

GERENCIAMENTO AMBIENTAL: UM NOVO MODELO

Prof. Gerardo José de Pontes Saraiva⁶²

Resumo:

O desenvolvimento sustentável exige a preservação do meio ambiente, de modo que os recursos disponíveis possam ser utilizados, satisfazendo as necessidades das gerações presentes, permitindo, também, que as gerações futuras satisfaçam as suas. Para a limitação da utilização desses recursos, contribui a internalização de externalidades, ou seja, que sejam incorporados ao sistema financeiro, certos valores monetários que não são, usualmente, considerados. Os conceitos da teoria da Lógica Fuzzy e sua matemática podem equacionar esse problema de maneira satisfatoriamente precisa.

INTRODUÇÃO

A economia estuda a administração social ou gerenciamento de recursos e a escassez. A escassez surge porque os recursos disponíveis são insuficientes para satisfazer todos os desejos humanos. Em consequência, uma das principais contribuições da economia é sugerir mudanças institucionais e outras — tais como variações no mercado ou mecanismos políticos ou, em outros casos, a introdução ou a não continuação de mecanismos sociais — para melhorar o gerenciamento de recursos a fim de reduzir a escassez. Economistas têm defendido a tese de que há quatro maneiras principais de reduzir a escassez econômica: (1) melhorando a alocação de recursos entre usos alternativos, de modo que a eficiência do sistema econômico em satisfazer os desejos humanos seja aumentada; (2) assegurando emprego a todos aqueles que desejam trabalhar, permitindo que toda a sua capacidade produtiva seja aproveitada na produção; (3) promovendo o crescimento econômico e (4) tanto quanto isso diga respeito à escassez, melhorando a distribuição de rendimentos.

Basicamente, a perseguição dos três primeiros objetivos aumenta o tamanho do *bolo*, enquanto a perseguição do último objetivo conduz a uma distribuição mais equitativa desse *bolo* econômico.

Agora, contudo, supõe-se que pelo menos um dos meios sugeridos para reduzir a escassez possa acrescentar algo ao problema. O crescimento econômico, quando não sustentável, contribui para aumentar o problema da escassez, pois por não ser sustentável, só poderá reduzi-la a curto ou médio prazo. De fato, a longo prazo, o crescimento econômico poderá resultar em uma maior escassez econômica devido à exaustão dos recursos não renováveis e à deterioração irreversível do meio ambiente causada por ele. Então, o crescimento econômico do passado, que tem sido visto por muitos como o mais seguro caminho para a salvação econômica da humanidade, está sendo questionado

⁶² O autor é Cel (Rfm) do Exército, do Quadro de Engenheiros Militares, Chefe da DACTec (ESG), Mestre em Engenharia Civil e Doutor em Ciências.

pelo fato de poder, a longo prazo, contribuir para a escassez. Ele pode conduzir a uma sociedade insatisfeita em termos de relações interpessoais e de autodesenvolvimento. Isso pode ter conseqüências ambientais inaceitáveis, como a extinção de um número exagerado de outras espécies de seres vivos. Tais aspectos têm sido debatidos por aqueles interessados na economia verde ou ecológica, pelo menos desde o início da década dos anos 70, a partir de quando tem sido largamente incrementado o interesse por tais assuntos.

UMA VISÃO DO PROBLEMA

Dois importantes documentos trataram dos instrumentos de controle ambiental. O primeiro deles (IUCN, 1980) *The World Conservation Strategy*, deu maior ênfase às soluções administrativas para os problemas de conservação ambiental, enquanto o segundo *Caring for the Earth: A Strategy for sustainable Living* (IUCN - UNEP - WWF, 1990) ⁶³ pôs em realce, dando-lhes prioridades, os instrumentos econômicos para tratar os problemas do meio ambiente.

