



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Instituto de Economia

**A VALORAÇÃO ECONÔMICA AMBIENTAL A PARTIR DA
ECONOMIA ECOLÓGICA: UM ESTUDO DE CASO
PARA A POLUIÇÃO HÍDRICA E ATMOSFÉRICA
NA CIDADE DE VOLTA REDONDA/RJ**

Roberta Fernanda da Paz de Souza Paiva

Tese de Doutorado apresentada ao
Instituto de Economia da UNICAMP para
obtenção do título de Doutor em
Desenvolvimento Econômico – área de
concentração: Desenvolvimento Econômico,
Espaço e Meio Ambiente, sob a orientação
do Prof. Dr. Ademar Ribeiro Romeiro.

*Este exemplar corresponde ao original
da tese defendida por Roberta Fernanda
da Paz de Souza Paiva em 20/12/2010 e
orientada pelo Prof. Dr. Ademar Ribeiro
Romeiro.*

CPG, 20 / 12 / 2010

Campinas, 2010

**Ficha catalográfica elaborada pela biblioteca
do Instituto de Economia/UNICAMP**

Paiva, Roberta Fernanda da Paz de Souza.
P166v A valoração ambiental a partir da economia ecológica: um estudo de caso
para a poluição hídrica e atmosférica na cidade de Volta Redonda/RJ / Roberta
Fernanda da Paz de Souza Paiva. – Campinas, SP: [s.n.], 2010.

Orientador : Ademar Ribeiro Romeiro.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de
Economia.

1. Economia ecológica. 2. Valoração ambiental. 3. Ecossistemas - Avaliação
econômica. I. Romeiro, Ademar Ribeiro. II. Universidade Estadual de Campi-
nas. Instituto de Economia. III. Título.

11-004-BIE

**Título em Inglês: The environmental valuation from the ecological economics: a case study for water and
atmospheric pollution in the city of Volta Redonda/RJ**

Keywords : Ecological economy ; Environmental Valuation ; Ecosystemic Valuation

Área de concentração : Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente

Titulação : Doutor em Desenvolvimento Econômico

Banca examinadora : Prof. Dr. Ademar Ribeiro Romeiro

Prof. Dr. Alexandre Gori Maia

Prof. Dr. Sérgio Gomes Tosto

Prof. Dr. Daniel Caixeta Andrade

Prof. Dr. Sebastião Renato Valverde

Data da defesa: 20-12-2010

Programa de Pós-Graduação: Desenvolvimento Econômico

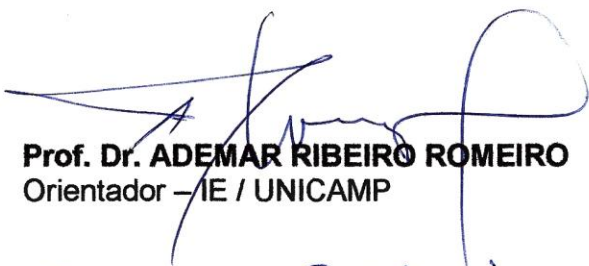
Tese de Doutorado

Aluna: ROBERTA FERNANDA DA PAZ DE SOUZA PAIVA

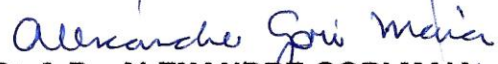
**“A Valoração Econômica Ambiental a partir da Economia Ecológica: um
estudo de caso para a poluição hídrica e atmosférica na
cidade de Volta Redonda/RJ”**

Defendida em 20 / 12 / 2010

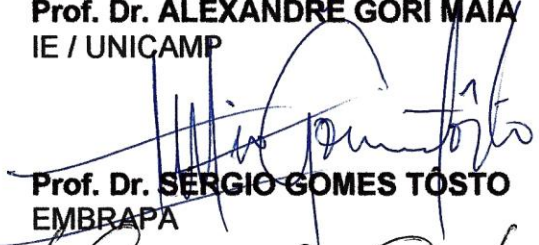
COMISSÃO JULGADORA



Prof. Dr. ADEMAR RIBEIRO ROMEIRO
Orientador – IE / UNICAMP



Prof. Dr. ALEXANDRE GORI MAIA
IE / UNICAMP



Prof. Dr. SERGIO GOMES TOSTO
EMBRAPA



Prof. Dr. DANIEL GAIXETA ANDRADE
UFU



Prof. Dr. SEBASTIAO RENATO VALVERDE
UFV

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus, que sempre abriu meus caminhos e nele colocou oportunidades e pessoas que sempre contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

A toda minha família, que sempre torceu por mim em todas as etapas da minha vida e que contribuiu, sem dúvida, para que eu pudesse progredir cada vez mais.

À minha mãe, que sempre foi exemplo de dedicação e perseverança, que abriu mão da sua vida para construir a nossa vida.

Ao meu marido Luciano, que sempre torceu, me ajudou, me encorajou, me animou nas horas mais difíceis e nada me cobrou nos momentos de ausência, sendo um verdadeiro companheiro.

Ao meu orientador Professor Ademar Romeiro, que com muita paciência, atenção e disponibilidade contribuiu de maneira decisiva para a realização do meu Doutorado e para a elaboração desta Tese. Muito Obrigada mesmo!

Ao professor Alexandre Gori, que desde o início do desenvolvimento deste trabalho contribuiu com suas valiosas e indispensáveis sugestões.

Ao professor João Marques, que também muito contribuiu com suas sugestões apresentadas na Qualificação da Tese.

Aos professores Daniel Caixeta, Sebastião Valverde, Sérgio Tosto e Alexandre Gori que, com muita presteza, participaram da banca de Defesa de Tese e apresentaram sugestões que engrandeceram o trabalho.

Ao Instituto de Economia e à UNICAMP, aos professores e funcionários da secretaria e biblioteca (entre eles: Cida, Marinete, Alberto, Fátima, Alex e Lorenza) que sempre ofereceram a estrutura e o apoio necessário para que eu pudesse concluir o Doutorado.

Aos senhores Matheus dos Santos Pedroso e Luiz Carlos Costa Pinto, do DATASUS/RJ que, com muita rapidez e gentileza disponibilizaram dados utilizados para a avaliação da poluição atmosférica na cidade de Volta Redonda.

Ao senhor Luiz Martins Heckmaier, Diretor de Informação e Monitoramento Ambiental do INEA e à Engenheira Luciana, do mesmo órgão, que gentilmente cederam dados referentes à poluição atmosférica na cidade de Volta Redonda/RJ.

Aos alunos membros da Pulso.com, Empresa Júnior da Universidade Federal Fluminense, que aplicaram os questionários aos cidadãos de Volta Redonda.

A todos que de alguma maneira contribuíram para que eu pudesse chegar até aqui.

