

PROPOSTA METODOLÓGICA PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS POR CENTRAL HIDRELÉTRICA (*)

Marcia Gonçalves Pizaia

Professora do Departamento de Administração da Universidade Metropolitana de Ensino Paranaense (UMP)

Jorge Madeira Nogueira

Professor e Coordenador do Mestrado do Meio ambiente do Departamento de Economia da Universidade de Brasília (UnB)

Rozane Alves

Professora e Coordenadora do Departamento de Administração da Universidade Metropolitana de Ensino Paranaense (UMP)

Antônio Edésio Jungles

Professor e Chefe do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO
2. METODOLOGIA
3. EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL
4. ANÁLISE DAS METODOLOGIAS DE VALORAÇÃO SELECIONADAS
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

RESUMO

O presente artigo apresenta uma proposta metodológica a ser utilizada na valoração econômica dos impactos materiais, culturais e morais sofridos por comunidades indígenas, em decorrência da implantação e da operação de Central Hidrelétrica.

É através da valoração econômica ambiental de bens e serviços que se identifica o valor econômico de um dano causado pela ação humana sobre o patrimônio ambiental.

Portanto, o principal objetivo deste trabalho é identificar o método de valoração econômica ambiental que melhor capta o valor econômico total dos prejuízos causados por Centrais Hidrelétricas. Esta Proposta busca apresentar os procedimentos para que seja estimado o valor econômico total dos bens e serviços ambientais fornecidos - ou que deixaram de ser fornecidos em decorrência da construção de Central Hidrelétrica - pelo patrimônio ambiental indígena.

PALAVRAS-CHAVE

Metodologias de valoração econômica, avaliação de impactos ambientais, valor econômico total.

(*) Os autores agradecem o apoio recebido do Grupo Técnico (GT) designado pela Fundação Nacional do Índio (FUNAI), através da Portaria 1053/PRES.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho compõe os estudos previstos pela Fundação Nacional do Índio (FUNAI), através da Portaria 1053/PRES, a qual constitui grupo técnico para levantamento dos danos ambientais em decorrência de implantação de usina hidrelétrica, em terras indígenas (FUNAI, 2001a).

Através do Decreto Federal nº 20.418/1946 a Companhia Paranaense de Energia (COPEL), recebeu a concessão para exploração do potencial hidrelétrico em regiões paranaenses.

Em 1954, o Serviço de Proteção aos Índios firmou com a COPEL um contrato de arrendamento relativo à área pertencente às terras Indígenas, necessária para a exploração de uma pequena central hidrelétrica.

Em 2001, a comunidade indígena reivindica junto a COPEL uma indenização pelas perdas acumuladas durante a vigência do acordo.

Em novembro de 2001, a FUNAI constituiu Grupo de Trabalho com o objetivo de verificar os danos sofridos por essa comunidade indígena em virtude da implantação e operação da central hidrelétrica nos últimos 47 anos. Foram convidados especialistas nas áreas de antropologia, florestas, peixes, qualidade de águas e economia para constituírem o Grupo de Trabalho. Fazem parte deste grupo os economistas Marcia Gonçalves Pizaia e Jorge Madeira Nogueira, autores deste artigo (FUNAI, 2001b).

Mediante ao exposto, elabora-se estudo para escolha da metodologia a ser utilizada na valoração econômica dos impactos ambientais sofridos por essa comunidade indígena.

A mensuração dos custos com danos ambientais é muito complexa, uma vez que tais cálculos dependem da natureza dos impactos ambientais que geram estes danos e os diferentes efeitos ocasionados sobre os meios físico-bióticos, sócio-econômicos e culturais. Várias são as técnicas de valoração ambiental, de forma que a escolha daquela que deverá ser utilizada em cada estudo dependerá do que se pretende (FURTADO, 1996).

Ao se iniciar um estudo de valoração econômica, onde se pretende analisar os impactos ambientais causados pelo setor elétrico, torna-se necessário considerar o estudo dos problemas ambientais originados durante a produção de eletricidade, assim como os impactos originados durante todo o ciclo de vida de uma determinada tecnologia de produção, considerando-se as seguintes fases: extração de recursos; transporte; refinação e processamento de materiais; produção de equipamentos; construção das instalações; operação e desativação (SANTOS, 2000).

O setor hidroelétrico contribui para os problemas ambientais da atualidade, cujos impactos mais significativos são alteração dos fluxos hídricos e degradação da qualidade da água. Contribui também para a perda de biodiversidade devida aos efeitos nos ecossistemas aquáticos e terrestres, provocados pelos aproveitamentos hidroelétricos, e pela instalação de linhas aéreas de transporte de eletricidade, as quais provocam uma fragmentação da paisagem (ANTUNES et al., 2000).

