

<b>Título do capítulo</b>	CAPÍTULO 7 <b>INTRODUÇÃO À ECONOMIA DOS RECURSOS NATURAIS</b>
<b>Autores (as)</b>	Sergio Margulis
<b>DOI</b>	

<b>Título do livro</b>	<b>MEIO AMBIENTE: ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS</b>
<b>Editores (as)</b>	Sergio Margulis
<b>Volume</b>	
<b>Série</b>	
<b>Cidade</b>	
<b>Editora</b>	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea)
<b>Ano</b>	1990
<b>Edição</b>	1ª
<b>ISBN</b>	
<b>DOI</b>	

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 1990

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos). Acesse: <http://repositorio.ipea.gov.br>

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

---

Introdução à Economia dos Recursos Naturais

---

*Sergio Margulis\**

Sempre que se fala na “crise ambiental” inclui-se a questão do aproveitamento dos recursos naturais. Em uma primeira análise isto é evidente, na medida em que tais recursos são afetados pelas atividades econômicas do homem como insumos, mas principalmente como depositários dos rejeitos destas atividades. Af se enquadram as águas, o ar, os solos e o subsolo, as florestas naturais com sua fauna e flora, os oceanos, as regiões costeiras, etc. Além do desgaste ou contaminação diretos que podem ser causados, registram-se os efeitos sobre as capacidades de absorção e regeneração destes recursos.

No caso da poluição das águas, por exemplo, que é um problema de poluição típico, verifica-se um saturamento da capacidade natural dos rios e lagos de absorverem os poluentes e regenerarem-se. Esta capacidade, e não (apenas) o recurso água *per se*, constitui um recurso natural renovável. Despejar muita poluição nas águas significa pressionar muito a sua capacidade de absorção e regeneração, possivelmente extinguindo-a (isto é, levando-a a níveis tão baixos que praticamente desaparece, exigindo um tempo muito grande para reativar-se), tal como ocorre com as florestas naturais, os solos agrícolas, o ar das cidades (em menor escala) e outros recursos da natureza. O próprio efeito estufa é exemplo disto com relação à camada de gás carbônico (CO<sub>2</sub>). A diferença é o tempo de regeneração, que é muito maior no caso do CO<sub>2</sub>

---

\* Pesquisador do IPEA-Rio, doutor em Economia do Meio Ambiente pela Universidade de Londres.

que no dos rios, sendo a destes, por sua vez, em geral maior que a do ar das cidades.

Bastante afeta à questão ambiental, devendo talvez ser entendida como parte dela, está a questão energética. Sua relação com os recursos naturais é ainda mais evidente já que todas as fontes de energia utilizadas pelo homem de alguma forma provêm de recursos naturais. Isto se aplica à energia do petróleo e de seus derivados, ao gás natural, às energias hidrelétrica e termelétrica, à lenha e à biomassa em geral, à energia nuclear (urânio), à energia solar, eólica, de marés, etc. Varia, é claro, a tecnologia para transformar o recurso natural (por exemplo, a queda d'água ou o petróleo no poço) em energia "útil", o que decerto depende do tipo de utilização pretendida (demanda final).

Acreditamos que, em grande medida, a crise energética dos anos 70 antecipou uma outra aparentemente mais duradoura e global, que é a crise ambiental ou dos recursos naturais. O termo crise definitivamente não é apropriado; sua utilização envolve um julgamento que, inclusive, é quase subjetivo. Neste sentido, a contribuição da economia é avaliar as relações entre a oferta e demanda dos diversos recursos, a forma pela qual devem ser "administrados" de modo a maximizar o bem-estar social, quais as taxas de exploração e quais as políticas de preços que garantam esta maximização. Na medida em que os problemas ambientais passam pela utilização dos recursos naturais é mister conhecer o "bê-a-bá" da economia destes recursos, objetivo deste texto que complementa, em certo sentido, os artigos sobre economia do meio ambiente e análise de custo-benefício do meio ambiente que integram esta coletânea.

## **7.1 – Recursos Renováveis e Exauríveis**

É comum classificar os recursos naturais em renováveis e não renováveis ou exauríveis, apesar da fronteira entre essas duas categorias de recursos não ser muito clara. Observe-se que os recursos renováveis possivelmente tomam-se exauríveis, e estes, apesar de não se tornarem renováveis, podem ao menos ser considerados não exauríveis. Isto dependerá, entre outros fatores, do horizonte de planejamento, do nível de utilização do recurso, dos custos de exploração, da taxa de desconto, etc. Exemplo desta situação é o petróleo, tipicamente não renovável, porque o tempo de sua formação é contado em milhares senão milhões de anos. O urânio, por outro lado, é também não renovável; no

entanto, não é possível vislumbrar tamanha nuclearização do planeta que leve à possibilidade de o urânio tornar-se escasso. Neste sentido, passa a ser um recurso não exaurível. Uma floresta, por outro lado, recurso tipicamente renovável, pode tornar-se exaurível se no processo de sua exploração forem destruídas as condições ecológicas que permitem a sua regeneração natural.

Há outros fatores que levam um recurso a ser encarado como renovável ou não: descobertas de novas jazidas, aprimoramento de tecnologias que permitem uma melhor recuperação na exploração e fatores como risco e incerteza, que podem antecipar ou postergar o período esperado de esgotamento de recursos naturais. O importante é como o tomador de decisões encara o recurso em função de sua demanda, dos preços, da disponibilidade de recursos alternativos, do horizonte de planejamento, de sua aversão ao risco, etc. Renováveis ou não, o objetivo é administrar a utilização dos recursos naturais de forma economicamente racional.

## 7.2 – Recursos Exauríveis: Esgotamento Ótimo

Com relação aos recursos exauríveis, a questão básica que se coloca é a seguinte: estão eles sendo explorados muito rapidamente ou, ao contrário, muito lentamente, com os produtores restringindo a oferta e aumentando os preços? O que é exatamente e como se determina uma estratégia ótima de utilização de recursos exauríveis?

Quando se fala em ótimo econômico, está se pensando em um universo de alocações diferentes de recursos, alocações estas que implicam, cada uma, um determinado nível de bem-estar. Mede-se este bem-estar diretamente, via renda, por exemplo, mas tal mensuração pode envolver questões subjetivas e não mensuráveis monetariamente. Dentro do critério estabelecido, pode haver uma alocação que seja melhor ou superior a todas as demais, e esta é chamada de alocação ótima. Saliente-se que não é atributo específico dos economistas determinar o que é ótimo, mas apenas dizer qual a melhor maneira de atingi-lo. Vamos então equacionar de maneira bem geral o problema da utilização dos recursos exauríveis e tentar estabelecer sob que condições estamos impondo que ela seja ótima. Ótima aqui quer dizer socialmente eficiente, o que ficará mais claro adiante.