Resumo

O atendimento das demandas geradas pelo crescimento econômico e a ampliação das necessidades de consumo da população dão uma nova dinâmica ao contexto de exploração do meio ambiente. Maiores níveis de utilização dos recursos naturais e a convicção de que os recursos naturais são finitos (com o risco de perdas irreversíveis potencialmente catastróficas), difundida pelos economistas ecológicos, exigem a mudança dos paradigmas nos quais se baseia a gestão dos recursos naturais, até então apoiada principalmente em resultados de estudos que buscam realizar estimativas do valor econômico dos recursos naturais. Nesse contexto, a partir dos preceitos da economia ecológica, que inclui diferentes dimensões de valor que não a econômica e tem por objetivo a escala sustentável de utilização e a equidade na distribuição dos recursos naturais, além da eficiência alocativa, faz-se necessária a discussão de quão adequados são os estudos baseados na aplicação dos métodos convencionais de valoração para embasar a tomada de decisão. O presente trabalho teve como objetivo principal discutir sobre a capacidade dos métodos convencionais de valoração econômica ambiental (VEA) captarem o valor total dos ativos ambientais, a partir da apresentação dos conceitos da Economia Ecológica e dos valores que a mesma associa aos recursos naturais. Buscou-se mostrar, através da realização de estudos de casos (avaliação da poluição hídrica e atmosférica na cidade de Volta Redonda/RJ), um caminho para um protocolo de valoração econômico-ecológica, para que a mesma possa incluir questões imprescindíveis à gestão ambiental. Como principal conclusão tem-se que os estudos de valoração utilizados como base para os processos decisórios devem ser baseados em avaliações ecossistêmicas que forneçam informações sobre os serviços ecossistêmicos prestados pelo recurso avaliado e, a partir daí, possam ser selecionados métodos de valoração mais adequados (que podem ter seu fundamento nas preferências individuais, coletivas ou processos biofísicos) que possam captar as dimensões de valor (econômica, ecológica e sócio-cultural), seja através da base monetária ou não.

Palavras-Chave: Economia Ecológica, Valoração Ambiental e Avaliação Ecossistêmica

Abstract

The attendance of the claims generated by the economic growth and the increasing of the population consumption needs give a new dynamic to the context of environment exploration. Higher levels of natural resources utilization and the conviction that natural resources are finite (with risk of potentially catastrophic irreversible losses) diffused by ecological economists, demand the change in the paradigms on which the question of the natural resources is based, until now mainly supported on results of studies that seek to carry out estimates of natural resources economic value. Within this context, from the ecological economy precepts, that includes different dimensions of value but the economic, and has as objective the sustainable utilization scale and the equity in the distribution of the natural resources, besides the allocative efficiency, one does the necessary discussion of how much suitable the studies based on the application of the conventional methods of valuation are to sustain the making of decision. The actual work had as the main objective to discuss about the capacity of the conventional methods of environmental economic valuation (VEA) to captivate the total value of the environmental assets, from the presentation of the concepts of the Ecological Economy, and of the values that it associates to the natural resources. One intended to show, by means of the realization of case studies (valuation of the water and atmospheric pollution in the city of Volta Redonda), a way to a protocol of economic-ecological valuation, so that it may include indispensable questions to the environmental questions. As the main conclusion one has that the studies of valuation utilized as the base to the decision process must be based on eco-systemic valuations that provide data about the eco-systemic services performed by the resource evaluated and, from this point, more suitable methods of valuation can be selected (that can have their background in the individual, collective preferences, or in the biophysical processes), that can captivate the (economic, ecological and socio-cultural) dimensions of value, whether by means of the monetary basis or not.

Key-Words: Ecological Economy, Environmental Valoration, and Eco-systemic Valuation.

Lista de Figuras

Figura 1 – Interações Economia-Ecossistema.....	3
Figura 2 – Localização de Volta Redonda no Estado do Rio de Janeiro.....	20
Figura 3 – Vista aérea da cidade de Volta Redonda.....	21
Figura 4 - Mapa da Bacia do Rio Paraíba do Sul.....	22
Figura 5 – Despejo de esgoto não tratado diretamente no rio Paraíba do Sul em Volta Redonda.....	23
Figura 6 – Despejo de esgoto e entulhos em um dos córregos que deságuam no rio Paraíba do Sul, em Volta Redonda.....	24
Figura 7 – Derramamento de óleo pela CSN no rio Paraíba do Sul no trecho de Volta Redonda ocorrido em 03/08/2009.....	25
Figura 8 – Peixes mortos no rio Paraíba do Sul devido ao derrame, em 18/11/2009, pela empresa Servatis, de cerca de 8 mil litros de endosulfan (insumo para a fabricação de agrotóxicos) em um de seus afluentes	25
Figura 9 – Concentração mensal de poluentes entre 2001 e 2007 – Volta Redonda/RJ.....	49
Figura 10 – Série Temporal de internações por doenças respiratórias na cidade de Volta Redonda/RJ no período de 01/01/2005 a 31/12/2007.....	53
Figura 11 – Número de internações devido a doenças respiratórias, por mês de referência na cidade de Volta Redonda – 2005 a 2007.....	54
Figura 12 – Série temporal de Internações por doenças respiratórias e temperaturas mínimas em Volta Redonda no período de 01/01/2005 a 31/12/2007.....	54
Figura 13 – Algumas funções e serviços ecossistêmicos e seus vínculos com o bem-estar humano.....	69
Figura 14 – Estrutura das “partes” integradas e valoração das funções e dos bens e serviços Ecossistêmicos.....	70
Figura 15 – Relações dos Valores Ambientais.....	72
Figura 16 – Seqüência de execução de uma Pesquisa Delphi	84

Figura17 - Impactos ambientais das ações antrópicas sobre a ictiofauna local do Rio Paraíba do sul e propostas de Métodos de Valoração Ambiental.....	99
Figura 18 – Danos causados pela poluição atmosférica e a parcela do valor captado a partir da aplicação do método dos custos evitados.....	112
Figura 19 - Classificação dos Métodos de Valoração Econômica Ambiental.....	132