Visando considerar problemas ambientais advindos da implantação de hidroelétricas, apresentam-se as principais metodologias existentes para a avaliação econômica dos recursos

ambientais. Em seguida são apresentados alguns estudos de avaliação econômica dos impactos ambientais disponíveis na literatura (SANTOS 2001). Logo após, são analisadas as principais abordagens aqui escolhidas. São elas: método dose-resposta, método custo de reposição e método de custos evitados (Hausman, 1981). Por fim, apresentam-se os principais resultados.

2. METODOLOGIA

2.1 Principais Metodologias de Valoração Econômica Ambiental

Compõem-se as principais metodologias de valoração econômica ambiental de oito métodos, o 1º Valoração Contingencial, o 2º Custo de Viagem, o 3º Preço Hedônico, os quais compõem um primeiro grupo. O segundo grupo é formado por cinco métodos: Dose-resposta 4º, Custo de Compensação ou Recuperação 5º, Custo de Oportunidade 6º, Custo de Mitigação de Efeitos 7º e de Rateio do Investimento 8º. Nesse segundo grupo realiza-se a monetarização do bem, com intuito de examinar o preço de mercado de outros bens substitutos. Em seguida descreve-se cada um desses métodos, avaliando-se a sua aplicabilidade na área de recursos hídricos.

1º Valoração Contingencial. Conforme Nogueira, Medeiros e Arruda (1998, p. 15): “... a idéia básica da Valoração Contingencial é que as pessoas têm diferentes graus de preferência ou gostos por diferentes bens ou serviços e isso se manifesta quando elas vão ao mercado e pagam quantias específicas por eles. Isto é, ao adquiri-los, elas expressam sua disposição a pagar por esses bens ou serviços. Isso evidencia o caráter experimental desse método)”.

2º Custo de Viagem. Observam Pearce (1993) e Nogueira, Medeiros e Arruda (1998, p.16), que a idéia do MCV é que os gastos efetuados pelas famílias para se deslocarem a um lugar, geralmente para recreação, podem ser utilizados como uma aproximação dos benefícios proporcionados por essa recreação. Utiliza-se o comportamento do consumidor em mercados relacionados para valorar bens ambientais que não têm mercado explícito.

3º Preço Hedônico. Este método envolve o uso de curvas de demanda para bens e serviços cujos preços podem ser afetados pelas condições ambientais. Essa variação de preços seria um indicador do valor da variação dessas condições. A formação de preços no mercado imobiliário é o objeto de aplicação mais comum para esse método. O preço dos imóveis é definido pela agregação de uma série de fatores físicos e de infra-estrutura (TAVARES; LANNA, 1998, p. 4).

4º Dose-resposta. É aplicado às relações entre os níveis de poluição e as respectivas respostas biológicas das plantas, animais e seres humanos. Se o efeito da poluição em um determinado rio for a queda na produção de peixes, este efeito poderá ser valorado via mercado ou preços sombra. Este é um método que trata a qualidade ambiental como um fator de produção (TAVARES, RIBEIRO E LANNA, 1998, P.19).

5º Custo de Compensação ou Recuperação. Quando uma medida de compensação ou recuperação ambiental deve ser tomada, em razão da existência de um fator de coerção (legal, político ou administrativo), o seu custo pode ser utilizado como uma estimativa do valor do atributo ambiental que foi degradado, ou como uma primeira estimativa do valor da

conservação de ambientes semelhantes. Pearce (1993), baseando-se no custo de reposição de um bem danificado, entende esse custo como uma medida do seu benefício.

6º O Custo de Oportunidade emprega a técnica de preços de mercado para estimar o valor do emprego de recursos de uma dada maneira, pelo exame do valor de formas alternativas de uso. Por exemplo, o custo de preservar uma área de floresta nativa, transformando-a em um parque ou em uma floresta nacional, seria determinado pelo valor presente dos benefícios futuros de que se abriria mão ao se preservar a floresta (MUELLER, 2000).

7º Custo de Mitigação de Efeitos. Baseia-se na determinação dos gastos efetuados, no sentido de evitar ou minimizar os efeitos da degradação ambiental. A agregação desses gastos seria um indicativo do valor da prevenção dessa degradação. Um exemplo seria o gasto em salvamento de animais ameaçados pela formação do lago de um reservatório (Tavares, Ribeiro; Lanna, 1998). O limitado uso da valoração econômica ambiental no Brasil tem impedido avanços na exploração de oportunidades de avaliar as vantagens e as deficiências dessa valoração (NOGUEIRA; MEDEIROS; ARRUDA, 1998).

8º Rateio de Investimento. Este método consiste em alternativa de monetarização da água, em que o valor a ser cobrado de cada usuário é determinado através de um rateio do valor total a ser investido nos programas do sistema de gerenciamento de recursos hídricos da bacia. Os critérios adotados no rateio podem inserir condições de equanimidade ou podem ser negociados entre os usuários. Busca-se a criação de um fundo a fim de viabilizar financeiramente o programa a ser implementado. É uma das referências mais utilizadas para a definição do valor a ser cobrado (RIBEIRO e LaNNA, 2000).

Na tentativa de identificar vieses advindos das metodologias abordados, apresenta-se, sucintamente, a experiência internacional na valoração de impactos ambientais do setor elétrico.

3. EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL NA VALORAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

3.1. A Experiência dos Estados Unidos da América

Os Estados Unidos da América têm desenvolvido diversos estudos de avaliação econômica dos impactos ambientais do setor elétrico (Eco Northwest et al., 1987; LEE et al., 1995; Ottinger et al., 1990; Bernow et al., 1991; e Doe, 1995; apud Santos, 2001). Os objetivos são diversos e seus enquadramentos efetuados em diferentes contextos de política energética e ambiental. A análise do conteúdo desses estudos revela diferenças relativamente ao seu âmbito de aplicação à abordagem conceitual e metodológica.

De acordo com a abordagem utilizada, distinguem-se os estudos que estimam o valor dos danos e que utilizam métodos de alterações de produtividade, valor de propriedade e avaliação contingente, daqueles que incidem sobre os custos de mitigação/reposição do quadro legal, daqueles estudos de avaliação econômica realizados nos Estados Unidos.

Destaca-se o trabalho desenvolvido por “*Eco Northwest*” et al., (1987), por incluir estudos dos impactos ambientais do setor hidroelétrico. Tal estudo foi promovido pela “*Bonneville Power Administration*”, em 1987, seu objetivo é integrar o processo de planejamento da expansão da capacidade de produção de eletricidade consagrado no “*Pacific Northwest*

Electric Power Planning and Conservation Act”, em 1980, objetivando a avaliação econômica dos custos ambientais de diferentes opções de produção. A análise “*bottom-up*” desenvolvida abrangeu diversos modos de produção de eletricidade: carvão, fuelóleo, gás natural, nuclear, hidroelétrica, solar, eólica e geotérmica.

A Tabela 1 apresenta as estimativas obtidas nesse estudo, no qual a abordagem metodológica adotada é semelhante para diversas tecnologias de produção. Verificam-se significativas variações com relação a fatores como as emissões consideradas e a abordagem de avaliação econômica adotada - mitigação/reposição (Ota, 1994, p.130).

Acresce que os estudos não se reportam a um mesmo momento no tempo; por exemplo, as estimativas apresentadas para o carvão referem-se ao ano de 1987, enquanto as respeitantes à energia nuclear e hidroelétrica reportam-se a 1982. Assim, não deve ser realizada uma comparação direta dos valores obtidos para as diversas fontes de produção, nem destes valores com os obtidos em outros estudos. Os custos ambientais estimados para hidroelétrica foram de 1.049 a 1.465 mil USD.

Tabela 1 – Estimativas de custos ambientais de ECO Northwest et al., 1987

Tecnologia de Produção/Recurso	Custo*
	10 ⁻² USD ₉₀ /KWH (PTE ₉₀ /KWH)
Carvão	0.072 a 1.081 (0.103 a 1.540)
Fuelóleo (turbinas de combustíveis)	0.04 (0.057)
Gás Natural (turbinas de combustíveis)	0.108 (0.154)
Nuclear	0.001142 a 0.0172 (0.0016 a 0.0245)
Hidroelétrica	1.049 a 1.465 (1.49 a 2.09)
Geotérmica	0 a 0.0217 (0 a 0.031)

Fonte: OTA (1994).

* Valores originais em cêntimos de dólar, 10⁻² USD, preços de 1990, convertidos em escudos, PTE, utilizando a taxa de câmbio média do ano de 2001, 1 USD = 142.506 PTE (BP, 2001).

3.2. Experiência Européia

A Europa tem igualmente realizado esforço de avaliação monetária das externalidades ambientais do setor elétrico. Destacam-se os estudos de Pearce et al., (1992) apud SANTOS (2001), trabalho desenvolvido no âmbito do projeto Externe, envolvendo a participação de investigadores de mais de 40 institutos de nove países europeus e dos Estados Unidos. Tal trabalho avaliou as externalidades ambientais dos ciclos de combustível no Reino Unido, utilizando abordagem que integra na análise um maior número de impactos ambientais. No entanto, não foram adquiridas informações primárias (topografia ou concentração da população), resultando em estimativas de carácter geral. Na Tabela 2 estão os resultados desse estudo. A produção termoelétrica a fuelóleo aparece como a mais penalizada em termos de custos ambientais.

