 287
Commoner B., 37
Comolet A., 317, 368
Conrad J., 180
Costanza R., 46, 50, 73, 77, 347, 348, 350, 397
Couffignal L., 16
Crabbe P., 140
Cremer J., 128
Crocker T.D., 233
Cropper M.L., 215, 278
Cummings R.G., 135
- d'Alembert, 31
d'Arge R.C., 56, 58, 264
Dajoz R., 16
Dales J.H., 222-223, 240, 241
Daly H., 34-39, 57, 60, 63-66, 77, 287, 293, 336-339, 374, 396
Darwin C., 27
Dasgupta P.S., 106, 110, 125, 128, 141, 290, 302, 303, 306, 324, 330, 335
David P., 72
Dawkins R., 72
- de Boer B., 322, 369
de Haan M., 322
Debeir J.C., 76
Debreu G., 50, 98
Deléage J.P., 72
Descartes R., 39, 40
Devall B., 37, 38
Devarajan S., 115, 141, 148
Diderot D., 31
Dietz F.J., 77
Dixit A., 302
Dosi G., 51, 72
Dragun A.K., 220
Dumont L., 41
- Edgeworth F.Y., 51
Edwards G.W., 180
Einstein A., 57
El Serafy S., 309
Engels F., 56, 83, 88, 89, 104, 345
Espinosa B., 40
Etner F., 340
- Faber M., 41, 77, 357
Fandel G., 282
Farber S.C., 347
Farzin Y.H., 125, 148, 306
Faucheux S., 17, 28, 39, 52, 57, 63, 80, 303, 310, 313, 322, 339, 342, 344, 350, 353, 374, 375, 384
Faustmann M., 94, 162
Favereau O., 48
Fels M.F., 347
Field B.C., 145, 147, 311
Fisher A.C., 115, 123, 134, 137, 141, 148, 149
Fisher A.J., 254, 255
Fisher I., 42, 95, 194, 197, 199, 215
Folke C., 342, 346, 355
Forrester J., 93
Fredrizzi M., 389
Freeman A. M III, 52, 274
Freeman C., 48, 72, 254
Friedlaender M., 180
Froger G., 39, 52, 62, 78, 302, 322, 374, 375
Funtowicz S.C., 384
- Gaffney M.M., 125
Galileu, 39
- Gastaldo S., 313
Georgescu-Roegen, N., 41, 55, 57, 60, 63, 65, 67, 310, 339, 343, 345, 384
Getz W.M., 180
Gilbert R.J., 128, 141
Girard, 340
Godard O., 50, 51, 68, 73, 82, 214, 314
Goldman S.M., 128
Goodin R.E., 259
Gordon H.S., 94, 172, 180, 200
Grandamy R., 85
Gray L.C., 94, 115
Griliches Z., 147
Guellec D., 312
- Hahn R.W., 243
Haight R.G., 180
Hall C.A.S., 350
Hall D., 143, 150, 152
Hall J., 143, 150, 152
Hamilton K., 319
Hamilton W.R., 42
Hammond P., 302
Hanemann W. M., 254, 255
Hannesson R., 180
Hannon B.M., 349
Harrod R., 312, 314
Hartwick J.M., 49, 140-148, 287, 302, 307-309, 315, 321, 322, 330
Harvey W., 104
Hatem F., 39
Heal G.M., 106, 110, 125, 128, 134, 141, 290, 303, 306, 324
Hémery D., 76
Hénin P.Y., 93
Henry C., 162, 254
Herenden R.A., 347, 349
Herfindhal O.C., 134
Hester, G.L., 243
Hicks J.R., 260, 261, 287, 289, 308, 312, 313
Hirst E., 349
Hnylicza E., 128
Hobbes T., 83, 105
Hoehn J.P., 272
Hoel M., 141, 302
Hoevenagel R., 262, 272
Holt S.J., 180-182
- Hotelling H., 94, 115-118, 122, 123, 125-131, 133-135, 138-143, 149-151, 299, 300
Hourcade J.C., 245
Howarth R.B., 50, 324, 330, 332
Howe C.W., 109
Huang S.L., 341
Huetting R., 321, 322, 369-372
- Jansen H.M.A., 264
Jessua C., 216
Jevons W.S., 17, 42, 90, 95
Johansson P.O., 254
Jorgenson D.W., 147, 148, 310
Judson D.H., 347
- Kabberger T., 341, 358
Kacprzyk J., 389
Kaldor N., 260
Kaufmann R., 350
Kay J., 127, 128
Keeler E., 304
Keeney, R., 282
Kemp M.C., 141
Kete N., 244
Keynes J.M., 342
King P.G., 42, 97
Klaassen G.A.J., 304
Kneese A.V., 48, 56, 129, 140
Knetsch J.L., 265
Knight F.H., 92, 139, 335
Krautkraemer J.A., 303-306, 333, 365
Krutilla J.V., 123, 256
Kuhn T., 23
Kümmel R., 314, 357
Kuuluvainen J., 304
- Laffont J.J., 216
Lagrange, 42
Laplace P.S., 40
Laroui F., 43, 52
Lau L.J., 310
Le goff P., 352
Lele U., 286
Leontief W., 58, 105, 309
Lepinov, 345
Levarlet F., 350
Levhari D., 135
Lewis T.R., 128, 141
Lindeman R.L., 341