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Bairros selecionados e número de questionários.....	29
Tabela 2 – Média e desvio padrão das variáveis explicativas quantitativas e proporções de casos para as variáveis explicativas qualitativas.....	30
Tabela 3 – Motivos associados à não-disposição a contribuir pela melhoria na qualidade do rio Paraíba do Sul.....	32
Tabela 4 – Associação entre o motivo de não-pagamento e disposição à realização de tarefa (%)	34
Tabela 5 – Interação entre os níveis de renda e a disposição a pagar.....	35
Tabela 6 – Resultados do modelo Logit reduzido para a estimação da DAP desejada para o rio Paraíba do Sul	37
Tabela 7 – Efeitos marginais das variáveis determinantes da disposição a pagar pela recuperação e conservação do rio Paraíba do Sul	39
Tabela 8 - Valores estimados para diversos ativos ambientais	41
Tabela 9 - Análise descritiva dos poluentes e AIH.....	56
Tabela 10 – Correlação de Pearson e resultado da regressão univariada para as variáveis selecionadas	57
Tabela 11 – Coeficientes de regressão e erro padrão para internações por doenças respiratórias no município de Volta Redonda, no período de jan/2005 a dez/2007, controlados para dia da semana, dias transcorridos, mês e temperatura mínima.....	58
Tabela 12 – Coeficientes de regressão e erro padrão do modelo restrito para internações por doenças respiratórias no município de Volta Redonda, no período de jan/2005 a dez/2007, controlados para dia da semana, dias transcorridos, mês e temperatura mínima.....	59
Tabela 13 – Coeficientes de regressão e erro padrão do modelo restrito (CO lag 2) para internações por doenças respiratórias no município de Volta Redonda, no período de jan/2005 a dez/2007, controlados para dia da semana, dias transcorridos, mês e temperatura mínima.....	60

Tabela 14 – Risco Relativo de internação hospitalar por doenças respiratórias relacionadas à variação interquartil do Monóxido de Carbono.....	61
Tabela 15 – Internações atribuídas a exposição ao poluente CO durante o período de estudo.....	62
Tabela 16 – Estimativa do Custo associado à poluição do ar na cidade de Volta Redonda/RJ, nos anos de 2005, 2006 e 2007.....	63
Tabela 17 – Pontuação de alguns tipos de uso de solo para o cálculo do Índice de Serviços Ambientais	90
Tabela 18 - Valores da produção primária do Fitoplâncton ($\text{mgC. m}^{-2}. \text{dia}^{-1}$) para os quatros períodos no reservatório do Funil.....	102
Tabela 19 - Produção Primária Bruta e sua equivalência energética	105

Lista de Quadros

Quadro 1 - Tipos de Capital segundo a Economia Convencional e a Economia Ecológica	5
Quadro 2 - Valor Econômico Total e seus componentes.....	13
Quadro 3 - Principais substâncias poluentes do ar e suas respectivas fontes de emissão	45
Quadro 4 - Padrões nacionais de qualidade do ar	46
Quadro 5 – Poluentes, origens das emissões e principais efeitos	47
Quadro 6 - Valoração dos serviços Ecossistêmicos baseada nos três objetivos primários: a Eficiência, a Justiça e a Sustentabilidade.....	73
Quadro 7 – Principais métodos de decisão multicritério	93
Quadro 8 - Métodos propostos para valoração dos Impactos ambientais das ações antrópicas sobre a ictiofauna local do Rio Paraíba do sul	101
Quadro 9 - Categorias utilizadas na determinação da Integridade Biótica para comunidades de peixes do Rio Paraíba do Sul, RJ.....	105
Quadro 10 - Pontuação de Integridade Biótica, classes e atributos	107
Quadro 11 - Impactos gerados pela poluição atmosférica e métodos de valoração propostos	111
Quadro 12 – Recursos afetados pela poluição atmosférica e respectivos impactos potenciais	113

Lista de Anexos

Anexo I – Os métodos convencionais de Valoração Econômica Ambiental	131
Anexo II – Questionário aplicado no estudo de Valoração Contingente	147

Sumário

Introdução.....	1
Capítulo 1 – Valoração Econômica Ambiental.....	11
1.1 O valor econômico do meio ambiente.....	12
1.2 Algumas considerações acerca da Valoração Econômica Ambiental.....	15
Capítulo 2 – O custo econômico da Poluição Hídrica em Volta Redonda.....	19
2.1 Caracterização da área de estudo	19
2.2 A Poluição Hídrica em Volta Redonda.....	21
2.2.1 Valor econômico da água pelo Método de Valoração Contingente	26
Capítulo 3 – O custo econômico da Poluição Atmosférica em Volta Redonda	43
3.1 Poluição Atmosférica	43
3.2 A Poluição do ar em Volta Redonda	48
3.2.1 Valor Econômico do Ar pelo Método dos Custos Evitados (MCE)	50
Capítulo 4 – Dimensões do valor dos recursos naturais	65
4.1 Funções e Serviços Ecossistêmicos	65
4.2 Conceitos de valor do Ecossistema	69
4.3 As dimensões do valor e os métodos de valoração	75
4.3.1 O valor econômico e os métodos de valoração	75
4.3.2 O valor sócio-cultural e os métodos de valoração sócio-cultural	77
4.3.3 O valor ecológico e os métodos de valoração	79
4.4 Ferramentas de Apoio à Valoração Ecossistêmica	91
4.4.1 Modelos de Simulação	91
4.4.2 A Análise Multicritério de Apoio à Decisão	92
Capítulo 5 – Avaliação dos estudos de valoração apresentados sob a ótica da economia ecológica	97
5.1 A valoração da poluição hídrica	97
5.1.1 O método da Análise de Energia	101
5.1.2 Índice de Integridade Biótica para o Rio Paraíba do Sul	104
5.2 A valoração da poluição atmosférica	110
6. Resumo e Conclusões	117
7. Referências Bibliográficas	121
Anexos	131

Introdução

O atendimento das demandas geradas pelo crescimento econômico e a ampliação das necessidades de consumo da população dão uma nova dinâmica ao contexto de exploração do meio ambiente. Com o passar do tempo, níveis de renda, hábitos e culturas vão se modificando, o que leva a alteração e elevação dos padrões de consumo. Permanentes transformações levam à necessidade de adaptações – econômica, social e política – e geram alterações no ambiente, sendo que essas adaptações também provocam outras mudanças ambientais (*coevolutionary process*).

Esses efeitos gerados pela manutenção do atual padrão de consumo sustentado pelo homem tornam cada vez mais evidente a inviabilidade do mesmo. A pressão exercida sobre os recursos naturais enquanto fatores de produção e sumidouros depositários de resíduos oriundos da utilização desses, faz com que as questões referentes a possíveis limites à sua utilização sejam discutidas.

Diante da convicção de que os recursos naturais são finitos e que há risco de perdas irreversíveis potencialmente catastróficas é preciso considerar, no processo de tomada de decisão a sustentabilidade da escala de uso destes recursos, bem como a legitimidade em termos de justiça social de sua distribuição.

A partir disso, tem-se novos elementos importantes no processo de decisão quanto à utilização dos recursos naturais: evidencia-se que o uso de tais recursos não pode basear-se apenas nas forças de mercado, sendo necessária a definição prévia de uma escala sustentável e de uma distribuição que se considere justa dos

recursos. Somente então, a alocação pode e deve ser deixada por conta das forças de mercado.