Caring for the earth reconhece que muitos dos problemas de meio ambiente e de sustentabilidade surgem, na prática, pelo fato de os valores recebidos e os custos pagos pelo agente econômico individual para usar o meio ambiente e os recursos naturais não refletirem em sua totalidade os custos sociais envolvidos. Muito freqüentemente, os bens ambientais são tratados como bens livres quando, na realidade, eles são bens relativamente escassos e, portanto, sob o ponto de vista econômico, deviam ter seu preço agregado ao seu uso, traduzindo seu valor social. O ar puro, por exemplo, é escasso. Assim, aqueles que lançam na atmosfera elementos poluidores sem pagar por sua utilização, estão optando por um sistema de preços que não incorpora os verdadeiros valores econômicos sociais ou custos. Tal sistema implica conduzir a economia a provocar resultados insatisfatórios sob o ponto de vista ambiental e econômico. O pensamento econômico majoritário mantém a idéia de que os recursos ambientais e os recursos naturais sejam corretamente valorados, a fim de que reflitam os custos de sua utilização em termos não somente da deterioração ambiental, como também, em termos de benefícios futuros não considerados e não computados; em outras palavras, os custos de uso e de conservação devem ser levados em conta.

Uma análise mais acurada dos dois documentos leva à conclusão de que ambos

advogam a idéia de que o desenvolvimento sustentado deve basear-se na conservação. Isto que é preconizado exige (1) a conservação daquilo que serve de suporte à vida, ou seja, aqueles processos ecológicos que mantenham o planeta adequado para a sobrevivência, (2) conservação da biodiversidade e (3) o uso sustentável das fontes renováveis.

A política econômica é também um instrumento essencial para conseguir obter a sustentabilidade. Uma vez que os recursos naturais sejam corretamente valorados e incluídos nos planejamentos nacionais, e os custos de sua exaustão sejam tornados evidentes, o sentido de conservação será largamente

⁶³ *International Union for the Conservation of Nature United Nations Environmental Programme –World Wildlife Fund*, 2nd. Draft, IUCN, Gland, Switzerland.

*fortalecido. Os instrumentos econômicos são também ferramentas valiosas para o fortalecimento de práticas sustentáveis, porque tornam disponível uma força fortemente incentivadora, ao tempo em que deixam aos indivíduos e às indústrias a liberdade de escolha, bem como das precisas medidas que devem adotar (UNEP-WWF-1991, p. 69).*⁶⁴

É necessária uma análise para que produtores e consumidores, em face dos custos sociais totais de suas decisões, bem como os planejadores governamentais façam uma avaliação mais realista das possibilidades econômicas. Os custos sociais totais incluem os custos econômicos e os custos dos usuários (benefícios subtraídos aos futuros usuários dos recursos, como consequência de decisões adotadas pelos usuários do presente).

Nos sistemas econômicos voltados para o mercado, isso implica melhoramento (a) nas políticas de preço, (b) na alocação dos direitos de propriedade e (c) na utilização de instrumentos econômicos (tais como, taxas, subsídios e *licenças comercializáveis*). Naqueles casos em que a economia é do tipo *comando e controle*, ou naquelas áreas da economia onde as diretrizes mais do que as sinalizações do mercado são utilizadas para determinar o uso do recurso, as apreciações de planejamento (implícitas ou preços-sombra) devem refletir os custos sociais totais, isto é, devem incluir os custos econômicos mais os custos dos usuários. Isso, com muita frequência, não é feito.

Embora não em todos os casos, *Caring for the Earth* preferencia a abordagem de fazer os agentes econômicos pagarem o custo social total associado com o seu uso dos recursos, ou seja, adota o *Princípio Usuário Pagador* — PUP, uma generalização do *Princípio Poluidor Pagador* — PPP (IUNC-UNEP-WWF, 1991, p.70), mas reconhece que existe um número de instrumentos econômicos alternativos para tentar atingir o mesmo objetivo, cada um dos quais tem suas vantagens e desvantagens. Esse documento sugere também que medidas econômicas são mais eficientes e efetivas em termos de utilização de recursos do que as medidas administrativas para conseguir que as fontes de recursos sejam conservadas. Além do mais, um número de medidas econômicas como taxas, tarifas apropriadas para o uso de recursos naturais e, em certos casos, licenças comercializáveis para recursos ou uso ambiental geram retorno para os cofres públicos.

As vantagens atribuídas aos instrumentos econômicos pelos economistas neoclássicos são normalmente apresentadas a partir de contraposições aos mecanismos de regulação direta, também conhecidos como políticas de *comando e controle*, já acima referidas, uma vez que estas impõem modificações no comportamento dos agentes poluidores através de:

1. Padrões de poluição para fontes específicas (limites para emissão de determinados poluentes, por exemplo, de dióxido de enxofre);
2. Controle de equipamento: exigência de instalação de equipamento anti-poluição (por exemplo, filtros); obrigatoriedade de utilização de tecnologias *limpas*, já disponíveis;
3. Controle de processos (exemplo: exigência de substituição de insumo empregado de óleo combustível de alto teor de enxofre para outro de baixo teor);

⁶⁴ Citado por TISDELL, Clem, *Environmental Economics*, p.240, 1994.