Tabela 2 – Estimativa de custos ambientais de Pearce et al., 1992

Categoria de custo	Carvão (centrais antigas)	Carvão (centrais novas)	Fueóleo	Gás	Nuclear	Solar	Eólica	Hidroelétrica
	10 ⁻² GBP ₉₀ /KWH (PTE ₉₀ /KWH)							
Saúde humana	0,32	0,32	0,29	0,02	0,01	0,07	0,04	0,03
Mortalidade	(0,81)	(0,81)	(0,74)	(0,05)	(0,025)	(0,18)	(0,10)	(0,08)
Doença	0,12	0,12	0,12	0,04	0,01	0	0	0
	(0,30)	(0,30)	(0,30)	(0,10)	(0,25)			
Danos sobre Colheitas	0,10	0,05	0,05	0,02	0	0	0	0
	(0,25)	(0,13)	(0,13)	(0,05)				
Danos sobre Florestas	0,84	0,07	0,98	0,03	0	0	0	0
	(2,13)	(0,18)	(2,49)	(0,08)				
Danos sobre Edifícios	3,22	0,28	3,77	0,11	0	0	0	0
	(8,17)	(0,71)	(9,57)	(0,30)				
Aquecimento Global	0,40	0,34	0,35	0,16	0,01	0	0	0,01
	(1,01)	(0,86)	(0,90)	(0,41)	(0,025)			(0,025)
Poluição da Água	0,40	0,04	0,049	0,01	0	0	0	0
	(1,01)	(0,10)	(0,12)	(0,025)				
Total	5,40	1,22	6,05	0,39	0,48	0,07	0,04	0,04
	(13,71)	(3,10)	(15,36)	(0,99)	(1,22)	(0,18)	(0,10)	(0,10)

Fonte: Boyle (2000) apud Santos (2001, p. 81).

* Valores originais em pence, libra esterlina, 10⁻² GBP, preços de 1990, convertidos em escudos, PTE, utilizando a taxa de câmbio média do ano de 2001, 1 GBP = 253.86 PTE (BP, 2001).

3.3. Externe - Portugal, Comissão Europeia/Ceeeta, 1995

O projeto Externe foi implementado em 1995, em Portugal, desenvolvendo estudos de avaliação econômica dos impactos ambientais em quatro ciclos de combustível do setor elétrico. Foram selecionados cinco casos de estudo, sendo dois referentes à produção por via hídrica (MARTINS et al., 1999a).

Nesse estudo, assumiu-se um valor médio para o índice de produtividade hidroelétrica, devido à variabilidade da produção anual de hidroeletricidade. A produção hidroelétrica representa cerca de 32.4% da produção total de eletricidade, valor que foi considerado para efeitos de análise, assumindo-se que a restante produção seria aprovionada pela via térmica. Esta informação foi complementada com as estimativas de custo ambiental obtidas para casos de estudo realizados em outros países (MARTINS et al., 1999b).

O custo externo anual para a sociedade, estimado em 950 milhões de ECU₉₅, representa cerca de 1.2% do PIB nacional e 30% do volume de negócios do setor de produção de eletricidade. Observa-se que as externalidades ambientais derivadas da produção hidroelétrica representam apenas 1% das estimativas de custo externo total. No entanto, cerca de 69% desse custo é imputável à produção termoelétrica a carvão.

A Tabela 3 mostra a estimativa dos custos, para a sociedade, de produção de energia de diversas fontes produtivas, para o ano de 2010. Os resultados obtidos mostram que, para uma taxa de penetração do gás natural no mercado energético do continente de 30%, em 2010

(representando um aumento da produção de eletricidade em 50%, no período de 1995 e 2010). Os custos externos unitários registrarão uma redução entre 35% e 20%.

Tabela 3 – Estimativa dos custos ambientais do setor elétrico português, em 2010

	Custos externos totais (incluindo aquecimento global) ^{a)} 10 ⁻³ ECU ₉₅ /kWh (PTE ₉₅ /kWh)			
	Intervalo confiança 95% ^{b)}		Intervalo restrito ^{c)}	
	média baixa	média alta	média 3%	média 1%
Carvão	52.2	169.0	64.5	88.7
Fueóleo	42.1	161.5	54.6	79.4
Hidroelétrica	0.26	0.39	0.28	0.3
Gás Natural	2.00	61.77	8.30	20.63
Sector elétrico	21.57 (4.18)	90.30 (17.51)	28.79 (5.58)	43.01 (8.34)

Fonte: Martins et al., (1999a).

a) Valores originais em 10⁻³ x ECU, ou milhões de ECU, MECU, preços de 1995, convertidos em (milhões) escudos, (M)PTE, utilizando a taxa de câmbio média desse ano, 1 ECU = 193.91 PTE (BP, 2001);

b) considerando que os custos externos do aquecimento global oscilam entre 3.8 – 139 ECU/ton. CO₂;

c) considerando que os custos externos do aquecimento global oscilam entre 18 – 46 ECU/ton. CO₂.

Observam-se através dos resultados obtidos pela produção de energia eólica e hidroelétrica que estas mostram ser as que menos penalizam o meio ambiente, sendo seus custos de recuperação, uma percentagem muito inferior daquela apresentada nas outras produções de energia.

Ao se verificar o crescimento da produção de energia elétrica em cerca de 50%, durante o período 1995-2010, espera-se que, dada a introdução do gás natural, o aumento nos custos externos ambientais venha a situar-se entre 4% e 24%. Estes valores devem, no entanto, ser analisados com alguma prudência, devido ao nível de incerteza que está associada à avaliação de custos externos.