- Liviatan N., 135
 Locke J., 41
 Lotka A.J., 71, 341
 Loury G.C., 141
 Lovelock J., 36
 Lutz M., 35
- MacArthur R.H., 71
 Mäler k.G., 58, 289
 Malthus T.R., 16, 63, 87, 99, 101
 Mandeville, 41
 Manne A.S., 255
 Markandya A., 62, 251, 273, 360, 368
 Marshall A., 90, 91, 98, 99, 100, 216, 336
 Martinàs K., 357
 Martinez-Alier J., 39, 70, 103, 339
 Marvasti A., 221
 Marx K., 56, 88, 89, 103-105, 345
 Matarazzo B., 286
 Maxwell J., 347
 McHarg I., 37
 Mckelvey V.E., 113
 Meade E.J., 218, 219
 Meadows D.H., 17, 63, 93, 357
 Meadows D.L., 17, 63, 286
 Menger C., 90, 95
 Méral P., 49, 80
 Metcalfe S., 51
 Michel P., 313
 Mill J.S., 63, 102
 Mirabeau, 84, 85
 Mirrlees J., 127, 128
 Mishan E.J., 216, 233
 Mitchell R.C., 272
 Mitra T., 302, 324
 Mongin P., 63
 Monod J., 69
 Morriset M., 163
 Morse C., 143, 144
 Munda G., 281, 375, 384, 390
 Murota T., 342, 351
- Naess A., 37
 Nail R.F., 17
 Nash R.F., 38
 Navier, 340
 Nelson R., 72
 Newbery, 128
 Newton I., 39, 40
- Niemes H., 41, 77
 Nijkamp P., 281
 Noël J.F., 17, 39, 52, 63, 350, 351, 353, 374
 Nordhaus W.D., 38, 51, 147, 148, 303, 337
 Norgaard R.B., 50, 74, 77, 143, 151, 324, 330, 331, 332
 Norton B.G., 48
- O'Connor J., 319
 O'Connor M., 18, 105, 220, 286, 348, 373
 O'Riordan T., 37
 Oates W.E., 215, 232, 246, 249, 278, 361, 367, 384
 Odum E.C., 60, 341, 342, 346, 354
 Odum H.T., 60, 342, 344, 346, 354, 355
 Olewiler N.D., 140, 141, 145-148
 Opschoor J.B., 77, 264
 Orlean A., 229
 Owen R., 343
- Page R.T., 48, 324, 325
 Pakravan K., 127, 137
 Pareto V., 42, 43, 91, 98, 220, 260
 Passet R., 15, 18, 28, 33, 40, 43, 70, 75-80, 84, 358
 Pearce D.W., 58, 62, 64, 81, 123, 124, 179, 201, 205, 214, 220, 222, 234, 251, 252, 256, 259, 273, 276, 277, 279, 286, 314, 318, 319, 325, 359, 366, 368, 369, 384
 Peet J., 349, 350
 Pepetto R., 309
 Percebois J., 127, 137
 Perrings C., 19, 66, 287, 336, 361
 Perroux, C., 311
 Peskin H.M., 309
 Peterson F.M., 134, 137, 149, 215
 Petty W., 88
 Pezzey J., 286, 289, 303, 306, 324, 333
 Pigou A.C., 46, 216-219, 223, 237
 Pillet G., 57, 339, 341, 344, 350, 351, 354