Existem basicamente duas condições para atingir o caminho ótimo da exaustão. Uma relaciona-se à existência do custo de oportunidade

(ou *royalty*). A outra diz respeito à evolução dos preços e do valor do *royalty* no tempo.

### 7.2.1 – O Custo de Oportunidade (ou *Royalty*)

Com relação ao custo de oportunidade, temos que lembrar um resultado básico da teoria microeconômica que estabelece a condição de eficiência num mercado perfeitamente competitivo:  $PREÇO = CUSTO MARGINAL DE PRODUÇÃO$ .<sup>1</sup> No caso do recurso não ser produzível, percebe-se que o fato de o usarmos hoje implica estarmos tirando a possibilidade de nós mesmos ou de outros dele se valerem no futuro. O *custo de oportunidade* corresponde ao valor que poderia ser obtido, em alguma época futura, da exploração do recurso em apreço. Este custo tem que ser incorporado quando se procura determinar o caminho ótimo no tempo de exaustão e utilização de um recurso exaurível. A condição de eficiência é dada, pois, pela equação  $PREÇO DO PRODUTO = CUSTO MARGINAL DE PRODUÇÃO + CUSTO DE OPORTUNIDADE$ . A geometria simplificada destes custos é apresentada na Figura 1, adiante.

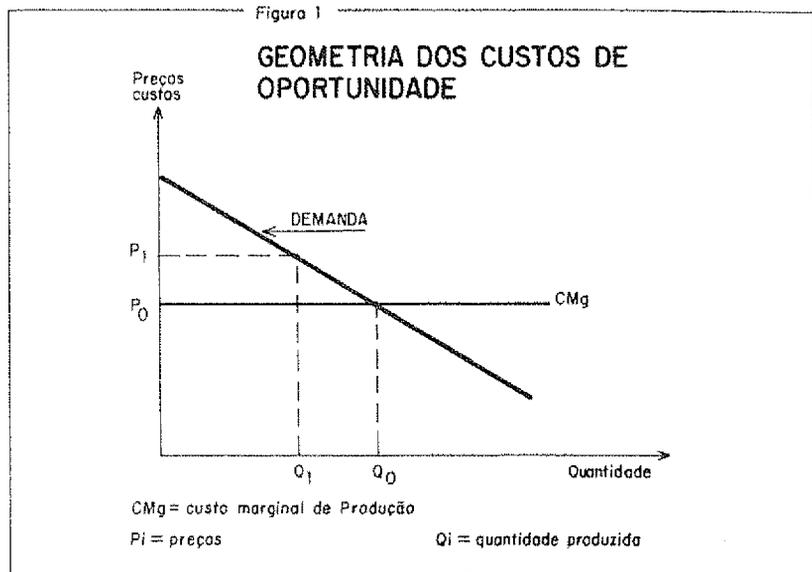
A curva de demanda é tradicional, sendo inversamente relacionada com o preço. A curva de custo marginal assume custo unitário de produção constante. No equilíbrio competitivo (concorrência perfeita), o custo marginal tem que ser igual ao preço. Assim, na Figura 1, o equilíbrio competitivo se dá no nível de preços  $P_0$ , com produção (e consumo)  $Q_0$ . Mas, se o recurso é exaurível, é forçoso levar em conta o custo de oportunidade, que, no caso, vale  $P_1 - P_0$ , passando o nível de produção e consumo a ser  $Q_1$ . Observe-se que este novo nível  $Q_1$  é

---

<sup>1</sup> Uma explicação intuitiva desse resultado é esboçada a seguir. O custo marginal de produção corresponde a quanto vai custar produzir mais uma unidade (isto é, na hipótese de o produtor resolver aumentar sua produção, o custo desta unidade adicional é o custo marginal). Vale notar que, se este custo marginal for menor que o preço de venda do produto, o produtor não estará produzindo bem: ele já deveria ter produzido e vendido esta unidade adicional, visto que seu custo de produção é menor que o preço; ele está, portanto, deixando de ter um lucro adicional. Por outro lado, se o custo marginal for maior que o preço de venda, então ele também está produzindo mal, já que o preço adicional da última peça é menor que o custo de produção, ou seja, está tendo prejuízo ao produzir peças vendidas por um preço menor que seu custo. No ótimo, portanto, o custo de produzir uma unidade de produto adicional – o custo marginal – tem que ser exatamente igual ao preço de venda do produto, o que significa dizer que o lucro desta última peça produzida é nulo, pois seu custo é igual ao seu preço. Com o mínimo de matemática sabe-se que, para maximizar qualquer função, é preciso obter derivada nula. Foi o que aconteceu no caso, para que o lucro fosse máximo, foi necessário que a sua variação com uma peça adicional (a derivada do lucro) valesse zero.

menor que  $Q_0$ , e seu preço ( $P_1$ ) maior. Neste problema específico, o custo de oportunidade é dito *royalty*.

Figura 1



### 7.2.2 – Os Preços e o Custo de Oportunidade no Tempo

Ainda que soubéssemos o valor do *royalty*, não poderíamos ainda dizer qual a melhor estratégia de utilização do recurso, isto é, quanto e quando deve ser utilizado. É melhor consumir um barril de petróleo hoje pagando o *royalty* ou consumi-lo amanhã, pagando (ou não) o mesmo *royalty*? Para abordar esta questão é fundamental ter claras as idéias embutidas no conceito da taxa de desconto.<sup>2</sup> Lembramos e enfatizamos apenas que taxas de juros muito altas traduzem risco e incerteza quanto ao futuro, priorizando investimentos de curto prazo.

O resultado fundamental da economia dos recursos exauríveis é conhecido como o lema de Hotelling, que apresentou em um clássico artigo em 1931 [Hotelling (1931)]. A apresentação do resultado que fazemos aqui baseia-se em outro artigo clássico [Solow (1974)].

<sup>2</sup> Este conceito é discutido no artigo de Ronaldo Serôa da Motta publicado neste volume.

A explicação de Solow é a seguinte: "Um depósito de um recurso natural cria um valor de mercado em vista da possibilidade de sua extração e venda posterior. Enquanto isso, seu proprietário, da mesma forma que os proprietários de quaisquer bens de capital, está se perguntando: o que você tem feito por mim ultimamente? A única maneira pela qual um depósito de um recurso natural ainda no solo pode produzir algum retorno corrente a seu proprietário é a apreciação de seu valor. Os mercados de bens só podem estar em equilíbrio quando todos os bens, de uma determinada classe de risco, alcançarem a mesma taxa de retorno, tanto como dividendos correntes, quanto como ganhos de capital. A taxa de retorno comum é a taxa de juros para aquela classe de risco. Como os depósitos de recursos naturais possuem a propriedade peculiar de não gerar dividendos enquanto estiverem no solo, na situação de equilíbrio o valor do depósito tem que crescer a uma taxa igual à taxa de juros. Por outro lado, o valor do depósito é também o valor presente das vendas futuras: assim, os proprietários devem esperar que o preço líquido do "minério", descontados os custos de extração, tende a crescer a uma taxa igual à taxa de juros. Se a indústria "mineradora" é competitiva, o preço líquido é o preço de mercado menos o custo marginal de extração de uma tonelada de minério". Esta diferença, como visto, é justamente o *royalty*.