De acordo com Martins et al., (1999b): “Atendendo a todas as incertezas que afetam a avaliação dos custos externos, recomenda-se que os resultados fornecidos no presente documento sejam utilizados apenas como informação de enquadramento”. Esta informação poderá ser muito útil para a fixação de incentivos econômicos ou ainda para efeitos de planeamento estratégico.

3.4. Principais Resultados Obtidos nos Estudos da Literatura

Os principais resultados obtidos referem-se aos impactos ecológicos, os quais são geralmente muito significativos na avaliação das externalidades ambientais de um empreendimento hidroelétrico. Dessa forma, as estimativas obtidas correspondem apenas a uma pequena fração dos custos externos totais deste ciclo, visto que os impactos ecológicos não foram

quantificados monetariamente. De forma análoga, também não foram quantificados, em termos monetários, os benefícios socioeconômicos.

O custo externo estimado para o caso de estudo da Lourizela situa-se entre 0.28 e 0.3×10^{-3} ECU95/kWh (incluindo o aquecimento global), sendo na sua maioria (83%) imputável aos impactos associados a acidentes envolvendo profissionais e a população.

Tais custos externos serviram para descrever as dificuldades associadas à avaliação dos impactos das hidroelétricas, dada a relevância de externalidades como as ecológicas e de recreio e os problemas associados à sua avaliação econômica, as dificuldades na realização de transferências de benefícios e a necessidade de realizar estudos de base.

Mediante o conhecimento de tais trabalhos, tornou-se possível a definição da metodologia apropriada para este estudo de caso, ou seja, aquela metodologia que captará o valor econômico total dos prejuízos causados pela Central Hidrelétrica estudada. Portanto, apresentam-se os procedimentos de cálculo do valor econômico total, os quais serão baseados em três métodos de valoração econômica: dose-resposta, custo de reposição e custos evitados.

4. ANÁLISE DAS METODOLOGIAS DE VALORAÇÃO SELECIONADAS

4.1. Método Dose-Resposta (MDR)

Tal método propõe que mudanças na qualidade ambiental levam a mudanças na produtividade e a custos de produção, levem, por sua vez, a mudanças nos preços e níveis de produção, os quais podem ser observados e mensurados; em outras palavras, o MDR procura estabelecer um relacionamento entre variáveis que retratam a qualidade ambiental e o nível do produto de mercado, em termos de quantidade ou qualidade; dessa forma, o MDR divide-se em duas partes: a) derivação da dose da degradação e a função de resposta do receptor e b) escolha do modelo econômico e sua aplicação; isto evidencia a forte dependência desse método para com as informações oriundas das ciências naturais para aplicação de modelos econômicos (RIBEIRO, LANNA, 2000).

Tal metodologia é aplicada às relações entre os níveis de poluição e as respectivas respostas biológicas das plantas, animais e seres humanos. Se o efeito da poluição em um determinado rio for a queda na produção de peixes, este efeito poderá ser valorado via mercado ou preços sombra. Este é um método que trata a qualidade ambiental como um fator de produção. A literatura sobre o assunto ensina que mudanças na qualidade ambiental levam à alteração na produtividade e nos custos de produção, os quais levam, por sua vez, a alterações nos preços e níveis de produção, que podem ser observados e mensurados (TAVARES, RIBEIRO; LANNA, 1998, p.3).

A partir dessa metodologia quantifica-se a relação entre a degradação e algum efeito mensurável, e somente depois se aplicam medidas de valor econômico para o efeito, tal como custo de recuperação do dano, de produção sacrificada, da redução de produtividade e outros. Atualmente este é um dos métodos mais utilizados na avaliação da degradação ambiental, poluição da água, do ar e do solo.

Sua aplicação justifica-se quando: em primeiro, os indivíduos não têm consciência dos efeitos causados pela poluição, não sabendo como melhorar seu bem-estar; em segundo, quando não

é possível aplicar outros métodos diretos em razão da indisponibilidade de dados ou quando falta sofisticação de mercado por parte das pessoas prejudicadas. Esta razão se aplica, em especial, aos países subdesenvolvidos onde preços e dados de despesas são relativamente pobres e o uso da valoração contingente ou outros métodos podem sofrer vieses (ESPERANCINI, 2001).

Segundo Ridker (1967), se os ajustamentos individuais e interações sociais podem ser abstraídos, três tipos de informação são suficientes para produzir a estimativa dos custos desejados de degradação ambiental. Primeiro deve-se ter uma descrição dos danos por unidade de objeto em razão da intensidade do dano, com todos os outros efeitos que poderiam causar tais prejuízos, estando constantes ou controlados estatisticamente. Segundo, esta relação pode ser representada por:

$$D_i = F_i(S) \quad i = (1, \dots, n)$$

Em que D_i é o dano por unidade de objeto afetado pelo i -ésimo tipo de dano, e S é o nível de degradação ambiental ocorrida. Terceiro, o custo de cada tipo de dano provocado pode ser obtido multiplicando-se o número de unidades afetadas pelo custo do dano por unidade e pelo número de unidades afetadas (ESPERANCINI, 2001).