4. Proibição total ou restrição de atividades a certos períodos do dia, áreas, etc., por meio de concessão de licenças (não-comercializáveis) para instalação e funcionamento; fixação de padrões de qualidade ambiental em áreas de grande concentração de poluentes;
5. Controle do uso de recursos naturais por intermédio da fixação de cotas (não comercializáveis) de extração (exemplo: para extração de madeira e pesca); etc.

A principal característica da política de *comando e controle* é que ela, em base legal, trata o poluidor como *ecodelinqüente* e, como tal, não lhe dá opção de escolha: ele tem que obedecer a regra imposta, caso contrário sujeita-se a penalidades em processos judiciais ou administrativos. A aplicação de multas em caso de não cumprimento da obrigação é bastante usual.

Essa característica é considerada desvantagem por uns e vantagem por outros. Desvantagem: os poluidores não têm liberdade de selecionar e promover ajustes ao longo do tempo que lhes convier; não é uma regra justa, de vez que não leva em consideração as distintas situações dos agentes individuais para cumprir a obrigação; como vantagem, esses instrumentos têm uma elevada eficácia ecológica — uma vez fixada a norma (de modo apropriado), será cumprida (se os poluidores violarem a lei).

Os economistas do *mainstream* são os principais adversários das políticas de *comando e controle*, apresentando suas desvantagens:

- a) são ineficientes economicamente, porque não consideram as diferentes estruturas de custo dos agentes privados para a redução da poluição;
- b) seus custos administrativos são muito altos, pois envolvem estabelecimento de normas/especificações tecnológicas por agências oficiais, bem como um forte esquema de fiscalização;
- c) uma vez atingido o padrão ou uma vez a licença concedida, o poluidor não é encorajado a introduzir novos aprimoramentos tecnológicos (anti-poluição);
- d) criam barreiras à entrada (competição): a concessão de licenças não comercializáveis tende a perpetuar a estrutura de mercado existente;
- e) podem sofrer influência de determinados grupos de interesse.

Certamente, o melhor caminho para proteger o meio ambiente seria combinar os dois métodos.

As medidas econômicas para corrigir desvios causados pela não consideração dos custos totais da utilização dos recursos naturais incluem taxas, tarifas, subsídios, depósitos compulsórios remunerados, *performance bonds*, etc. Todos, exceto os subsídios, pretendem assegurar que o utilitário dos recursos naturais pague pelo uso desses bens escassos; todos eles, exceto os subsídios, podem propiciar retorno financeiro para o governo.

Fundamentam-se essas providências na utilização de medidas de estímulos e punições de caráter fiscal, destinadas a induzir as unidades geradoras de poluição a modificar o seu procedimento, adequando-o aos padrões desejados de controle ambiental. Trata-se, como se pode depreender, da aplicação do princípio clássico de Pigou, segundo o qual, quando o mercado se revela inoperante ou ineficiente para captar o efeito externo, cabe ao Estado, identificando-o, tributar a fonte geradora do mesmo, quando negativo, ou subsidiá-la, quando positivo. Seria uma maneira de fazer os agentes econômicos, quando diante de um leque de preços, terem uma indicação, pelo menos aproximada dos custos sociais de suas decisões. Essa taxa deveria, portanto,

corresponder ao montante dos custos adicionais impostos pela atividade geradora do efeito, no caso de ele ser negativo.

ALGUMAS OBJEÇÕES

Essa solução, teoricamente simples, passou a ser aceita, de maneira geral, pelos economistas, criando-se aquilo que Coase denominou de *tradição pigouveana*, contra a qual se levantou em seu famoso artigo,⁶⁵ em que colocou uma série de objeções à idéia do tributo. Segundo ele, esse tributo não pode ser considerado como uma panacéia universal, podendo sua aplicação, além da dificuldade de sua execução, conduzir a distorções maiores no nível da produção do que aquela a ser corrigida.