Posto de outra forma, a apreciação de um recurso natural no solo só pode se dar na forma de aumento do valor do recurso (ao contrário de uma fábrica, por exemplo, que gera dividendos enquanto opera). Assim como qualquer outro bem, o retorno no tempo deste depósito "mineral", como exemplo típico, tem que ser igual ao dos demais bens da economia e, portanto, igual à taxa de juros (que vale para toda a economia). Mas o valor deste recurso, como já se disse, é justamente a diferença entre o preço e o custo marginal, ou seja, o *royalty*. Assim, quando começa a extração, é de se esperar que o *royalty* cresça a uma taxa igual à taxa de juros.

Outra maneira de entender o resultado é analisar o que aconteceria caso ele não fosse válido. Se o *royalty* crescesse muito mais rapidamente que a taxa de juros, os proprietários do recurso em questão teriam um bem valorizando demais, tornando-se uma excelente forma de manter riqueza. Atrasariam, assim, a produção, auferindo grandes ganhos de capital. O atraso na produção faria subirem os preços em um momento seguinte, o que levaria os proprietários do recurso a aumentarem a produção, restabelecendo-se o equilíbrio. Do outro lado, se os preços líquidos (*royalties*) crescessem mais lentamente que a taxa de juros, a melhor opção seria desfazer-se do bem, acelerando a produção, uma vez que não há interesse em segurar recursos que valorizam menos do que a taxa de juros. O aumento da oferta causaria uma queda nos

preços, seguida da conseqüente diminuição da produção: em um momento subseqüente, portanto, restabelecer-se-ia o equilíbrio. Conclui-se de tudo isto que só pode haver equilíbrio quando a valorização for exatamente igual à taxa de juros, o que é o próprio lema de Hotelling.

Uma observação interessante é que se o *royalty* cresce exponencialmente (à razão da taxa de juros), isto não quer dizer que o preço do recurso cresça também exponencialmente. O preço, vimos, é o *royalty* mais o custo marginal de extração. Se este custo decrescer no tempo e se o *royalty* representar uma parcela pequena do preço de mercado, é possível que este fique constante ou mesmo decresça.

### 7.2.3 – Limitações Práticas dos Resultados Básicos

Apesar da importância do resultado apresentado, não se pode supor que, no mundo real, principalmente em se tratando de recursos naturais, a economia seja tão bem comportada, isto é, que ela seja perfeitamente competitiva. Nesta seção levantamos sumariamente alguns aspectos que, na prática, impedem a aplicação direta do lema apresentado, demandando ajustes decorrentes das imperfeições de mercado.

A primeira grande imperfeição relaciona-se aos monopólios e oligopólios. Estes são particularmente importantes no caso do petróleo, por exemplo, e explicam as abruptas elevações dos preços verificadas em 1973 e 1979. É certo que foi pelo poder de mercado dos países exportadores que o preço subitamente aumentou, e não pela abrupta elevação de consumo ou pelo iminente esgotamento das reservas. E a tendência de um monopolista é restringir a produção e aumentar o preço em relação ao que ocorreria em concorrência perfeita. Ou seja, o monopolista é um aliado dos conservacionistas! Vale notar, entretanto, que seu comportamento depende de outros fatores econômicos, como o tipo de demanda pelo seu produto, mas, em princípio, ele deve “segurar” a produção.

Uma outra dificuldade relaciona-se à ausência de mercados futuros. Se eles existissem no caso dos recursos naturais, seria “fácil” cada produtor determinar quando e quanto produzir, assim como os preços presentes já embutiriam um *royalty* sobre o qual não incidiria incerteza. Na ausência de mercados futuros os produtores estimam a demanda e os preços futuros. Caso eles superestimem tais preços, a tendência será “segurar” os recursos agora para vendê-los mais tarde, e a taxa de exploração do recurso será mais baixa do que a socialmente desejada. O raciocínio inverso se aplica caso os produtores subestimem os preços futuros.

Há uma outra implicação da ausência de mercados futuros, que decorre de os produtores determinarem seu horizonte de planejamento invariavelmente sob uma estratégia “mfope”, ou seja, curta demais. O motivo básico se relaciona ao fator risco, que é, em geral, diluído quando se trabalha sob a ótica social (cf. discussão a seguir). A implicação é uma exaustão muito mais rápida dos recursos.

Outro fator importante é a incerteza, que se manifesta de maneiras distintas. Do ponto de vista dos produtores, a incerteza quanto à demanda futura em geral leva-os a produzirem demais, para não correrem o risco de grandes perdas futuras. Tais perdas de fato podem vir a ocorrer caso haja a possibilidade de expropriação do recurso (bom exemplo é o da U.S. Steel, que descobriu o minério de ferro em Carajás, cujos direitos de lavra estão hoje concedidos à Companhia Vale do Rio Doce), ou caso apareça um substituto de baixo custo (um exemplo pode ser o efeito dos raios *laser* sobre a telecomunicação, que pode acarretar grande redução no consumo de cobre). Se a incerteza quanto à demanda futura leva a um aumento da produção, a incerteza quanto aos resultados das explorações de novas reservas atua no sentido inverso. Os produtores que investem nestas pesquisas podem temer pelo seu resultado negativo, tendendo a “segurar” os recursos dilatando portanto o horizonte de exaustão.

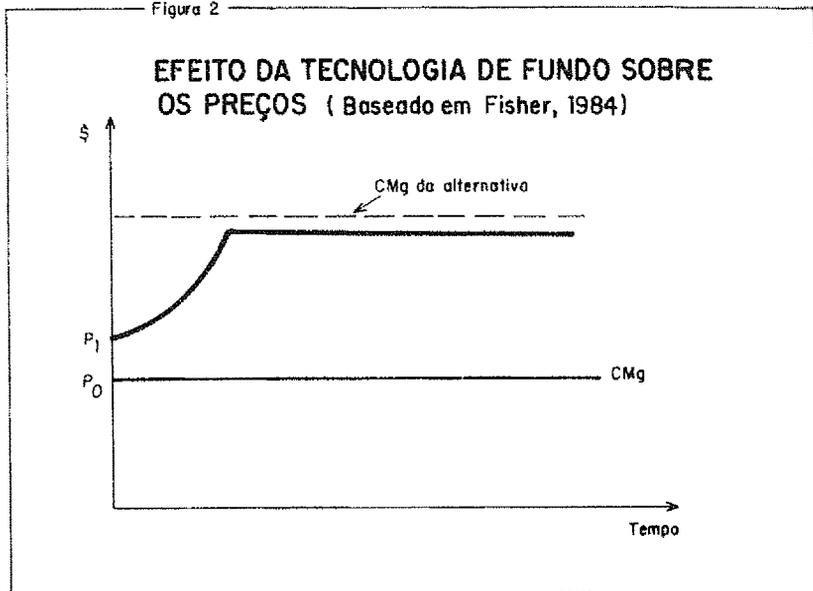
Com relação às novas descobertas, elas certamente atuam no sentido de dilatar o horizonte de exaustão. Em princípio, o preço esperado no futuro vai cair, o que faz com que os produtores expandam a produção presente. Assim, os preços atuais também caem. A cada nova descoberta, há uma queda nos preços, que, entre descobertas, sobem exponencialmente. A tendência global pode ser declinante ou ascendente.