 Pimentel D., 346
 Pindyck R.S., 128, 141
 Plourde C.G., 304
 Podolinski S., 344, 345
 Pontryagin L.S., 117, 155-158
- Popper K., 222
 Potvin J., 359
 Prigogine I., 41, 55, 67-70, 75
 Proops J.L.R., 77, 319
 Puntí A., 346
- Quesnay F., 31, 33, 84, 85, 104, 105
- Radzicki M., 72
 Ragni L., 221
 Ragot L., 313
 Raiffa H., 282
 Ralle P., 312
 Ramsey F., 179
 Randall A., 271, 272
 Randers J., 63
 Ravetz J.R., 382
 Rawls J., 49
 Rebelo S., 313
 Reed W.J., 190
 Reveret J.P., 163
 Ricardo D., 63, 85-88, 95, 99, 101, 134, 303
 Richels R.G., 255
 Rietveld P., 281
 Robinson J., 50
 Rogers A.J. III, 234
 Rosen S., 263
 Rostow W.W., 53
 Rotillon G., 140, 313
 Roy B., 281
 Rueff J., 43
 Russell S., 249
 Ruth M., 339, 372, 373
- Salant S., 128
 Salles J.M., 50, 231
 Samuelson P.A., 51
 Sandler T., 324
 Say J.-B., 85, 223
 Schaefer M.B., 170, 171, 172, 180, 200-201
 Schembri P., 77, 80, 312, 314, 373
 Schmalensee R., 128, 254
 Schmidt-Bleek F.B., 357
 Schulze C.L., 48
 Schulze W.D., 135, 264
 Schumacher E.F., 29, 35
 Schumpeter J.A., 90
 Schüssler U., 357
- Scitovsky T., 219
 Scott A.D., 123, 129, 162, 341
 Sessions G., 37, 38
 Shechter M., 48
 Shogren J.F., 264
 Siebert H., 51
 Silverberg G., 72
 Simon H.A., 52, 80, 374
 Sismondi S., 29, 34, 35
 Slade M., 148
 Slesser M., 341, 346, 350, 354, 356
 Slutsky E., 43
 Smit, 345
 Smith A., 46, 63, 86, 87, 101
 Smith V.K., 148, 324
 Söderbaum P., 77
 Soete L., 72
 Solow R.M., 51, 93, 106, 133, 134, 287, 290, 303, 308-314, 324, 330
 Sorman G., 36
 Spence M., 202, 304
 Spreng D.T., 356
 Spronk J., 282
 Sraffa p., 83, 105
 Stapel J.H.A., 264
 Stark O., 72
 Stengers I., 41, 55, 68, 69, 75
 Stephan G., 41, 77
 Stiglitz J.E., 51, 106, 125, 128, 290, 302, 312, 330
 Stoll J.R., 271
 Strotz R.H., 253
 Strubblebine W., 220
 Svento R., 254
 Swaney J.A., 78
 Swanson T., 201, 202, 205
 Sweeney J.L., 125, 129, 135, 140
- Tahvonen O., 304
 Tartarin R., 345
 Thayer M.A., 264
 Thom R., 70
 Thomson W., 56
 Tietenberg T.H., 243
 Tinbergen J., 43, 52
 Toman M.A., 48, 303, 307, 310, 333, 360, 365
 Tomás de Aquino, 34