Sustenta mais que a imposição da taxa medida pelo prejuízo é arbitrária, pois a avaliação desse prejuízo variará em função das partes afetadas, na hipótese de os efeitos externos terem caráter bilateral. Argumenta com o caso de uma fábrica estar prejudicando uma lavanderia e esta conseguir fazer com que sobre aquela incida uma taxa. Isso, segundo ele, significaria dizer que a lavanderia estaria impondo um prejuízo à fábrica.

Esse argumento, aparentemente estranho, não deixa de ter sua procedência em termos de bem-estar teórico, pois que, talvez, com uma importância menor que a taxa, a lavanderia poderia mudar sua localização. Neste caso, a sua imposição estaria reduzindo o bem-estar, de vez que levaria a uma redução na produção da fábrica, mais que necessária para contrabalançar o prejuízo da lavanderia — no caso, apenas, os custos de transferência.

Fosse essa a situação, seria mais racional taxar a lavanderia, que com um custo menor, poderia instalar-se em outros pontos sem elevar os custos de produção da fábrica pela instalação de dispositivos antifumaça. Coase argumenta que, sem a taxa, poderia haver muito fumo e poucas lavanderias, enquanto que com a taxa poderia dar-se uma situação oposta, ou seja, muitas lavanderias e reduzida produção fabril.

Baumol⁶⁶ adota uma posição bastante pragmática. Advoga ele que, num caso de deseconomias plurilaterais, sejam estabelecidos padrões mínimos de poluição e metas para a purificação do meio ambiente. Tais padrões corresponderiam, no campo econômico, aos limites estabelecidos no campo macroeconômico para variáveis tais como a expansão monetária, a taxa de inflação, o nível de emprego e outras. Uma vez estabelecidos esses padrões, seriam os vários tipos de poluentes taxados segundo alíquotas diferenciadas que, inclusive, poderiam ser crescentes no tempo. Com isso a economia deveria ir se ajustando progressivamente a níveis compatíveis de saneamento ambiental. As taxas, segundo Baumol, deveriam incidir apenas sobre os agentes geradores do efeito desejado, seja sobre seus produtos, seja sobre fatores utilizados.

Como se pode depreender, as opiniões são muito variadas. Há um certo consenso no sentido de que as taxações seriam empregadas tão somente no caso de efeitos externos negativos, deixando-se aos subsídios a correção nos casos de efeitos externos positivos. Surgiram, assim, as isenções tributárias, os créditos fiscais e outros tipos de subsídios, inclusive os disfarçados sob a forma de financiamento a longo prazo e a juros negativos para a instalação e

⁶⁵ Coase, *The Problem of Social Cost*, in *The Journal of Law and Economics*, October/1960, pp. 1-40.

⁶⁶ Baumol, W., *On Taxation and the Control of Externalities*, in *American Economic Review*, Vol 62 (3), June/1972, pp. 307-322.

equipamentos necessários ou para a introdução de novos processos tecnológicos.

Do ponto de vista conceitual, o subsídio não deixa de representar uma certa contradição, de vez que a unidade geradora do custo estaria sendo compensada pelo pagamento desse custo. Além do mais, num certo sentido, social, não acarreta a sua internação, pois o que for pago às firmas será o que provirá da receita fiscal geral coletada de todos os contribuintes. Apesar disso, principalmente em países subdesenvolvidos, onde a iniciativa privada e os investimentos precisam ser incentivados sob a forma de créditos, não seria totalmente desprovido de sentido incluir-se também os custos da poluição no cômputo geral dos investimentos a serem encorajados pelo Estado. O perigo, tanto das taxas como dos

subsídios, é *engessar* a produção, levando as empresas a negligenciar novos processos tecnológicos. No caso dos subsídios, especificamente, há mais o inconveniente de

esses custos não se transferirem ao mercado favorecendo, em conseqüência, os consumidores de bens que usam em excesso os recursos ambientais em detrimento de outros que os utilizam menos.

DIFICULDADES OPERACIONAIS

A maior dificuldade existente para concretizar, na prática, essas medidas é exatamente a quantificação monetária do valor dos custos totais da utilização dos recursos naturais: taxas, tarifas, subsídios, etc., em face da impossibilidade de determinar esses valores de uma maneira matemática relativamente precisa. Isso pode ser conseguido com o emprego dos conceitos da *Lógica Fuzzy* e da *Matemática Fuzzy*.