Cumpra ainda observar o efeito das “tecnologias de fundo” (*backstop technologies*), o que se pode fazer com o auxílio da Figura 2. No momento inicial, o preço (P1) é maior que o custo marginal de produção (por causa do *royalty*). Em vista do lema de Hotelling, os preços elevam-se exponencialmente de acordo com a taxa de juros. No entanto, este aumento é limitado. E por que isto? Por causa da “tecnologia de fundo”, que é uma alternativa mais cara de se produzir um substituto do recurso em questão. Assim, quando o preço atinge o custo marginal desta alternativa, torna-se indiferente o uso de qualquer dos dois recursos. Decerto, o limite do preço do recurso original é o custo marginal do seu substituto.

Além das descobertas e das “tecnologias de fundo”, há que salientar o papel do progresso tecnológico, que evidentemente atua no sentido de se produzir mais barato e/ou de se recuperarem recursos anteriormente considerados irrecuperáveis (técnica ou economicamente). Is-

to se aplica tanto à exploração de jazidas mais profundas, à separação de minérios de estéreis, etc., quanto a descobertas do tipo da energia nuclear. Esta, no fundo, permitiu afastar a dependência completa de alguns países do carvão, do óleo combustível e de recursos hidrelétricos escassos e já em operação para a obtenção de energia elétrica. A França parece ser um bom exemplo disto. Neste país, a energia nuclear – com todos os seus riscos, falta de solução para o destino do lixo radioativo e outras questões não tão graves – serve como tecnologia “backstop” para as outras fontes de energia elétrica, constituindo, em princípio, como se apontou acima, uma fonte quase não-exaurível.

Figura 2



Há dois últimos aspectos a observar. O primeiro refere-se à consideração das gerações futuras, refletida parcialmente também na taxa de desconto. Lembre-se inicialmente o fato de que taxas de desconto altas implicam um abandono do futuro em favor do presente. Segundo Solow (1974), “a distribuição da renda ou de bem-estar entre gerações depende da provisão que cada geração faz para as que a sucederão. A escolha da taxa de desconto social é, de fato, uma política de decisão sobre distribuição intergerações”. O que se constata é que a taxa de desconto privada é sempre mais alta do que a social. Entre as principais

razões disso estão, primeiro, o fato de que indivíduos podem querer descontar o futuro em função do risco, risco este irrelevante do ponto de vista social, uma vez que pode acarretar uma simples transferência de renda, mas não perda social. O indivíduo evidentemente precisa assegurar-se de que a renda esperada retorne para ele próprio e não para outro indivíduo da sociedade. Mas, para a sociedade, isto não importa, conquanto haja a geração da renda esperada. A segunda, mais forte, baseia-se em questões estritamente éticas: afinal, por que existe a taxa de desconto? Por que tratar as gerações futuras diferente de nós mesmos? Como não há representantes de nossos descendentes que ponderem sobre o “justo” valor da taxa, então é apenas da nossa preocupação com nossos filhos, com os filhos destes e assim sucessivamente, que se espera consideração para com as gerações futuras.

O último aspecto refere-se à poluição. Como os mecanismos de mercado tradicionalmente não incorporam os custos ambientais da produção e do consumo dos recursos naturais e de seus derivados que geram poluição, os preços destes tendem a estar subestimados. A tendência é, claramente, haver maior produção e consumo destes recursos, antecipando-se o período socialmente ótimo de exaustão.<sup>3</sup>

### **7.3 – Recursos Renováveis**

Com relação aos recursos renováveis, duas questões serão abordadas: a diferença entre os níveis ótimos de exploração econômica e de “produção” (ou crescimento populacional) do ponto de vista biológico; e a economia dos recursos de propriedade comum.

#### **7.3.1 – Aproveitamento Ótimo de Recursos Renováveis: Propriedade Privada**

Conforme se mencionou na introdução, um exemplo típico de recursos renováveis são as biomassas, além de produtos agrícolas e pesqueiros. Os modelos que estudam a economia dos recursos renováveis

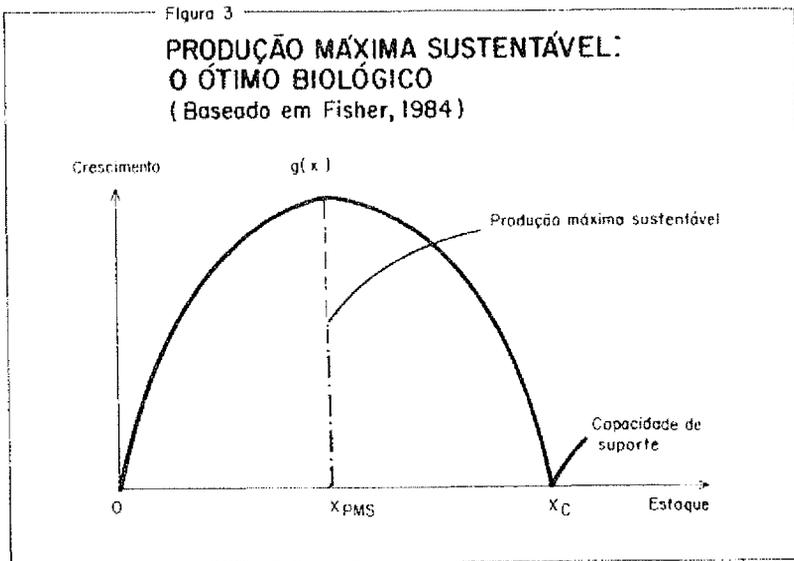
---

<sup>3</sup> Este assunto é tratado com maiores detalhes no meu artigo Economia do Meio Ambiente, nesta coletânea.

referem-se tradicionalmente à indústria pesqueira, aparentemente porque o primeiro trabalho formal a respeito [Gordon (1954)] referia-se à pesca. Não fugindo à regra, seguimos aqui a mesma abordagem.