Turner R.K., 25, 48, 49, 58-61, 123,
124, 179, 201, 205, 214, 222, 234,
279, 366, 384
Turvey R., 224-226, 232, 236, 238,
246, 248
Underwood D.A., 42, 97
Van den Hove S., 357, 373
Van Gool W., 356
Van der Meer G.J., 264
Van der Straaten J., 77
Varian H. R., 127, 271
Vercelli A., 253, 256
Vernadsky V., 16
Verri P., 85
Victor P., 58, 366
Victor P.A., 56, 60, 336
Viner J., 219
Vivien F.D., 41, 55, 57, 340
Voogt M., 322
Vousden N., 304

Wainwright T.C., 180
Wall G., 353
Walliser B., 340
Walras L., 42, 50, 89-91, 95, 96, 98
Wan F.Y.M., 134
Warford J.J., 252, 319, 325
Weinstein M.C., 128, 135, 141
Weisbrod B., 47, 253
Weitzman M.L., 128, 134
Wicksell K., 100
Wicksteed P.H., 91, 92
Wierzbicki A.P., 282
Willig, 271
Wilson E. O., 71, 206
Winter S.G., 72
Yu P.L., 282
Zadeh L.A., 384, 389
Zeckhauser R.J., 128, 135, 141, 304
Zeleny M., 282
Zyla E., 80, 374, 384

ÍNDICE

PREFÁCIO	7
PRÓLOGO	11
INTRODUÇÃO GERAL	15

PRIMEIRA PARTE OS FUNDAMENTOS DA ECONOMIA DOS RECURSOS NATURAIS E DO MEIO AMBIENTE

INTRODUÇÃO	23
1. OS GRANDES PARADIGMAS	25
1. O universo «naturicista»: o primado da natureza e da ética	28
1.1. Uma concepção metafísica da natureza: de Aristóteles aos fisiocratas	29
1.2. Uma concepção natural da moral económica: de Aristóteles à corrente «humanista»	33
1.3. O paradigma «naturicista» face à ética: de Gaia à <i>Deep Ecology</i>	35
2. O universo da mecânica: a natureza «economicizada»	39
2.1. A influência do paradigma mecanicista sobre os fundamentos da análise económica dominante	41
2.2. Consequências do paradigma mecanicista sobre as análises neoclássicas dos recursos naturais e do meio ambiente	44