LÓGICA FUZZY: NOÇÕES CONCEITUAIS

A lógica fuzzy é uma teoria matemática, e o que é chamado *nebulosidade* leva em consideração um aspecto de incerteza. Nebulosidade (*Fuzziness*) é a ambigüidade que pode ser encontrada na definição de um conceito ou no sentido de uma palavra.

Como seu nome implica, a teoria dos conjuntos fuzzy é, basicamente, uma teoria de conceitos graduados — uma teoria na qual tudo é objeto de gradação ou, para apresentar isso de modo figurativo, tudo tem elasticidade. Há um pouco mais de quatro décadas, desde sua iniciação, a teoria tem amadurecido, dentro de uma vasta cadeia de conceitos inter-relacionados e técnicas, para tratar fenômenos complexos que não se emprestam para serem tratados através de uma análise que utilize os métodos clássicos, baseados na teoria das probabilidades ou na lógica bivalente.

Até há pouco tempo, a probabilidade era a única incerteza com que os matemáticos trabalhavam. A incerteza da probabilidade, geralmente, refere-se à incerteza de fenômenos, como simbolizados pelo conceito de aleatoriedade. Assim, quando se diz *choverá amanhã, jogue os dados e retire um três* contém a incerteza de ocorrências fenomenológicas. Aleatoriedade (coisas que ocorrem sem um plano definido) e nebulosidade diferem em sua natureza; isto é, eles são aspectos diferentes de incerteza. Voltando ao exemplo, desde que a incerteza de *choverá amanhã* ocorre causada por uma previsão meteorológica feita antes de

que amanhã se torne realidade (no tempo), ela será esclarecida com a passagem do tempo e a chegada do amanhã. A incerteza de *jogar dados e retirar um três* é também o resultado de tentar antes de rolar os dados, e se realmente os dados são rolados e esse resultado ocorre, a proposição torna-se certa. A incerteza, contudo, de *pessoa velha* ou de *alta temperatura* não é esclarecida com a passagem do tempo ou com a ocorrência de um resultado. A ambigüidade permanece no sentido das palavras e a incerteza continuará ao longo de algum tempo, uma vez que isso é uma característica essencial dessas palavras.

A lógica fuzzy somente começou a ser desenvolvida há cerca de uns 40 anos por Lotfi Zadeh, e seu uso, no Brasil pelo menos, ainda é restrito. Isso se deve, principalmente, ao fato de a teoria fuzzy e suas possibilidades não terem sido, ainda, suficientemente divulgadas em nosso país e só serem conhecidas dentro de um círculo relativamente pequeno.

A nebulosidade expressa uma incerteza que é uma parte do significado das palavras e as palavras são partes indivisíveis do pensamento humano. Todos estamos envolvidos com nebulosidade e isso é um tipo de incerteza que qualquer um pode apreender. Se esse tipo de incerteza puder ser tratado matematicamente e a engenharia puder fazer uso disso, seus efeitos serão imensuráveis. E o são, na realidade. Só no Japão, ao final da década de 90, havia mais de 2000 patentes baseadas em lógica fuzzy, registradas. Diz-se que a diferença entre computadores, que somente podem utilizar processo de informações, usando a matemática binária, e as pessoas é que estas últimas podem lidar com ambigüidade, e agora esta excepcional capacidade humana pode ser expressa pela teoria fuzzy, tratada independentemente dos computadores e podendo ser aplicada à engenharia e a outras ciências. Além de definições conceituais e do significado das palavras, alguns conceitos de nebulosidade estão bastante divulgados para incluir assuntos como a incerteza dos julgamentos subjetivos das pessoas.

Os critérios gerais da teoria fuzzy que fazem uso da nebulosidade são a teoria dos conjuntos fuzzy, a lógica fuzzy e a teoria de medidas fuzzy. A teoria dos conjuntos fuzzy expressa a nebulosidade *stricto sensu* por meio de conceitos da teoria dos conjuntos; a teoria de medidas fuzzy trata a nebulosidade em um sentido mais abrangente. A lógica fuzzy é o conceito de conjuntos fuzzy incorporado à estrutura da lógica multivalorada. Existe, pois, o que se chama de *matemática fuzzy*, uma matemática padrão em que conjuntos fuzzy e princípios de medida fuzzy são muito bem introduzidos.