Nesse processo, tem-se que dimensões do valor, que não a econômica, deverão ser consideradas. Além dessas dimensões, também devem ser consideradas as características intrínsecas a tais recursos, que frequentemente tornam as decisões que os envolvem cercadas de incertezas, o que inviabiliza a tomada de decisão baseada na análise custo-benefício convencional, exigindo a aplicação do princípio da precaução.

A agregação das novas variáveis ao processo decisório demanda também a geração de conhecimento acerca das mesmas e a criação de mecanismos que possibilitem tal agregação.

A Economia Ambiental e a Economia Ecológica são correntes que se desenvolveram com vistas a resolver as questões pertinentes à relação economia e os recursos naturais. A partir de seu arcabouço teórico, cada uma dessas correntes metodológicas apresenta os mecanismos indispensáveis, a seu ver, à discussão acerca da utilização dos recursos naturais e as formas de se garantir a manutenção de suas características originais e quantidades suficientes à manutenção das atividades econômicas e das condições de vida no Planeta.

Apesar de tratarem do mesmo problema: a gestão eficiente dos recursos naturais, as correntes citadas diferem no ponto de partida para a análise: a idéia da existência de limites ao sistema econômico.

Para os economistas neoclássicos, deve-se considerar a perfeita substituíbilidade entre os fatores de produção (terra, capital manufaturado e trabalho), o que faz com que a idéia de limites ao uso de qualquer tipo de capital não seja levada em conta. Nesse contexto, as decisões quanto a utilização dos recursos naturais devem ser baseadas em grande parte na alocação eficiente desses recursos.

De outra maneira, a economia ecológica tem como base de seu arcabouço teórico a existência de limites ao sistema econômico. De maneira contrária aos economistas neoclássicos, a economia é vista como um subsistema que faz parte de um ecossistema natural global fechado e que há ocorrência de trocas de

materiais e energia entre o subsistema (considerado aberto) e o sistema global (que geram efeitos sobre ambos os componentes do sistema) (Daly e Farley, 2003).

Quando se dá esse passo (admitir-se a existência de limites), evidencia-se que qualquer decisão de utilização dos recursos por esse subsistema acarreta em perda para outra parte do sistema, ou seja, incorre-se em custos de oportunidade, indicando que, quanto maior for a utilização dos recursos pelo subsistema econômico, maior será a perda para o ecossistema e mais próximo se estará do limite desse sistema (Figura 1).

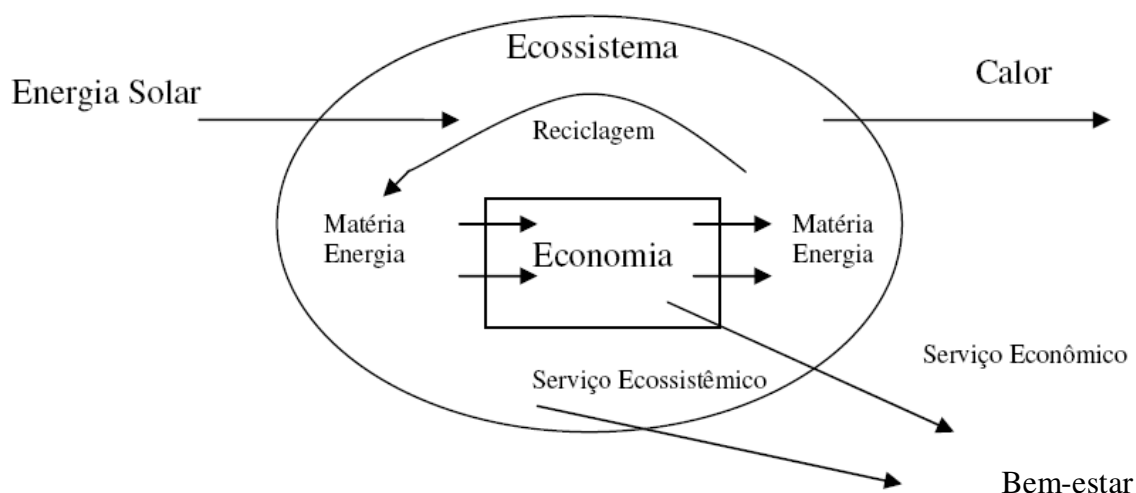


Figura 1 – Interações Economia-Ecossistema

Fonte: Baseado em Daly e Farley (2003)

A partir daí, introduz-se o conceito de **Escala**, também base para todas as análises dos economistas ecológicos. Segundo Daly e Farley (2003), escala pode ser definida como o tamanho físico do subsistema econômico em relação ao ecossistema que o contém e o sustenta, devendo a determinação de tal escala respeitar a capacidade do ecossistema de fornecer matéria e energia e de absorver a matéria (de alta e de baixa entropia) e energia eliminada pelo sistema econômico, sem que sua estrutura seja comprometida e sua utilização por gerações futuras seja preservada (a escala deve ser sustentável). De outra forma,

deveria ser respeitada a “capacidade de carga” (*carrying capacity*) do Planeta (Romeiro, 2001); entretanto, esta capacidade é desconhecida, sendo que a propriedade ecossistêmica “resiliência”¹ eleva o risco de perdas catastróficas.

Essa imposição de limites ao sistema econômico deve-se adicionalmente à idéia de insubstituibilidade perfeita entre os tipos de capitais existentes. O funcionamento do subsistema econômico depende da alocação dos diversos tipos de capital, em diversas funções de produção, com vistas à produção dos diversos bens e serviços necessários à manutenção da vida e do bem-estar humano.

O capital manufaturado e o capital natural são “fundamentalmente complementares”, e não substitutos como é suposto no esquema analítico neoclássico.

Toda produção econômica requer um fluxo de recursos naturais gerados pelo estoque de capital natural (Daly e Farley, 2003) e, portanto, medidas devem ser tomadas antes que ocorram perdas irreversíveis que poderiam levar ao colapso do sistema econômico e do ecossistema e, em consequência, comprometer o fornecimento de bens e serviços capazes de manter níveis de bem-estar humano.

O quadro 1 apresenta os diferentes tipos de capital segundo a Economia Convencional e a Economia Ecológica.

¹ É considerada uma medida da capacidade do sistema de retornar ao estado original depois de uma perturbação (AM, 2005).

Quadro 1 - Tipos de Capital segundo a Economia Convencional e a Economia Ecológica

Economia Convencional	Economia Ecológica
Capital Manufaturado	Capital Manufaturado: Máquinas e infra-estrutura.
Trabalho	Capital Humano: Trabalho Físico e Conhecimento/Habilidade.
Terra	Capital Natural: inclui sistemas ecológicos, depósitos minerais e outros aspectos do mundo natural.
	Capital Social: Conexões interpessoais, Instituições.