2.2.1. O abandono das barreiras ecológicas absolutas	44
2.2.2. Uma ética fundamentalmente antropocêntrica, utilitarista e «presentista»	46
2.2.3. A brevidade, a contração e a reversibilidade do tempo	50
2.2.4. Uma hipótese de racionalidade substancial	51
3. O universo da termodinâmica: a descoberta de barreiras ecológicas absolutas	53
3.1. O paradigma termodinâmico clássico: a irreversibilidade entrópica	53
3.1.1. A lei da entropia	54
3.1.2. Uma nova perspectiva sobre as relações entre economia, recursos naturais e meio ambiente	56
3.2. As influências opostas sobre a análise económica dos recursos naturais e do meio ambiente	58
3.2.1. As interpretações «monistas»: Da evicção da segunda lei da termodinâmica ao reducionismo energético	58
3.2.2. Da economização da lei da entropia ao estado estacionário ...	60
4. O universo do vivo: «a destruição criadora»	67
4.1. O paradigma do vivo: uma nova fonte de inspiração para análise económica	68
4.1.1. O paradigma científico	68
4.1.2. Uma pluralidade de interpretação económicas	71
4.2. O paradigma do vivo: no centro da economia ecológica	73
4.2.1. A «coevolução»: a instabilidade das barreiras ecológicas absolutas	73
4.2.2. Uma gestão de multidimensionalidade	78
2. OS RECURSOS NATURAIS E O MEIO AMBIENTE NO PENSAMENTO ECONÓMICO	81
1. A teoria dos recursos naturais, objecto da teoria da produção	83
1.1. Os recursos naturais no centro das teorias clássicas da produção ...	83
1.1.1. Os recursos naturais no centro do circuito fisiocrata	84
1.1.2. Da exclusão dos recursos livres à prevenção dos recursos mercantis: a teoria clássica da produção	85
1.1.3. Uma ambiguidade no estatuto dos recursos naturais em Marx	88
1.2. Do esquecimento ao despontar do papel dos recursos no seio da teoria da produção da teoria neoclássica	89
1.2.1. Um longo processo de evicção dos recursos naturais até aos anos 70	89
1.2.2. O sobressalto	93
2. A economia do ambiente, objecto da teoria do consumo das riquezas ...	94
2.1. A economia positiva neoclássica: o mundo da utilidade	95
2.2. A economia normativa neoclássica: o mundo do bem-estar	97
3. As raízes do desenvolvimento sustentável: a teoria da acumulação das riquezas	100
3.1. A acumulação, motor da dinâmica económica	101
3.2. Da reprodução ao circuito	102
3.2.1. A reprodução, uma finalidade económica e social essencial ...	103
3.2.2. A imagem do circuito e a abordagem contabilística	104

SEGUNDA PARTE
A ECONOMIA DOS RECURSOS NATURAIS

INTRODUÇÃO	109
3. A TEORIA DOS RECURSOS ESGOTÁVEIS	113
1. O «princípio fundamental da economia dos recursos esgotáveis»	116
1.1. A regra de Hotelling	116
1.2. As consequências da variação de alguns parâmetros	122
1.2.1. Uma variação da procura	122
1.2.2. Uma variação da taxa de actualização	123
2. Algumas extensões: os modelos neo-hotellingianos	125
2.1. A estrutura de mercado	126
2.2. Introdução de um custo de extração dependente da quantidade extraída	129
2.3. As antecipações de preço	132
2.4. A introdução do efeito de <i>stock</i>	134
2.5. O impacto de um esforço de exploração ou de um aumento de <i>stock</i>	136
2.6. A introdução da incerteza	139
3. A controvérsia acerca da raridade dos recursos naturais esgotáveis	143
3.1. O debate acerca a escolha dos indicadores de raridade	144
3.1.1. O custo unitário de extração	144
3.1.2. O preço de mercado e o preço real	146
3.1.3. A renda e a raridade	148
3.2. Do compromisso à contestação	149
3.2.1. Uma explicação de compromisso a partir de uma tipologia da raridade	150
3.2.2. Uma rejeição dos indicadores económicos de raridade	151
Anexo 3.1. A ACTUALIZAÇÃO	153
Anexo 3.2. O PRINCÍPIO DO MÁXIMO	155
4. A TEORIA DOS RECURSOS RENOVÁVEIS	159
1. Modelo geral de exploração de um recurso renovável	163
2. Os modelos de gestão dos <i>stocks</i> de peixes	166
2.1. A dinâmica biológica das populações exploradas	166
2.1.1. A lei da população retida	166
2.1.2. A importância do conceito de rendimento máximo sustentável (RMS)	167
2.1.3. Levantamento e equilíbrio biológicos	168
2.2. A introdução do esforço de pesca: a curva de Schaefer	170
2.3. O peixe, recurso em livre acesso: o modelo estático de Gordon-Schaefer	172
2.4. O peixe, recurso renovável de proprietário único: uma análise estática	175
2.5. O peixe, recurso renovável de proprietário único: uma análise dinâmica	177