Desenvolvendo conceitos acima enunciados, a teoria dos conjuntos fuzzy foi expandida para utilização em diversas áreas, tais como teoria dos sistemas, ainda mesmo enquanto essa teoria estava sendo desenvolvida; foi, além disso, também desenvolvida para incluir aplicações outras como modelagem, avaliação, otimização, tomada de decisão, controle, diagnose, e informação. Além disso, ela tem sido testada em vários problemas reais como controle, inteligência artificial e gerenciamento. De fato, a teoria fuzzy está, realmente, sendo utilizada em várias áreas, e as aplicações da teoria dos sistemas não estão restritas ao emprego de sua concepção inicial; há estudos — alguns deles já concluídos — para um mais abrangente desenvolvimento dos seus conceitos básicos. Além do mais, os efeitos da ambigüidade estão sendo reconhecidos a partir do ponto de vista da engenharia fuzzy e este campo está avançando rapidamente na incorporação desses conceitos.

De maneira geral, é o ponto de partida para o desenvolvimento de modelos que envolvam pensamento ambíguo e processos de julgamento. Assim, os seguintes campos de aplicação podem ser imagináveis:

- a) a concepção de modelos humanos que possam ser usados para o gerenciamento;
- b) imitação de habilidades humanas de alto nível, utilizável em automação e sistemas de informação;
- c) desenvolvimento de interfaces entre pessoas e máquinas;
- d) outras aplicações de inteligência artificial (análise de risco e prognóstico), desenvolvimento de dispositivos funcionais.

Os sistemas fuzzy podem ser utilizados para estimativas, tomadas de decisões, sistemas de controle mecânico, tais como condicionadores de ar, controles de automóveis, e mesmo edifícios *inteligentes*, controles de projetos industriais e um número grande de outras aplicações.

A lógica fuzzy tem tido grande e diversificado emprego, tais como em máquinas militares *inteligentes*, controle de estoques, máquinas de lavar, controle de tráfego, etc.

Nas comunicações, tem sido utilizada, também, no nível de sistemas de processamento de sinais. Tem tido, pois, uma variada gama de aplicações.

CONCLUSÃO

Concluindo, pode ser afirmado que os instrumentos de caráter financeiro já são um avanço em relação às medidas de controle direto, mas não resolvem satisfatoriamente o problema da internalização de externalidades.

Posta de lado a discussão sobre medidas de caráter financeiro, em se tratando de Gerenciamento do Meio Ambiente, especificamente no caso da necessidade de determinar valores monetários de taxas, subsídios, etc., poderá ter a Lógica Fuzzy um papel de preponderante importância, pois poderá permitir aos mecanismos controladores do Governo a fixação desses valores (obviamente baseados em parâmetros predeterminados), para o controle das diferentes espécies de poluição.

Vantagens da utilização da Lógica Fuzzy

As medidas são oportunas quando se deseja incluir, no circuito mercantil, os bens ambientais e associar diretamente seus preços à sua utilização — o que pode ser conseguido com satisfatória aproximação através do emprego da Lógica Fuzzy.

Deste modo, o sistema econômico passa a levar na devida conta e, de maneira específica, todos os saques feitos aos bens da natureza que possam significar custos externos, no sentido em que este termo vem sendo empregado.

Este sistema pretende introduzir nas decisões sobre o uso dos bens ambientais o mesmo tipo de sinalização utilizado pelo mercado para as demais decisões. Assim, a fábrica, confrontando-se com a necessidade de pagar pelos resíduos lançados, passará a tratá-los como um custo seu, custo esse que poderá ser reduzido, ou mesmo eliminado, caso se decida a investir na compra de um filtro ou de outros aparelhos aptos ao tratamento das substâncias que até então saíam pelo efluente das indústrias. Isso pode ser assemelhado, usando-se o mesmo raciocínio, ao caso de usar um aparelho que reduzisse o consumo de óleo ou de eletricidade.