Fonte: Costanza, 2000.

Como pode ser observado, a visão da economia ecológica parte de um conjunto mais amplo e que melhor reflete as características e importância das diversas formas de capital existentes.

Além da insubstituibilidade perfeita entre capital natural e os demais, as análises devem considerar as características inerentes aos recursos naturais, que são de dois tipos fundamentais e podem ser classificados como *Stock-Flow* e *Fund-Service* (Daly e Farley, 2003):

Os Recursos *Stock-Flow* (causa material) são aqueles materialmente transformados em produtos para consumo. Ex.: energia, aço, etc.

Os Recursos *Fund-Service* (causa eficiente) são os recursos utilizados na transformação da “matéria-prima” em bens e serviços, não sendo, portanto, materialmente transformados naquilo que produz. Ex.: máquinas, equipamentos, água, etc.

O enquadramento de um recurso em uma das classes descritas influencia diretamente a determinação de sua escala de utilização. Recursos stock-flow, que

são consumidos, podem ser exauridos mais rapidamente que os *fund-service*, que são “ferramentas” utilizadas para a produção de bens e serviços.

A classificação dos recursos deve ainda considerar outras características, como a rivalidade e a *excludability* (exclusividade). Recursos rivais são aqueles que o uso para determinado fim exclui o uso para fins alternativos, o que gera um custo de oportunidade em sua utilização. Segundo Daly e Farley (2003), todos os recursos *stock-flow* são recursos rivais, enquanto os *fund-services* podem ser rivais ou não, dependendo do seu uso.

Ao contrário, os bens considerados não-rivais são aqueles em que o “*uso tem um impacto insignificante na qualidade e na quantidade do mesmo, não impedindo que outros possam usá-lo*” (ex.: iluminação pública, informações; produzidos pela natureza: camada de ozônio, estabilidade climática, dia de sol,...).

A rivalidade pode ser determinada no mesmo período de tempo ou entre períodos/gerações diferentes. Bens não rivais possuem custo de utilização adicional igual a zero, o que tornaria impossível a alocação eficiente segundo os mecanismos de mercado (Daly e Farley, 2003).

A exclusividade se refere à possibilidade de excluir pessoas do uso do recurso, sendo dependente do direito de propriedade sobre o recurso e/ou da possibilidade do impedimento do uso por uma instituição.

A adoção de políticas que busquem a conservação dos recursos pode ser mais fácil caso haja a possibilidade do controle de uso por parte dos órgãos públicos. Entretanto, questões como a equidade na utilização e a determinação da escala de utilização tornam-se problemáticas.

A classificação de um recurso natural entre as diversas classes descritas pode influenciar na determinação de sua **escala sustentável**, de modo que devam ser levadas em conta na definição de políticas de conservação dos recursos naturais.

A definição da escala sustentável de utilização não consiste em uma tarefa simples, já que não são conhecidas todas as interações das partes que compõem o ecossistema em si, nem aquelas que ocorrem entre ele e a economia. Além disso, não são totalmente conhecidos os estoques de capital natural.

Outros dois pontos extremamente importantes para a Economia Ecológica se referem à **distribuição justa** dos recursos naturais e direitos de propriedade entre as gerações presentes e futuras e entre a espécie humana e outras espécies e a **alocação eficiente** dos recursos (Costanza, 2000).

Cabe à sociedade determinar a Escala sustentável de uso e a distribuição justa dos recursos naturais (Daly e Farley, 2003).

Segundo Costanza (2000), a escala sustentável e a distribuição justa deveriam ser determinadas através do consenso social, que seria chamado de “soberania da comunidade”, e não com base nas preferências individuais, ou seja, à “soberania do consumidor”.

A determinação de uma escala sustentável das atividades humanas, conforme exposto, objetiva a conservação da estrutura ecossistêmica e, em consequência, do provimento dos bens e serviços ecossistêmicos e o bem-estar humano.

A introdução no processo decisório desses novos aspectos difundidos pela economia ecológica faz com que os procedimentos utilizados até agora para embasar a gestão dos recursos naturais sejam avaliados e sua capacidade de captar e agregar tais aspectos seja comprovada.

Atualmente, a maioria das decisões é tomada a partir de resultados obtidos a partir da aplicação dos estudos de valoração monetária dos recursos naturais, por acreditar-se que a atribuição de valor monetário aos recursos naturais pode permitir que os mesmos sejam incluídos em análises custo-benefício, possibilitando a resolução de conflitos quanto a sua utilização.

Tanto os economistas convencionais, quanto os economistas ecológicos utilizam os métodos de valoração econômica ambiental existentes para dar valor àquilo que não tem valor monetário e, com isso, construir informações para embasar o processo decisório. Para tanto, partem do conceito de Valor Econômico Ambiental que, devido à complexidade dos recursos naturais e suas relações entre si e com o meio ambiente, apresenta por si só algumas das dificuldades em se valorar.

Esses métodos são classificados de diferentes maneiras por diversos autores mas, em suma, pretendem dar valor aos recursos naturais, seja pelo uso ou não-uso dos mesmos.

Apesar de ambas as correntes metodológicas citadas anteriormente utilizarem os métodos de valoração econômica ambiental tradicionais para valorar os recursos naturais, algumas argumentações teóricas divergentes fazem com que os resultados obtidos por ambas sejam diferentes.

Tais divergências quanto à aplicação dos referidos métodos, a base teórica que a fundamenta e sua aplicabilidade quanto à fundamentação de políticas ambientais indicam a necessidade da realização de estudos que possam avaliar a aplicação dos métodos convencionais de valoração econômica ambiental e sua capacidade de captar o valor total dos recursos ambientais, sendo o valor total composto pelas dimensões econômica, sócio-cultural e ecológica de valor.

Diante do exposto, o problema central do presente trabalho é: ***“Quais são os limites dos métodos convencionais de valoração econômica ambiental no processo de captação do valor total dos recursos naturais?”***

A **hipótese geral** que norteia o trabalho seria de que a inserção da visão pré-analítica proposta pela Economia Ecológica nos estudos de valoração ambiental deixa evidente a incapacidade dos métodos convencionais de valoração em abarcar todos os aspectos relevantes à determinação das dimensões associadas ao valor dos recursos naturais.

Como **hipótese parcial** tem-se que a inclusão de conceitos e métodos de valoração que contemplem as dimensões econômica, ecológica e sócio-cultural de valor contribui para a realização de um estudo mais aprofundado dos problemas de poluição hídrica e atmosférica na cidade de Volta Redonda, fornecendo informações mais completas para a gestão sustentável desses recursos, quando comparadas com aquelas construídas com base nos estudos fundamentados nos preceitos da economia do meio ambiente, como no caso dos estudos convencionais.