2.6. O modelo de Beverton-Holt: um modelo de gerações diferenciadas baseado numa relação «stock-recrutamento»	180
2.6.1. Análise para uma única geração	181
2.6.2. Análise multigeracional	182
2.6.3. Análise estática do <i>optimum</i>	182
2.6.4. Análise dinâmica do <i>optimum</i> para uma única geração	185
2.6.5. Análise dinâmica multigeracional	187
2.7. O tratamento da incerteza: os modelos de Reed (1974, 1979) e de Charles (1983)	190
3. Os modelos de gestão florestal	194
3.1. Um modelo estático simples de gestão da floresta: a procura do rendimento máximo sustentável	194
3.2. A floresta como activo: a regra de gestão da floresta segundo Fisher	195
3.3. O modelo de rotação florestal de Faustmann: um modelo dinâmico de gestão óptimo da floresta	197
4. Extinção dos recursos renováveis e perdas de biodiversidade	199
4.1. A extinção das espécies no quadro da teoria dos recursos renováveis	199
4.2. As perdas da biodiversidade	203
4.2.1. Importância actual destas perdas	203
4.2.2. A explicação económica das perdas da biodiversidade	205

TERCEIRA PARTE A ECONOMIA DO MEIO AMBIENTE

INTRODUÇÃO	213
5. TEORIA DAS EXTERNALIDADES, DIREITOS DE PROPRIEDADE E MEIO AMBIENTE	215
1. A teoria das <i>externalidades</i>	216
1.1. A <i>internalização</i> pigoviana: a solução fiscal	218
1.2. Classificações das <i>externalidades</i> e «falências» do mercado	219
1.3. A teoria dos direitos de propriedade e o teorema de Coase	220
1.3.1. O teorema de Coase e a negociação bilateral	221
1.3.2. Dales e a troca de direitos de propriedade	222
1.4. O <i>optimum</i> de poluição	223
2. Os instrumentos das políticas ambientais	227
2.1. A utilização de instrumentos não económicos	227
2.1.1. Regulamentação, obrigação, interdição	228
2.1.2. As normas	230
2.2. A <i>internalização</i> com a ajuda de instrumentos económicos	233
2.2.1. A taxação	234
2.2.2. A subvenção	237
2.2.3. A negociação e o acordo voluntário entre as partes	238
2.2.4. O mercado do direito a poluir	240
2.3. Políticas complexas	245

2.3.1. A combinação de imposto e de subvenções	245
2.3.2. A utilização de instrumentos económicos para o respeito de uma norma	246
2.3.3. Indicações para o estabelecimento de dispositivos antipoluição	248
6. A AVALIAÇÃO DO MEIO AMBIENTE	251
1. A extensão do valor para além do valor de utilização actual e individual de um bem	252
1.1. O valor de opção	253
1.2. O valor de <i>quasi</i> -opção	254
1.3. O valor de existência e o valor de legado	256
1.4. O valor económico total	256
1.5. Os problemas do tempo	257
1.5.1. A actualização	257
1.5.2. Os critérios de estado óptimo em dinâmica	260
2. A análise do custo-vantagem, um método padrão de apoio à decisão	261
2.1. O sentido da comparação dos custos e das vantagens	261
2.1.1. Os fundamentos da análise custo-vantagem	262
2.2. Os métodos de avaliação directa da análise custo-vantagem	262
2.2.1. O método dos preços hedónicos	263
2.2.2. O método dos custos de transporte	264
2.2.3. O método de avaliação contingente	266
2.3. Os métodos indirectos: as relações dose-resposta	273
2.4. Os limites de análise custo-vantagem	275
2.4.1. As hipóteses de comportamento subjacentes	276
2.4.2. O problema do campo de análise	276
2.4.3. As especificidades do domínio do meio ambiente	276
3. Os outros tipos de apoio à decisão: alternativa ou complementaridade?	278
3.1. A análise custo-eficácia	278
3.2. A análise risco-vantagem	278
3.3. A análise multicritérios	280