A grande vantagem desse sistema reside na sua flexibilidade e na sua certeza. Flexibilidade, porque será o empresário quem irá decidir se e quando irá instalar os aparelhos antipoluentes. Certeza, porque os custos envolvidos nessa decisão serão conhecidos e estáveis (pelo menos num determinado intervalo de tempo). Além do mais, não dependem de qualquer barganha ou regulamentação burocrática.⁶⁷

Esse sistema se torna útil, justamente pelo fato de funcionar em consonância com o mercado, que talvez seja uma das mais ágeis e mais flexíveis instituições criadas pelo homem. Seu emprego implicaria uma primeira consequência: o emprego da tarifação ambiental seria um forte estímulo para a constituição de um mercado de aparelhos antipoluentes, bem como de um *know-how* tecnológico voltado para o mesmo fim. Tal mercado inexistente por não haver qualquer estímulo à compra ou instalação desses artefatos, uma vez que o custo da poluição continua sendo um custo social e não privado. E somente quando for internalizado pelas empresas ou consumidores, o desenvolvimento econômico passará a se processar levando na devida conta todos os seus custos.

Há uma segunda consequência. Desse sistema, resultaria uma reorientação dos padrões de consumo — e portanto, da produção — da sociedade em favor dos produtos e dos processos menos poluentes. De fato, se uma indústria altamente poluidora devesse por esse motivo incorrer num custo pecuniário que se acresceria ao seu custo industrial, ela forçosamente teria de transferi-lo aos consumidores, encarecendo o seu produto ou, então, absorvê-lo, diminuindo sua margem de lucro. No primeiro caso a procura do bem em questão cairia, reduzindo conseqüentemente sua produção e a poluição por ela causada; no segundo caso, a queda do nível de lucro da fábrica a desestimularia a manter ou a expandir a sua produção, levando-a a desviar recursos para outros setores com taxas de retorno mais favoráveis para os acionistas.

Em suma, é isso exatamente o que se pretende de uma política de preservação dos recursos ambientais: em primeiro lugar, que haja suficiente estímulo à produção e à difusão de aparelhos e de técnicas não poluentes; em segundo lugar, nos casos em que isso seja absolutamente impossível, a redução a um mínimo dessas atividades e a sua substituição por outras.

A essa altura, uma pergunta pode ser colocada: será possível medir as emissões residuais e avaliar o seu custo, de sorte que se possa fixar tarifas de maneira adequada?

Ousamos responder que sim. Quanto à medição das emissões, isso é um problema técnico de solução perfeitamente viável. Em países como a Alemanha, França, EEUU e Japão, já existem estudos e modelos completos e complexos sobre as técnicas de tarifação. Nos EEUU, por exemplo, no caso do Rio Delaware, tais modelos estabelecem séries completas de objetivos a serem atingidos, classificados segundo as possíveis utilizações da água e que vão desde a natação até ao tratamento de resíduos industriais, fixando-se o volume do oxigênio dissolvido compatível com esses vários usos. A partir daí, mediante o emprego de diversos cálculos baseados na técnica da programação linear chega-se à determinação de custos mínimos, envolvidos na consecução desses objetivos e nas tarifas a serem cobradas por efluente. A dificuldade, a nosso ver, reside

⁶⁷ Mohring, J. and Boyd, H., *Analysing Externalities: Direct Interaction versus Asset Utilization*, in *Economica* (London), Nov./1971, pp. 347-361.

exatamente na fixação do valor dessa tarifa.⁶⁸ Consideramos que essa dificuldade poderá ser superada, com aplicação genérica, através de conceitos da Lógica Fuzzy e com o emprego da Matemática Fuzzy.

⁶⁸ No caso do Rio Delaware, chegou-se à conclusão de que deveria ser cobrada uma tarifa de 8 a 10 centavos por libra de BOD (Biochemical Oxygen Demand), unidade utilizada para medir a quantidade de substâncias poluentes emitidas)

BIBLIOGRAFIA

- KLIR, George J; FOLGER, Tina A. *Fuzzy Uncertainty and Information*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1988
- KOSKO, Bart, *Neural Networks and Fuzzy Systems – A Dynamical System Approach to Machine Intelligence*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1992
- _____, *Fuzzy Logic for Business and Industry*, Charles River Media, Inc, Massachusetts, 1995.
- _____, *Fuzzy Engineering*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1997.
- PEDRYCZ, Witold, GOMIDE, Fernando, *An Introduction to Fuzzy Sets – Analysis and Design*, The MIT Press, London, England.
- WANG, Li-Xin, *Adaptative Fuzzy Systems and Control – Design and Stability Analysis*, PRT – Prentice Hale – Englewood Cliffs, New Jersey, 1994.