A partir da definição do problema e das hipóteses que o norteia foi proposto o objetivo central do trabalho. De forma geral, **a pesquisa tem como objetivo discutir sobre a capacidade dos métodos convencionais de valoração econômica ambiental (VEA) captarem o valor total dos ativos ambientais, a partir da apresentação dos conceitos da Economia Ecológica e dos valores que a mesma associa aos recursos naturais. Pretendeu-se mostrar, através da realização de estudos de casos, um caminho para um protocolo de valoração econômico-ecológica, para que a mesma possa incluir questões imprescindíveis à gestão ambiental.**

Para tanto, pretende-se, a partir da realização de estudos de casos, relacionar os aspectos teóricos da valoração econômica ambiental com o arcabouço teórico da Economia Ecológica e discutir sobre a sua eficácia na captação do valor do meio ambiente.

Os estudos de caso consistem na aplicação do método de Custos Evitados para valoração dos impactos causados pela poluição atmosférica (no período de 2005 a 2007) e o Método de Valoração Contingente para valoração da poluição hídrica, através da captação da disposição a pagar dos indivíduos pela despoluição do rio Paraíba do Sul, sendo ambos na cidade de Volta Redonda – RJ.

Dessa forma, os objetivos específicos do trabalho são:

- Discutir sobre os Métodos de Valoração Econômica Ambiental a partir do referencial teórico da Economia Ecológica.
- Estimar o verdadeiro efeito da poluição atmosférica sobre as doenças típicas da poluição do ar, através da construção de uma função Dose-Resposta, com vistas a obter dados que possibilitem o cálculo dos gastos médicos e incidência de doenças associadas a esse tipo de poluição.
- Estimar o valor do rio Paraíba do Sul despoluído para a população de Volta Redonda, a partir da aplicação do Método de Valoração Contingente.
- Discutir sobre a eficiência dos métodos de valoração aplicados para valorar os impactos propostos no trabalho e sua importância no atendimento dos objetivos propostos pela economia ecológica.

- Apresentar alternativas de valoração que, de maneira complementar aos métodos de valoração econômica tradicionais, contemplem as demais dimensões de valor (Econômico, Sociocultural e Ecológico) do meio ambiente.

Capítulo 1

Valoração Econômica Ambiental

A realização de estudos de valoração econômica ambiental parte de conceitos referentes ao valor dos bens e serviços ambientais e dos métodos capazes de estimá-los.

Convencionalmente, o valor atribuído aos recursos naturais está associado, em sua maioria, ao valor dado por algum tipo de uso dos mesmos. Assim, os estudos realizados a partir da análise de algum(ns) dos impactos ambientais, desconsiderando algumas dimensões de valor dos bens e serviços ecossistêmicos, acaba por compor um retrato incompleto da realidade.

A partir da construção de diagnósticos deficientes, a aplicação de métodos capazes de estimar o valor total do ecossistema fica comprometida, e a consideração de seus resultados para a tomada de decisão deve ser feita com restrições.

Outros aspetos metodológicos ainda constituem motivos de críticas aos métodos de valoração convencionais.

Este capítulo busca apresentar alguns aspectos teóricos da Valoração Econômica de Ativos Ambientais (VEAA), além de algumas considerações acerca da valoração econômica realizada pela economia ambiental convencional.

1.1 O valor econômico do meio ambiente

Valoração Econômica de Ativos Ambientais (VEAA) constitui um conjunto de métodos e técnicas cuja finalidade é estimar valores monetários para bens ambientais (Faria, 1998). Tais técnicas devem ser aplicadas de maneira adequada para que se possam captar diferentes componentes do Valor Econômico Total (VET).

Segundo Pearce (1992)², o VET é composto pelos **valores de uso** e **valores de não-uso** dos recursos naturais. O **valor de uso (VU)**, que se refere ao valor dos bens e serviços ambientais usados para consumo ou para produção, seria composto por:

- **valores de uso direto (VUD)**, que são aqueles que refletem o uso direto dos recursos naturais. Esse uso pode ser consumível (quando a quantidade do bem disponível para outros usuários é reduzida), como a madeira utilizada para combustível, a colheita de produtos alimentares, água para consumo, etc, ou não consumível (quando não há redução na quantidade disponível), como desfrutar de atividades recreativas e culturais, esportes aquáticos e ações espirituais e sociais, entre outros.
- **valores de uso indireto (VUI)**, que são aqueles oriundos dos usos indiretos, abrangendo, de forma ampla, as funções ecológicas da biodiversidade como regulação do clima, retenção do solo, ciclagem de nutrientes (solo), entre outros. Sendo assim, esse seria o valor atribuído à diversidade de serviços ecossistêmicos prestados pelos ecossistemas, através das interações entre eles.
- **valor de opção** que, segundo o autor, seria o valor que os indivíduos estariam dispostos a pagar para conservar um recurso para o uso futuro³.

² A classificação apresentada não é a única classificação para o Valor Econômico Total.

³ Outros autores ainda utilizam a classificação de valores de quase-opção, o valor de reter as opções de uso futuro do recurso, dada uma hipótese de crescente conhecimento científico, técnico, econômico ou social sobre as possibilidades futuras do recurso ambiental sob investigação (Nogueira e Medeiros, 2000). "Representa o valor de evitar decisões irreversíveis até que novas informações revelem se certos serviços ecossistêmicos encerram valores que no momento são desconhecidos" (AM, 2005).

O **valor de não-uso (VNU)** seria o **valor de existência (VE)**, que é o valor atribuído ao recurso pelo simples fato desse existir, não correspondendo a ele qualquer forma de utilização presente ou futura⁴.

Para Motta (2007), o valor de existência, estando dissociado do uso, deriva de uma posição moral, ética, cultural e altruística em relação aos direitos de existência de outras espécies que não a humana ou de outras riquezas naturais, mesmo que estas não representem uso atual ou futuro para ninguém.

Pearce (1992) utiliza o contexto de uma floresta tropical para ilustrar os componentes do VET (Quadro 2).