A especificação da função dano não é pertinente ao campo econômico e para que estes estudos tenham utilidade para a análise econômica, esta função deve ser especificada em termos relevantes para a análise econômica permitindo a mensuração das perdas como, por exemplo, custos de proteção, entre outros.

Esta abordagem é importante, pois as situações de danos ambientais apresentam escassez de valores sistematicamente calculados e o meio ambiente demanda decisões que possam preservá-lo de modo racional, e muitas vezes estas estimativas constituem as únicas disponíveis e passíveis de serem utilizadas para motivar decisões que envolvam a variável qualidade ambiental (MARQUES, 1995).

A estimação da função dose-resposta pode ser efetuada por meio de uma análise “*cross-section*”. Essa análise necessita de uma base de dados muito rica, sobre as especificações do modelo. No entanto, há grande desconhecimento da influência das variáveis socioeconômicas sobre a degradação ambiental a ser valorada, assim como problemas com as questões da amostragem, que deve ser significativa e da representatividade temporal.

Recentemente, tem crescido a preocupação com os danos ambientais nos países em desenvolvimento, porém, tem-se ainda um longo caminho a percorrer.

Observa-se que os métodos baseados na preferência do consumidor não são os mais apropriados para a realidade desses países, sendo indicados os métodos de funções dose-resposta que captam grande parte da degradação ambiental sofrida.

4.2 Método Custo de Reposição (MCR)

Este método apresenta uma das idéias intuitivas mais básicas quando se pensa em prejuízo: reparação por um dano provocado; assim, o MCR se baseia no custo de reposição ou restauração de um bem danificado e entende este custo como uma medida do seu benefício; dito de outra maneira, a operacionalização do MCR é feita pela agregação dos gastos de

reparação dos efeitos negativos provocados por algum distúrbio na qualidade ambiental de um recurso utilizado.

Também poderá ser usado quando uma medida de compensação ou recuperação ambiental deve ser tomada, em razão da existência de um fator de coerção (legal, político ou administrativo), caso em que o seu custo pode ser utilizado como uma estimativa do valor do atributo ambiental que foi degradado ou como uma primeira estimativa do valor da conservação de ambientes semelhantes.

Pearce (1993), baseando-se no custo de reposição de um bem danificado, entende esse custo como uma medida do seu próprio benefício. Suas medidas não se baseiam na estimativa de curvas de demanda, afirmando que o MCR é frequentemente utilizado como uma medida do dano causado.

Essa abordagem é correta nas situações em que é possível argumentar que a reparação do dano deve acontecer por causa de alguma outra restrição. É o caso do padrão de qualidade da água: os custos para alcançá-lo são uma "proxy" dos benefícios que esse padrão proporciona à sociedade. No entanto, esse procedimento incorre em riscos significativos, uma vez que, ao impor uma reparação dos danos à sociedade, os benefícios sempre excedem os custos do dano provocado, e, neste caso, “os custos são uma medida mínima dos benefícios” (PEARCE, 1993, p.105-107).

O custo de reposição também poderá ser aplicado quando se configurar uma restrição total que não permite um declínio na qualidade ambiental. É o que se chama de “restrição à sustentabilidade”. Diante deste cenário, os custos de reposição se apresentam como uma aproximação dos benefícios ou dano causados. Restrições desse tipo fundamentam a abordagem de “projeto-sombra” (PEARCE, 1993).

A metodologia é uma técnica que aproxima o valor econômico dos recursos naturais prejudicados, ou danificados pela ação do homem, com base nos custos para restabelecer, reabilitar ou substituir o recurso avariado em questão (LESCHINE, 1997).

Este método é operacionalizado através da agregação dos gastos efetuados na reparação dos efeitos negativos provocados por algum distúrbio na qualidade ambiental de um recurso utilizado num processo de produção, levando-se em consideração um monumento que, devido ao excesso de poluição, teve que ser limpo utilizando-se produtos químicos. Ao ser desenhada a função de produção desse monumento, deve-se considerar o parâmetro qualidade do ar para que ele se mantenha como um ponto turístico para os visitantes. As despesas com limpeza servem como uma aproximação do benefício auferido por qualquer pessoa por poder visitar o monumento.

Observa-se que há certa semelhança do MCR com o MDR que pode ser notada quando o MCR considera apenas os gastos com a reparação dos danos provocados pela redução da qualidade do recurso ambiental e quando o MDR enfatiza a relação “técnica” entre a aplicação de uma “dose” de poluição e a “resposta” na redução de quantidade produzida de um bem ou serviço.

A aplicação mais intensa deste método é justificada na agricultura, onde a produção pode ser mais detalhada em termos quantitativos e físicos. Como exemplo cita-se o caso da poluição do ar que provoca a perda de muitos quilos de arroz por hectare (Nogueira et al., 1998). Outra aplicação do MCR ocorre quando, devido ao excesso de poluição do ar sobre construções, como edifícios e monumentos, torna-se necessário efetuar diversas pinturas e reposições nos materiais danificados.