QUARTA PARTE O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

INTRODUÇÃO	285
7. A SUSTENTABILIDADE FRACA: UM ALARGAMENTO DA TEORIA DO CAPITAL AOS BENS E SERVIÇOS NATURAIS	289
1. Da extensão da teoria do crescimento à regra de sustentabilidade fraca	290
1.1. O modelo de Stiglitz	291
1.1.1. O modelo de base	291
1.1.2. As condições de existência de um sentido de crescimento equilibrado a longo prazo	292
1.1.3. A trajectória de crescimento óptimo	298

1.1.4. A estabilidade do sentido de crescimento equilibrado	300
1.2. Da extensão ao capital natural às interpretações em termos de <i>backstop technology</i>	301
1.3. Da <i>substituibilidade</i> à regra de manutenção constante do <i>stock</i> global de capital	307
2. Os indicadores de «sustentabilidade fraca»	309
2.1. Os indicadores provenientes das condições do «crescimento sustentável»	309
2.1.1. A elasticidade de substituição	309
2.1.2. O progresso técnico	312
2.1.3. A renda de raridade e a sua extensão ao conjunto do capital natural	315
2.2. O rendimento nacional corrigido ambientalmente: indicador de sustentabilidade ou indicador do custo da sustentabilidade?	317
2.2.1. O rendimento nacional corrigido proveniente da regra de «sustentabilidade fraca»	318
2.2.2. Rendimento nacional sustentável/custo de ajustamento	320
3. Estado óptimo <i>versus</i> sustentabilidade: o problema de equidade intergeracional	323
3.1. Da não coincidência entre estado óptimo e sustentabilidade: o papel da taxa de actualização	325
3.2. A integração de equidade intergeracional nos modelos de gerações imbricadas: o modelo de Howarth e Norgaard	330
8. A SUSTENTABILIDADE FORTE: DA INTERPRETAÇÃO CONSERVACIONISTA À ABORDAGEM ECOLÓGICO-ECONÓMICA	335
1. A abordagem conservacionista da sustentabilidade forte	337
1.1. A regra da manutenção constante do capital natural	337
1.2. Uma história da avaliação energética: do «Tudo é energia» ao seu papel de indicador de sustentabilidade forte	339
1.2.1. A interpermutabilidade da energia e do dinheiro	340
1.2.2. As teorias do valor energia	344
1.2.3. A avaliação energética como meio de determinar os indicadores de sustentabilidade forte	347
2. Uma tentativa de integração de economia e da ecologia: a experiência da Escola de Londres	359
2.1. A regra de manutenção de um nível mínimo de capital natural	360
2.1.1. O capital natural crítico	360
2.1.2. O modelo de Barbier e Markandya (1990)	361
2.2. Uma oscilação em torno da sustentabilidade fraca	366
2.2.1. O problema da medida do capital natural	366
2.2.2. Uma ausência de indicadores de sustentabilidade	368
2.2.3. Uma pista possível: o método de Hueting	369
3. Uma interpretação ecológico-económica do desenvolvimento sustentável	372
3.1. Uma articulação dos indicadores energéticos e da teoria do capital: a «árvore de sustentabilidade dinâmica»	373
3.1.1. Alguns indicadores energéticos	375

3.1.2. A árvore de sustentabilidade dinâmica	379
3.2. A árvore de sustentabilidade e análise multicritérios num contexto de tomada de decisão em matéria de sustentabilidade forte	384
3.2.1. Alguns fundamentos metodológicos do processo multicritérios	384
3.2.2. Alguns exemplos ilustrativos	390
CONCLUSÃO GERAL	395
BIBLIOGRAFIA	399
ÍNDICE REMISSIVO	427
ÍNDICE DE AUTORES	433