Valor Econômico Total			
Valor de Uso			Valor de Não-Uso
Direto (1)	Indireto (2)	Opção	Existência
Madeira	Ciclagem de Nutrientes	Usos Futuros dos recursos (1) + (2)	Valores Culturais
Produtos não-madeireiros	Redução da poluição do ar		Valores intrínsecos das florestas
Recreação	Regulação Climática		
Produtos Medicinais			
Habitat Humano			
Educação			

Quadro 2– Valor Econômico Total e seus componentes

Fonte: Pearce (1992)

Sendo assim, o Valor Econômico Total seria dado por:

$$\text{VET} = \text{Valor de Uso} + \text{Valor de Não-Uso} \quad (1)$$

⁴ O valor de existência é alvo de diversas discussões. A principal delas se refere a possibilidade de se dar valor a algo que não pode ser tocado, visto ou experimentado. Para maiores detalhes consultar Nogueira e Medeiros (1999).

ou

$$\text{VET} = \text{Valor de Uso Direto} + \text{Valor de Uso Indireto} + \text{Valor de Opção} + \text{Valor de Existência} \quad (2)$$

A definição desses conceitos torna evidente a existência de *trade-offs* no que se refere à utilização dos recursos naturais, já que seu uso pode ocorrer para atender necessidades presentes, ou ainda, necessidades futuras.

Através da aplicação dos métodos de valoração econômica ambiental⁵ procura-se captar as parcelas do VET ou sua totalidade. A escolha das ferramentas utilizadas deve ser feita a partir da consideração das características e especificidades dos recursos naturais, para que seu resultado possa contribuir para a resolução dos problemas de alocação e utilização desses recursos.

A determinação de valor monetário para os bens e serviços ambientais é uma das contribuições da Economia do Meio Ambiente⁶ para a resolução de tal problemática. Tal idéia constitui o cerne da Economia do Meio Ambiente, além de constar das discussões realizadas pelas demais correntes metodológicas que se dedicam a estudar problemas relativos às questões ambientais.

A valoração se faz importante à medida que torna possível a inclusão dos recursos naturais nas análises custo benefício, nas decisões tomadas a partir de processos judiciais, na contabilidade ambiental, entre outros, possibilitando a alocação mais eficiente dos mesmos⁷. Enquanto os ativos ambientais forem considerados livres (e, portanto, sem preço), sua utilização ocorrerá de maneira a degradá-los e exauri-los.

Apesar de sua importância ser senso comum entre as diferentes correntes metodológicas, a valoração econômica dos ativos ambientais ainda é alvo de

⁵ Os principais métodos utilizados para valorar os recursos e serviços naturais são apresentados no anexo 1.

⁶ A Economia do Meio Ambiente tem sua base na Teoria Econômica Neoclássica. Segundo seu arcabouço teórico (embasado na Teoria Microeconômica do Bem-estar), o valor dos recursos naturais seria determinado pelo conjunto de preferências individuais pela conservação, preservação ou utilização dos bens e serviços ambientais (Bateman e Turner, 1992).

⁷ A atribuição de valor monetário aos recursos naturais vem sendo criticada por profissionais de diversas áreas, pelo fato de que ao se valorar recursos naturais, os mesmos se tornam apenas produtos comercializáveis, sendo desconsideradas outras questões pertinentes quanto a sua utilização.

muitas críticas, seja por questões teóricas que a envolva, seja por problemas metodológicos em sua aplicação.

Algumas dessas críticas serão apresentadas na próxima seção.

1.2 Algumas considerações acerca da Valoração Econômica Ambiental

Embora a aplicação dos métodos de valoração econômica ambiental tenha se tornado cada vez mais difundida, ainda existem muitos pontos de discordância no que se refere a sua capacidade de captar o valor total dos recursos naturais, principalmente para os Economistas Ecológicos.

Para Daly e Farley (2003), apesar de sua importância enquanto forma de chamar a atenção da sociedade para as questões ambientais, os métodos de valoração econômica ambiental são cheios de problemas, devido principalmente à falta de conhecimento sobre os serviços ecossistêmicos e à falta de familiaridade com a valoração de tais bens e serviços.

Ainda segundo tais autores, talvez seja impossível dar valor monetário à infinitude de bens e serviços que não possuem mercados. Além disso, a visão de que se devam valorar bens e serviços ecossistêmicos para decidir então, aquilo que será preservado e o que será destruído é um exemplo de imperialismo econômico.

Tal reducionismo já era criticado por Polanyi (1980): *“permitir que o mecanismo de mercado seja o único dirigente do destino dos seres humanos e do seu ambiente natural, e até mesmo o árbitro da quantidade e do uso do poder de compra, resultaria no desmoronamento da sociedade”*.

Alier (1987) é mais contundente em suas críticas à utilização dos métodos convencionais de valoração ambiental. Segundo suas colocações, esses métodos não têm como levar em conta interesses das gerações futuras, o que excluiria parte dos interessados do processo decisório.

Em síntese, no conjunto, as principais críticas à valoração econômica ambiental, feitas inclusive pelos próprios economistas ambientais, se referem à não inclusão de questões morais e éticas nos estudos de valoração, além do

reconhecimento de sua incapacidade de captar a totalidade do valor ecossistêmico.

Outra crítica ao uso de métodos convencionais de valoração se refere à não consideração da complexidade e diversidade dos serviços prestados pelo ecossistema, o que acaba por subestimar os resultados encontrados para o valor dos recursos naturais.

A economia ecológica tem se preocupado em analisar as relações de interações entre a estrutura (refere-se aos indivíduos e comunidades de plantas e animais dos quais o ecossistema é composto, sua idade e distribuição e os recursos abióticos) e funções do ecossistema. O conhecimento limitado (e, portanto, elevado grau de incerteza) sobre como essas interações se dão, traz uma grande dificuldade para se prever e direcionar os impactos das ações humanas sobre esse ecossistema e suas funções.

Segundo Vatn e Bromley (1994), nem todos os bens ambientais são caracterizados pela transparência, o que dificulta o conhecimento de todas as suas funções e relações. Como exemplo tem-se: os recursos prestam serviços “invisíveis”: como o suporte à vida (Ex.: Ciclos hidrológicos); o papel da diversidade ecológica; a inter-relação entre as espécies.

De acordo com Romeiro (2001), na maioria das vezes, os impactos causados pela utilização dos recursos naturais não são conhecidos em sua totalidade. Outros fatores também incertos são as relações ecossistêmicas que ocorrem da integração dos componentes da estrutura ecossistêmica. A incerteza também permeia a idéia de limites (ou não) dos recursos naturais, evidenciando a incapacidade da sociedade em prever perdas catastróficas irreversíveis.

Sendo assim, segundo Vatn e Bromley (1994), no processo de valoração há perda de informações, pois: a) os atributos são dinamicamente inter-relacionados, o que dificulta o cálculo do seu valor (“*composition problem*”); b) diferentes características do bem são incomensuráveis (“*incongruity problem*”).

Os estudos de valoração deveriam, portanto, ser realizados com base em análises realizadas por uma equipe multidisciplinar, capaz de avaliar a maioria dos

impactos – sociais, biológicos, econômicos - causados pela utilização, recuperação, manutenção dos recursos ambientais.