4.3 Método de Custos Evitados (MCE).

A idéia subjacente ao MCE é aquela segundo a qual gastos em produtos substitutos ou complementares para alguma característica ambiental podem ser utilizados como aproximações para mensurar monetariamente a “percepção dos indivíduos” sobre as mudanças nessa característica ambiental; sirva como exemplo o caso em que um indivíduo compra água mineral engarrafada ou ferva a água encanada para se proteger de uma contaminação da água servida à população no local onde reside. São esses “gastos defensivos” ou “preventivos” dos indivíduos que são considerados neste método. Portanto, o MCE baseia-se na determinação dos gastos efetuados, no sentido de evitar ou minimizar os efeitos da degradação ambiental. A agregação desses gastos seria um indicativo do valor da prevenção dessa degradação. Um exemplo seria o gasto em salvamento de animais ameaçados pela formação do lago de um reservatório.

Verifica-se que os gastos em produtos substitutos ou complementares para alguma característica ambiental poderão ser utilizados como aproximações para mensurar monetariamente a “percepção dos indivíduos” sobre as mudanças, geralmente para pior, nessa característica ambiental (Pearce, 1993, p.105-6). Seria o caso de um indivíduo que compra água mineral engarrafada para se proteger de uma contaminação da água.

O estudo do MCE é visto como uma técnica, que é descrita na teoria econômica por uma função de produção doméstica, porém, as firmas também adotam a mesma abordagem no seu processo produtivo. No entanto, as firmas produzem bens ou serviços, já as famílias produzem serviços que proporcionam utilidade positiva. Nas duas funções de produção a utilização de insumos deve obedecer aos critérios estabelecidos para sua aplicação no processo produtivo. Um deles é o critério qualitativo do insumo.

A metodologia dos custos evitados avalia o valor do prejuízo que poderá ser evitado, em termos do custo do dano de propriedade que aconteceria se os serviços ou o bem estivessem perdidos ou ausentes (Pearce; Turner, 1990; e Scodari, 1994). Pela natureza deles, algum serviço pode evitar uma perda do valor do bem ambiental, ou proteger o valor de propriedade, por exemplo, pela prevenção de erosão ou inundação. Como o método prevê, uma avaliação do nível de serviço a ser executado é necessária para calcular o impacto de sua ausência ou perda. Adicionalmente, o nível de dano resultante de uma perda do serviço ou de um bem deve ser calculado e medido em condições financeiras.

Uma das características deste método é que a motivação para os gastos com bens substitutos é a necessidade de substituí-los por outros insumos (ou melhorar os existentes) devido à mudança na qualidade do recurso anteriormente utilizado no processo produtivo (HANLEY e SPASH, 1993, p.98-9; apud NOGUEIRA et al., 1998).

Na prática, os modos pelos quais os princípios da metodologia de custos evitados estão sendo implementados variam consideravelmente de um país para outro. As variações são concernentes, em parte, ao custo do impacto inicial incluindo os cálculos de taxas e, em parte, são derivados dos métodos usados ao valorar estes impactos. Na realidade, no caso específico da avaliação dos prejuízos causados pela geração de energia, uma aplicação consistente do método de custos evitados é muito complicada e requer uma grande quantia de informações sobre a geração, distribuição de transmissão e características de consumo da utilidade da energia como um todo (NEPO/DANCED, 1998).

A operacionalização do método é feita através de modelagem econométrica, daí a necessidade do manuseio dos dados por técnicos qualificados. Deve-se ter cuidado com o uso do instrumental econométrico, uma vez que poderão ocorrer vieses provocados por variáveis omissas, multicolinearidade, escolha da forma funcional, heterocedasticidade, entre outros problemas. Também se deve considerar a questão da dupla contagem de fatores. As aplicações mais comuns do MCE estão na avaliação da mortalidade e morbidade humanas e em estudos relacionados com poluição e suas implicações sobre a saúde humana (PEARCE, 1993 e NOGUEIRA et al., 1998).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados aqui obtidos permitiram inferir que os métodos de função dose-resposta podem ser mais vantajosos em países subdesenvolvidos, onde a consciência ambiental ainda se encontra em estágio inicial.

Grande parte dos estudos de avaliação dos impactos ambientais negativos de um empreendimento hidroelétrico consegue mensurar os impactos relativos à qualidade das águas superficiais, aos processos de erosão natural e uso do solo e ao risco de ruptura das barragens. Porém, os impactos ecológicos e socioeconômicos são mais difíceis de serem mensurados. Dessa forma, as estimativas a serem obtidas correspondem apenas a uma fração dos custos externos totais destes danos, visto que tais impactos dificilmente são quantificados monetariamente. Atendendo a todas as incertezas que afetam a avaliação dos custos externos, recomenda-se que os resultados fornecidos no presente estudo sejam utilizados apenas como informação de enquadramento, que poderá ser muito útil para a fixação de incentivos econômicos e para efeito de planejamento estratégico. Conclui-se que deve ser aperfeiçoada a metodologia aplicada nessa avaliação, antes da utilização direta destes resultados.