Um dos problemas mais sérios que ocorrem na prática é o fato de estes recursos serem públicos ou de propriedade comum: um exemplo típico é um lago onde se faz pesca com fins comerciais. Percebe-se intuitivamente que a própria injunção de o lago não ter dono fará com que cada pescador tente pescar o máximo possível; caso todos adotem esta estratégia, é possível que se esgotem os recursos pesqueiros, ao contrário do que aconteceria se o lago tivesse um dono ou se houvesse cotas determinadas para se pescar. Este problema de recursos de propriedade comum (do inglês, *common property resource*) é abordado na subseção seguinte. É importante antes estudar o problema mais simples de determinação da estratégia ótima de pesca caso o lago tenha um proprietário.

O modelo mais simples assume que o recurso (peixe, no caso, mas que pode ser pensado em termos de biomassa, por exemplo) tem uma capacidade de produção ou de crescimento populacional dado por uma função  $g(X)$ , onde  $X$  é a quantidade de recurso existente (estoque). A forma típica da curva é apresentada na Figura 3 abaixo. O crescimento inicial não pode continuar indefinidamente por causa da competição



entre os peixes. Todo lago, ou toda floresta, ou todo campo de cultura agrícola tem um limite de crescimento. A quantidade de alimentos disponível só permite que existam  $XC$  peixes no lago, onde  $XC$  é a chamada capacidade de suporte do sistema (do inglês *carrying capacity*).  $XC$  é o número máximo de peixes no lago antes que a taxa de crescimento se torne negativa, ou seja, colocar mais peixes no lago faria a população diminuir. O ponto de inflexão da curva (o ponto onde o crescimento é máximo) é chamado de produção máxima sustentável (*maximum sustainable yield*), PMS. Este é o ponto em que o crescimento populacional potencial é máximo e, sendo menor que  $XC$ , é sustentável, ou seja, pode ser mantido indefinidamente.

À primeira vista pode parecer que, como no nível de PMS os peixes se reproduzem mais, no longo prazo a quantidade de peixes que terá vivido no lago será máxima, e portanto será máxima a quantidade de peixes pescada. No entanto, manter o nível de peixes no nível de PMS quase nunca é a melhor estratégia econômica. E o motivo não deixa de ser também intuitivo, relacionando-se à taxa de juros, aos custos da pescaria e ao preço do produto (peixe). Para simplificar, suponha-se que o custo da pesca seja nulo, representando-se por  $r$  a taxa de juros da economia e por  $t$  a taxa de crescimento populacional. Como os custos de pesca são nulos, se  $r$  é maior que  $t$  o ganho "líquido" que se pode auferir com a pesca é menor do que o que se verifica em outras atividades da economia: o próprio mercado financeiro já dá uma taxa ( $r$ ) melhor por hipótese. Assim, torna-se aconselhável abandonar essa atividade pesqueira. Na mesma linha intuitiva, pode-se analisar o comportamento assintótico da taxa de juros. Se ela for muitíssimo alta, estar-se-á atribuindo tanto valor ao presente, que a melhor estratégia será pescar todos os peixes (lembre-se que ainda se supõe o custo da pesca nulo). Por outro lado, se a taxa de juros for nula (uma situação inexistente na prática), valerá a pena deixar alguma pesca para o futuro. Em verdade, é exatamente quando tanto os custos de pescaria quanto a taxa de juros são nulos que o ótimo econômico coincide com a PMS:<sup>4</sup> assim, como se apontou no início, para todos os efeitos o ótimo econômico nunca coincide com o "ótimo biológico".

Além da taxa de juros, atua igualmente a influência dos custos de pescaria e dos preços do produto. Parece evidente que, se a razão dos custos em relação ao preço for pequena, o nível de exploração será maior. Inversamente, se pescar for caro em relação ao preço de venda (isto é, a razão custo/preço é elevada), então a quantidade a ser pesca-

---

<sup>4</sup> Estritamente falando, não é necessário que os custos de pescaria sejam nulos, apenas que independam do estoque remanescente.

da será menor; logo, não se pode *a priori* dizer que o nível de PMS é ótimo economicamente.

Para ilustrar os efeitos da taxa de juros e dos preços, recorremos a um caso concreto apresentado por Clark (1976), que é o das baleias azuis no Oceano Antártico. Os cientistas acreditam que a capacidade máxima de suporte seja algo em torno de 150 mil baleias e que o nível de PMS deve equivaler aproximadamente à metade, ou seja, 75 mil baleias, com o nível de crescimento anual de 2 mil baleias. O valor dos produtos obtidos a partir de cada baleia estaria na ordem de US\$ 10 mil. Isto quer dizer que, no nível de PMS, a receita anual da indústria pesqueira seria de US\$ 20 milhões. Por outro lado, se a indústria pescasse todas as baleias em um só ano, receberia US\$ 750 milhões. Note-se que a taxa de reprodução destas baleias é muito baixa; assim, a indústria tem uma forte motivação para pescar todas as baleias de uma só vez e acabar com o negócio, investindo a receita no mercado financeiro, onde a taxa de juros é muito maior. Em outras palavras, é muito difícil que, caso a indústria se mantenha em atividade, a remuneração de longo prazo cubra o possível ganho alternativo de "esgotamento" do recurso e aplicação do dinheiro em outra atividade. Este é o resultado de Hotelling já visto no caso dos recursos exauríveis. No caso dos recursos renováveis, a taxa de crescimento da população tem que ser no mínimo igual à taxa de juros. Não casualmente, as baleias azuis são ainda uma espécie com ameaça de extinção.

Até o momento, tratamos o problema do ponto de vista privado, no fundo presumindo que o lago tem um proprietário que maximiza lucro. Como no caso dos recursos exauríveis, alguns dos resultados, na prática, exigem adaptações. Foi mencionado o fato de que pode ser ótimo, economicamente, levar um recurso renovável (ou uma espécie animal) à exaustão. Neste caso, não consideramos a possibilidade do recurso ser escasso a um nível global e de que haja interesse na preservação da espécie, como é o caso das baleias azuis. Se o valor que a sociedade deseja pagar pela manutenção da espécie não estiver captado no preço do produto, a maximização do lucro privado não coincidirá com a maximização do bem-estar social. Este é um problema típico de falha de mercado.<sup>5</sup> O desmatamento das florestas tropicais é outro exemplo desta situação, se cada país produtor for encarado como um proprietário. A taxa de exploração mundial, particularmente em países como o Brasil e a Indonésia, parece estar muito acima do PMS, de modo que a capacidade de "reprodução" (regeneração das florestas) fica ameaçada. Isto

---

<sup>5</sup> Para maiores detalhes, cf. os artigos de Ronaldo Serôa da Motta e o meu outro texto, publicados neste volume.

pode, de fato, representar perigo de extinção. A outra solução “econômica” seria os compradores de madeira pagar o *royalty* devido, não se deixando de lado a difícil questão de como criar mecanismos que levem à realização deste objetivo. O problema do efeito estufa é outro exemplo típico dessa situação.

### 7.3.2 – O Problema dos Recursos de Propriedade Comum

Vimos sem muita formalidade qual a estratégia ótima a ser seguida por um pescador caso ele tenha direito de propriedade sobre o lago. Observe-se que, mesmo neste caso, pode ser economicamente racional para o pescador exaurir seus recursos; bastará para tanto que o valor presente de sua produção potencial futura seja baixo demais comparado com o esgotamento imediato dos recursos. Como se vê, ainda uma vez é grande a importância da taxa de juros e do custo de pescaria neste raciocínio. No entanto, é muito mais provável que ocorra a exaustão no caso do direito de propriedade não ser bem definido. Quem é dono de um lago? Quem era dono *de fato* dos recursos minerais de Serra Pelada? E a quem pertencem os minérios das áreas de garimpo da Amazônia?

A idéia básica no problema de propriedade comum é que cada pescador, primeiro, ignora o *royalty* e, segundo, não liga para o “congestionamento”. Cada um entra no lago querendo pescar o máximo possível, o que termina por extinguir o próprio lucro potencial que poderia ser auferido com a exploração “racional”. Vamos examinar com mais detalhes a situação.

No caso de o lago ter um proprietário que, em princípio, está interessado em maximizar o lucro considerando toda a vida futura desse seu bem, a produção ótima é aquela em que a produtividade marginal é igual ao custo marginal. Também em princípio este deveria ser o ótimo social, pressupondo-se que não haja poluição e outras distorções levantadas anteriormente para os recursos exauríveis. No entanto, no caso de o lago não ter um dono, este ótimo não deverá ser nunca atingido, a menos que haja alguma intervenção. Por que isto?

Qual o raciocínio econômico de cada pescador que vai ao lago? Sejam  $p$  o preço da tonelada de peixe,  $Y$  a quantidade pescada,  $X$  a quantidade de insumos necessária para se pescar  $Y$  toneladas, e  $c$  o custo unitário de pesca. Suponhamos que neste custo esteja embutida a “renda de oportunidade” do pescador, que é o salário que ele receberia em alguma atividade alternativa à pesca. Tipicamente este salário é o

salário mínimo. Assim, se o lucro que o pescador auferir com a pesca for menor que  $c$ , ele abandona a pesca e vai procurar a atividade alternativa. O lucro do pescador é dado por  $p.Y - c.X$ . Vimos acima que a produção socialmente ótima é aquela em que a produtividade marginal é igual ao custo marginal. Observemos que, quando o pescador entra no lago, ele não se preocupa com a produtividade marginal, mas com a produtividade média ( $p.Y/X$ ). Enquanto ela for maior que o custo  $c$ , ele se mantém na pescaria. Isto porque ele estará recebendo um “salário equivalente” maior que  $c$ . Isto se aplica a todos os pescadores. Mas qual a implicação deste raciocínio? Se o salário equivalente ficar menor que  $c$ , não haverá interesse para o pescador em se manter na pescaria. Alguns pescadores vão se retirar da atividade até que a produtividade média suba até  $c$ . Se o salário equivalente for maior que  $c$ , novos pescadores acorrerão ao lago. Isto porque a renda que a pescaria estará propiciando será maior que a renda alternativa “típica” do resto da economia. Em decorrência, a produtividade média vai cair até  $c$  novamente; só haverá equilíbrio quando a produtividade média ( $p.Y/X$ ) for igual a  $c$ . Mas veja-se o que isto implica: o lucro total, dado por  $p.Y - cX$ , valerá zero! Este é o dilema do recurso de propriedade comum. O lucro é de todos, só que ninguém pode se apropriar dele!

Em termos da discussão intuitiva acima proposta, o pescador, ao se preocupar apenas com a produtividade média, mostra-se cego para o que diz respeito ao futuro: a única coisa que importa é o rendimento (dado pela produtividade média) ser maior que o salário alternativo da economia. E assim ele, definitivamente, ignora o *royalty*, o valor futuro potencial da atividade. O efeito do “congestionamento” é inerente à ausência do direito de propriedade. A implicação, como vimos, é cada pescador trabalhar “olhando para a curva de produtividade média” e não para a de produtividade marginal, como seria desejável.

Segundo Gordon (1959), este resultado – considerado o segundo resultado fundamental da economia dos recursos naturais – explica a pobreza característica dos pescadores, a despeito da eventual riqueza dos lagos e da fantástica capacidade de reprodução dos peixes. Entre as explicações sugeridas por Gordon, estão a imobilidade dos pescadores (tradição, paixão pelo mar, pobreza que impede a própria mudança, etc.) e o espírito de aventura (o jogo), que alimenta a esperança de “uma grande pescaria”. Os únicos pescadores que eventualmente enriquecem são aqueles que, de fato, têm a sorte de encontrar a grande pescaria, ou aqueles que participam de um sistema de pesca que está sujeito a alguma forma de controle social, tornando o bem de propriedade comum um bem de propriedade privada. Serra Pelada, citada anteriormente, onde o recurso era exaurível, é outro exemplo clássico da situação.

Os mecanismos de combate à superexploração de bens de propriedade comum são vários. O primeiro deles é simplesmente definir um direito de propriedade sobre o recurso. Exemplo disto é o acordo mundial das 200 milhas marítimas. Outra opção é taxar a produção. O valor da taxa deve ser justamente o custo de oportunidade mais a diferença entre os custos médio e marginal. Como vimos, a não consideração do *royalty* e o fato de se pensar em termos de custos médios e não marginais é que levam ao lucro zero e à superexploração do recurso. Na prática, entretanto, este método é de difícil aplicação, a começar pela dificuldade de determinar estes valores. Duas outras opções são impor ineficiências tecnológicas, como o tipo de equipamento de pesca, embarcações, etc., e fixar quotas de pesca.

Como em todos os problemas práticos, a melhor solução depende da situação específica. Em termos econômicos, isto quer dizer que os próprios custos de negociação têm que ser considerados. Reunir todos os pescadores de uma certa região pode ser tão caro que a ineficiência provavelmente vai perdurar. Nestes casos, a intervenção de uma autoridade competente através de legislação pode ser mais interessante do que deixar o “mercado” caminhar sozinho para uma ineficiente utilização de recursos.

Uma observação interessante diz respeito à primeira das soluções propostas acima, que corresponde, em alguma medida, à privatização do recurso. Ela garante, em princípio, que ele vai passar a ser utilizado de forma socialmente eficiente. Isto deve ser comparado com a situação apresentada na página introdutória do capítulo precedente, onde se argumentou que era justamente a natureza privada da atividade econômica (produção de cimento) que levava à diferença entre o ótimo privado e o ótimo social. Isto chama a atenção para o fato de que a “privatização” pode ora implicar a utilização socialmente ineficiente do recurso, ora remediar uma situação de ineficiência para uma de alocação eficiente de recursos.