Os resultados da valoração econômica advindos da pesquisa não estão disponíveis no momento, uma vez que o estudo está em desenvolvimento. Sua aplicação está condicionada à obtenção de dados advindos dos técnicos e pesquisadores que compõem o grupo técnico designado pela FUNAI, através da Portaria 1053/PRES.

BIBLIOGRAFIA

ANTUNES, P.; Salgueiro, A.; Santos, R.; Lobo, G.; Almeida, J.; Carvalhais, N. *Impactos Ambientais do Setor Elétrico*, 1º Relatório do Estudo do Setor Elétrico e Ambiental, para Entidade Reguladora do Setor Elétrico (ERSE). Universidade Nova de Lisboa, 2000.

ESPERANCINI, M.S.T. *Métodos de valoração e a função dose-resposta*: dificuldades e viabilidade de aplicação em estudos de poluição do ar. Parte da tese de doutorado, desenvolvida e defendida na FEAC/USP. São Paulo. 2000. HOLOS Environment, vol.1, 2001. pp. 01-17.

Fundação Nacional do Índio – FUNAI. *Portaria 1053/PRES*. Brasília. 2001a.

Fundação Nacional do Índio – FUNAI. *Memória: interferência da Pequena Central Hidrelétrica em terra indígena*. Brasília, 2001b.

FURTADO, Ricardo Cavalcanti. *The Incorporation of Environmental Costs into Power System Planing in Brazil*. Tese. Centre for Environmental Technology Imperial College of Science, Technology and Medicine. Londres, 1996.

HAUSMAN, J. Exact Consumer's Surplus and Deadweight Loss, "*American Economic Review*", Vol. 71, pp. 662 - 676. 1981.

LESCHINE, T. M.; WELLMAN. K. F.; GREEN. T. H. *The Economic Value of Wetlands Wetlands*. Role in Flood Protection in Western Washington. Final Report prepared for: Washington State Department of Ecology Northwest Regional Office. Ecology Publication. 1997. 68 p.

MARQUES, J. F. *Efeitos da erosão do solo na geração de energia elétrica: uma abordagem da economia ambiental*. São Paulo. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, 1995.

MARTINS et al. *Implementation in Portugal of the Externe accounting framework*, CEETA, Comissão Europeia/Direcção Geral de Energia, Lisboa. 1999a.

MARTINS et al. *As externalidades associadas à produção de eletricidade em Portugal* - Resumo, CEETA, Comissão Europeia/Direcção Geral de Energia, Lisboa, 1999b.

MUELLER, Charles Curt. *Manual de Economia do Meio-Ambiente*. Capítulos de 5-10. Departamento de Economia - UnB Núcleo de Estudos e de Políticas de Desenvolvimento Agrícola e de Meio-Ambiente - NEPAMA. Universidade de Brasília, Versão Preliminar março, 2000.

NEPO/DANCED. *International review of Power Purchase Regulation for Distributed Generators*. Job Investigation of Pricing Incentives in a Renewable Energy Strategy. Prepd. JHV. Edition 1 Checked Book. 1998. Disponível em: <<http://www.nepo.go.th/encon/encon-D02-RegulationReview.doc>>. Acesso em: 2002.

NOGUEIRA, J. M.; MEDEIROS, M. A. A.; ARRUDA, F. S. T. *Valoração econômica do meio ambiente: ciência ou empiricismo?* 1998, 42 p.

PEARCE, D.W; R.K. TURNER. *Economics of Natural Resources and the nvironment*. Baltimore: Johns Hopkins University Press. 1990.

PEARCE, D. *Economic values and the natural world*. Londres: Earthscan Publications, 1993, 129 p.

RIBEIRO, M. M. R; LANNA, A. E. *Custo de oportunidade da água na região metropolitana do Recife* – Brasil. In: XIX CONGRESSO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA, 2000, Córdoba. Anais. Córdoba, 2000.

SANTOS, D. G. dos. *A cobrança pelo uso da água*. 2000. 136 p. Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente) - Universidade de Brasília. Brasília, 2000.

SANTOS, R.; MARTINHO, S.; ANTUNES, P. Estudo sobre Setor Elétrico e Ambiente. 2º Relatório. Avaliação econômica dos impactos ambientais do setor elétrico. Centro de Economia Ecológica e Gestão Ambiental. Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, 2001. 170 p.

SCODARI, P.F. *Wetlands Protection: The Role of Economics*. Washington, DC: Environmental Law Institute. 1994.

TAVARES, V. E.; LANNA, A. E. A abordagem custo-benefício e a gestão dos recursos hídricos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1998, Gramado. Anais. Gramado, 1998.

TAVARES, V. E.; RIBEIRO, M. M. R.; LANNA, A. E. A valoração ambiental e os instrumentos econômicos de gestão dos recursos hídricos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1998, Gramado. Anais. Gramado, 1998.