## 7.4 – Aplicações à Amazônia<sup>6</sup>

Nesta última seção, torna-se a discutir alguns dos problemas levan-

---

<sup>6</sup> Esta última seção do artigo transcreve resumidamente as partes principais de um outro texto de nossa autoria: “Economia do meio ambiente e dos recursos naturais renováveis: exploração não sustentada na Amazônia”, in C. Cruveillier (coord.), Impactos ambientais de investimentos na Amazônia: problemática e elementos metodológicos de avaliação, PNUD/Sudam, Manaus, 1989

tados ao longo do texto, confrontando-os com o contexto específico da Amazônia. Dadas a diversidade e a complexidade dos problemas econômicos e ambientais resultantes das modalidades atuais de exploração da região amazônica, seria por demais pretensioso tentar abordá-los todos neste pequeno texto. Ademais, não se pode supor que os elementos levantados neste capítulo e no capítulo precedente, também de nossa autoria, resumam todos os aspectos econômicos capazes de explicar (sob este ponto de vista) os problemas ambientais da Amazônia. Ambos os capítulos apresentaram aqueles aspectos microeconômicos que se consideram mais importantes para a compreensão de tais problemas, que só podem ser globalmente entendidos mediante a consideração conjunta de outras perspectivas, entre as quais a social, a legal e a técnica, também parcialmente abordadas nesta coletânea. Neste sentido, levantamos apenas alguns dos principais problemas da região e tentamos justificar sua ocorrência à luz dos conceitos econômicos apresentados.

#### 7.4.1 – A Questão das Terras e dos Desmatamentos

A expansão da fronteira agropecuária é sem dúvida a maior responsável pelos desmatamentos na Amazônia. O processo tradicional de ocupação por posseiros, que são pequenos produtores e mantêm culturas de subsistência, seguida de grilagem e posterior consolidação de latifúndios, já cede lugar à ocupação direta pelos grandes proprietários. É evidente que, num e noutro caso, verifica-se uma simples apropriação (privatização) de bens públicos. Tanto no caso das culturas de subsistência, quanto, mais claramente, no das grandes propriedades, os agentes maximizam lucro. Como proposto no texto, esta maximização leva os agentes a adotarem estratégias econômicas distintas das que seriam socialmente ótimas.

Existem dois efeitos perversos que se superpõem. O primeiro é que não se aufera, com estas atividades, o lucro (benefício) máximo possível. Tem-se enfatizado constantemente, em artigos recentemente publicados [Pearce e Myers (1989), Fearnside (1989) e Leslie (1987)], que o valor econômico dos produtos da floresta é muito superior àquele que se pode obter mesmo com as melhores práticas agrícolas e pecuárias. É evidente que isto depende da região em apreço. Há casos em que a floresta não apresenta grande potencial para a exploração extrativista, e os solos são adequados à pecuária e/ou à agricultura, não havendo motivos para que estas últimas não sejam incentivadas. Em termos da pers-

pectiva econômica apresentada neste capítulo e no precedente, estamos simplesmente diante das diferenças entre benefícios privados e benefícios sociais. Tanto os pequenos como os grandes proprietários adotam estratégias de curto e curtíssimo prazo, não levando em conta as gerações futuras e o valor potencial máximo que a sociedade poderia auferir com a exploração sustentada da floresta. A produção agrícola é obtida, na maior parte das vezes, às custas de um rápido esgotamento da fertilidade e das propriedades físicas naturais dos solos. No caso dos grandes proprietários, principalmente, não há motivos para não taxá-los por este uso ineficiente de recursos.

O segundo efeito é que além de impedir a maximização do benefício social, as modificações causadas pelas atividades agropecuárias geram efeitos negativos para o ecossistema global da Amazônia, entre os quais perda de biodiversidade, alterações micro e mesoclimáticas, efeitos sobre a fauna e flora terrestre e aquática, modificações sobre a hidrologia, sobre os ciclos biogeoquímicos e sobre as propriedades dos solos. Estas são externalidades ambientais de valoração econômica quase impossível, mas que, sem dúvida alguma, atingindo determinadas proporções, tornar-se-iam irreversíveis e teriam efeitos catastróficos. As dificuldades a serem enfrentadas na avaliação ecológica destes efeitos são provavelmente maiores que as que pesam sobre as próprias valorações econômicas que possam ser feitas. De qualquer forma, existem estas externalidades e, ao invés de taxar os agentes, é preciso antes controlar e limitar suas atividades para que a capacidade de suporte do ecossistema (entendida em sentido lato) não seja atingida.

#### **7.4.2 – Impactos dos Grandes Projetos de Investimento na Amazônia**

Deve-se admitir que os impactos (as externalidades) dos grandes projetos não são apenas negativos. Além da população migrante ser atraída por estes projetos, há de fato um afluxo de capital para a região e, indubitavelmente, parte deste capital fica na região. Há uma dinamização da economia. O argumento, entretanto, é que as parcelas dos lucros e dos recursos que beneficiam a população local são mínimos se comparados com os investimentos globais dos projetos. Ademais, vários agentes são profundamente afetados de forma negativa.

Um exemplo típico é a implantação do Projeto Ferro Carajás. A maioria das cidades localizadas ao longo do corredor da estrada de ferro, mesmo as servidas diretamente por ela, estão completamente empo-

brecidas. Tiveram um súbito crescimento populacional, uma aparente dinamização da economia, mas hoje não podem se manter sozinhas. Se não se criou desemprego, houve concentração dele nestas cidades, com problemas graves de favelização e deterioração da qualidade de vida das populações. A valorização das terras próximas à estrada de ferro causou uma evidente concentração fundiária, afetando pequenos proprietários, mesmo os estabelecidos a certa distância do corredor. Todos estes são efeitos indiretos dos grandes projetos e de muito difícil avaliação.

A despeito da eventual impossibilidade de quantificar estes efeitos em termos monetários, não há dúvida quanto a que representam custos sociais. Estas externalidades ocorrem inicialmente porque as populações não são consultadas antes da instalação dos projetos. A situação seria bem diferente se a implantação fosse precedida de ampla negociação, com discussão dos objetivos e efeitos dos projetos, bem como se houvesse tempo para os atingidos pensarem, negociarem e agirem conforme venham a julgar conveniente.

A internalização dos impactos dos grandes projetos revela-se bem mais complexa e inquietante do que as situações tematizadas nos problemas clássicos de poluição envolvendo apenas um agente poluidor e um determinado grupo (população) sujeito a seus efeitos. Para os grandes projetos da Amazônia, tipicamente as hidrelétricas e projetos de mineração, apenas medidas mitigadoras podem ser tomadas. Permanecem válidas, entretanto, as propostas de negociação e taxação. Continuam sendo os únicos mecanismos capazes de captar, em alguma medida, os custos sociais e ambientais.

Vale lembrar, conforme está salientado no capítulo precedente, que a incorporação aos projetos dos custos de controle, quaisquer que eles sejam, tem um preço. Um exemplo interessante pode ser proporcionado pelo reassentamento das populações afetadas pela hidrelétrica de Itaparica, na Bahia. Os custos de controle têm sido de tal monta que podem comprometer a própria viabilidade do empreendimento. A lição é rica para o cenário amazônico e reforça a idéia de que há de fato um *trade-off* entre qualidade e preservação ambiental com os custos de controle.

### 7.4.3 – Garimpos e Madeireiras

Tanto as empresas madeireiras como os garimpeiros têm diante de si aquilo que chamamos acima de problema de bens de propriedade

comum. Nem um nem outro tem qualquer motivação para incorporar os custos sociais e ambientais, adotando estratégias de aproveitamento sustentável de recursos naturais, mesmo que, no longo prazo, eles próprios se vejam prejudicados, o que não podem antever porque alimentam a idéia de que os recursos são infinitos ou inesgotáveis. O caso dos garimpeiros já foi mencionado na seção “teórica” deste capítulo, quando o exemplo de Serra Pelada foi apontado. Enquanto o salário médio da atividade for maior que o salário alternativo da região (conquanto este seja extremamente baixo), haverá trabalhadores interessados em suportar as condições desfavoráveis dos garimpos e tentar auferir pelo menos este salário.

As madeiras de uma mesma região, do mesmo modo que os garimpeiros, tentam se apropriar o mais rápido possível do recurso – a madeira –, adotando a mesma estratégia dos garimpeiros e daqueles pescadores que são objeto do exemplo teórico utilizado acima neste capítulo. Entretanto, enquanto no caso dos pescadores são apenas eles que sentem os efeitos de sua estratégia socialmente errada, os madeiros impõem, adicionalmente, novos custos externos. Isto porque, para chegarem até às árvores nobres, destroem grande parte da vegetação vizinha, tanto com a abertura de estradas como para terem acesso às árvores de valor comercial, além de utilizarem técnicas de corte nem sempre recomendadas do ponto de vista ecológico. Caberia decerto aos madeiros a responsabilidade de promoverem o reflorestamento e de adotarem as demais medidas de manejo florestal conhecidas.

Ao governo, cabe impor algum tipo de controle, apesar de ser forçoso reconhecer que os custos administrativos de fiscalização são quase proibitivos, dada a extensão da região amazônica. É possível vislumbrar a hipótese de instituir algum tipo de taxa mais elevada, visto que, ainda que pequenas, as madeiras são empresas minimamente legalizadas. Este problema é muito mais grave no caso da poluição causada pelos garimpos. Além de se encontrarem em regiões de difícil acesso, os garimpeiros “não têm nada a perder”. Com isto, fica difícil ou quase impossível negociar. O pagamento de taxas é tão irreal quanto a própria legalização da produção.

Para encerrar, cumpre mencionar alguns aspectos relacionados ao cunho internacional das atividades econômicas na Amazônia. De uma maneira geral, estas atividades são em grande parte voltadas para a exportação. Os interesses dos países industrializados na região são inúmeros e não seria o caso de analisá-los aqui. Uma enorme pressão no sentido da proteção ambiental da Amazônia tem sido feita sobre o governo brasileiro, tanto por outros governos quanto pelas organizações “verdes” internacionais e pelas agências multilaterais de financiamento, em particular o Banco Mundial.

A despeito de toda a pressão, julgamos relevante salientar aqui um aspecto, abordado no capítulo precedente, que se refere ao não pagamento de qualquer valor como compensação pelos custos sociais e ambientais que incorrem na região. Por causa das falhas dos mecanismos de mercado igualmente apontados no capítulo anterior, os preços dos produtos exportados não embutem a parcela relativa aos custos sociais e ambientais associados aos desmatamentos na Amazônia. Isto se aplica essencialmente a todos os produtos de exportação da região – minério de ferro, ferro-gusa, alumínio, móveis e madeiras, produtos do extrativismo vegetal, produtos agrícolas, etc. Estes produtos têm preços aviltados nos mercados internacionais em grande medida porque os custos sociais e ambientais não são incorporados aos cálculos dos custos de produção, uma situação, por sinal, nada específica ao Brasil. Os desmatamentos na Indonésia, para citar apenas um exemplo, são muito mais críticos do que na Amazônia.

Reconhecendo-se as dificuldades de funcionamento de um mercado em que fossem minimamente incorporados os custos ambientais, a lógica econômica aponta para a necessidade de os países compradores também pagarem pela preservação ambiental que defendem, lado a lado com os produtores locais. O mecanismo, vimos, são os preços. Não há por que o Brasil não taxar os produtos da Amazônia e reverter a receita em conservação e preservação ambiental.

## Bibliografia

- AÑAND, S. e NALEBUF, S. *Issues in the appraisal of energy projects for oil-importing developing countries*. Washington, D.C., 1985 (World Bank Staff Working Paper 738).
- BAUMOL, W. J. e OATES, W. E. *The theory of environmental policy*. 2ª ed., Cambridge, U.K., Cambridge University Press, 1988.
- CLARK, C. W. *Mathematical bionomics: optimal management of renewable resources*. New York, John Wiley, 1976.
- DASGUPTA, P. *The control of resources*. Oxford, Basil Blackwell, 1982.
- FEARNSIDE, P. M. Extractive reserves in Brazilian Amazon: an opportunity to maintain tropical rain forest under sustainable use. *Bioscience*, 39 (6): 387-93, Jun. 1989.

- FISHER, A. C. *Resource and Environmental Economics*. Cambridge, Cambridge University Press, 1981.
- GORDON, S. The economic theory of a common property resource: the fishery. *Journal of Political Economy*, 62 (1): 124-142, Apr. 1954.
- HOTELLING, H. The economics of exhaustible resources. *Journal of Political Economy*, 39 (1): 137-175, Apr. 1931.
- LESLIE, A. J. A second look at the economics of natural management systems in tropical rain forests. *Unasylva*, 39: 46-58, 1987.
- NORDHAUS, W. D. Resources as a constraint on growth. *American Economic Review*, 64 (2): 22-26, May 1974.
- PEARCE, D. W. *Environmental economics*. New York, Longman, 1976. (Capítulo 7: Depletion of non-renewable resources, pp. 142-164).
- . Economics, equity and sustainable development. *Futures*, London, 1988. Nº especial.
- PEARCE, D. W. e MYERS, N. Economics values and the environment of Amazonia. In: GOODMAN, D. e HALL, A., eds. *The future of Amazonia: destruction or sustainable development?* London, McMillan Press, 1990.
- SOLOW, R. M. The economics of resources or the resources of economics. *American Economic Review*, 64 (2): 1-14, May 1974.