A apresentação detalhada das referidas críticas, o embasamento teórico para sua argumentação e a discussão de possíveis alternativas constarão dos capítulos posteriores deste trabalho.

Por enquanto, com vistas a cumprir os objetivos propostos, no próximo capítulo serão apresentados dois estudos de valoração econômica ambiental, realizados a partir da aplicação do arcabouço da economia ambiental neoclássica.

Neles, serão avaliados os impactos causados pela poluição hídrica e poluição atmosférica na cidade de Volta Redonda/RJ. A escolha da área de estudo se deve aos sérios problemas ambientais encontrados na região, que serão expostos na seção de caracterização da mesma.

O método de valoração utilizado no estudo de valoração dos impactos da poluição atmosférica será o Método dos Custos Evitados, que será aplicado à análise dos custos de saúde relacionados aos problemas da poluição atmosférica. Essa metodologia é uma das mais utilizadas pelos economistas ambientais para a realização de estudos que tenham como objetivo a estimação dos valores do ar preservado, fato que justifica sua utilização na realização desse estudo.

O problema da poluição hídrica será avaliado através da aplicação do estudo de valoração contingente. Este é um método também muito utilizado para estimação de valores ambientais porque permite captar também valores intrínsecos.

A aplicação do referido método fornecerá dados que servirão de base para a discussão da validade dos seus resultados a partir do arcabouço teórico da Economia Ecológica e suas críticas ao mesmo.

Capítulo 2

O Custo Econômico da Poluição hídrica no município de Volta Redonda

O presente capítulo tem por objetivo apresentar a discussão sobre a poluição hídrica na cidade de Volta Redonda e os resultados obtidos através do estudo que buscou captar o custo econômico dessa poluição na cidade.

Além da caracterização da área de estudo e da apresentação de conceitos que possibilitem o melhor entendimento da poluição hídrica, tem-se a exposição dos resultados encontrados a partir da aplicação do método valoração contingente, cujos resultados indicam o valor econômico da poluição da águas calculado a partir da disposição a pagar expressa pelos habitantes da referida cidade.

2.1 Caracterização da área de estudo

Os estudos realizados neste trabalho tem como referência a cidade de Volta Redonda⁸. Localizada na Região do Médio Paraíba ao Sul do estado do Rio de Janeiro (encontrando-se a 125 km da cidade do Rio de Janeiro), a cidade ocupa uma área de 182,317 km², sendo 54 km² na região urbana e 128 km² na zona rural (Figura 2).

⁸ Localiza-se a 22° 29' 00" de latitude sul e 44° 05' 00" de longitude oeste, a uma altitude de 390 metros.

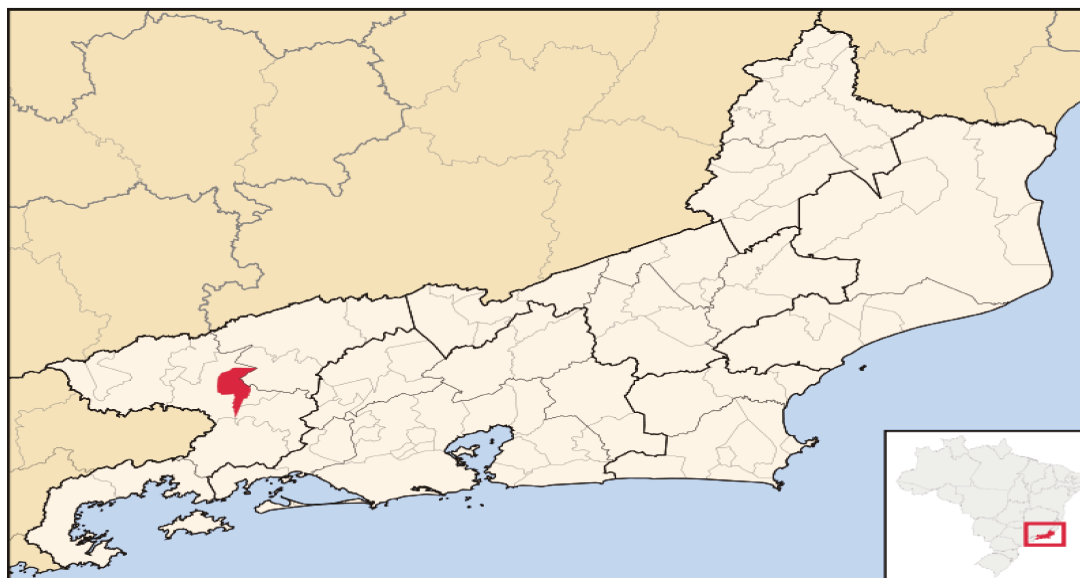


Figura 2– Localização de Volta Redonda no Estado do Rio de Janeiro

A população estimada em 2008 foi de 259.811 habitantes, o que a torna a maior cidade da região Sul Fluminense e a terceira maior do interior do estado. Seus municípios limítrofes são Barra Mansa (Norte, Noroeste, Oeste e Sudoeste), Barra do Piraí (Nordeste), Pinheiral e Piraí (Sudeste e Leste), e Rio Claro (Sul)⁹.

É cortada pelo Rio Paraíba do Sul, que corre de Oeste para Leste, e se apresenta como a principal fonte de abastecimento do município. O rio é também responsável pelo nome da cidade, devido a um acidente geográfico no seu curso (figura 3).

⁹ Segundo dados da Prefeitura Municipal de Volta Redonda.



Figura 3 – Vista aérea da cidade de Volta Redonda

Na cidade está localizada a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), maior siderúrgica da América Latina, o que faz com que o setor industrial seja o mais representativo para a economia local, apesar do desenvolvimento do comércio e do setor de serviços. A diversificação das atividades contribui para o crescimento da população flutuante da cidade, que chega a até 330.000 habitantes por dia.

A cidade é ainda cortada por duas das principais rodovias brasileiras. A *Rodovia Presidente Dutra* (BR-116), ligando a cidade do Rio de Janeiro à cidade de São Paulo, e a *Rodovia Lúcio Meira* (BR-393).

2.2 A Poluição Hídrica em Volta Redonda

Responsável por parte do atendimento das demandas hídricas em três estados brasileiros (RJ, SP e MG), o rio Paraíba do Sul é um recurso de extrema importância para o desenvolvimento econômico e social do país.

A Bacia do Rio Paraíba do Sul abrange 180 municípios, sendo 39 localizados no estado de São Paulo, 53 no estado do Rio de Janeiro e 88 em Minas Gerais, perfazendo um total de 56.500 km² e abastecendo cerca de 14,2 milhões de pessoas (CEIVAP, 2009).



Figura 4 - Mapa da Bacia do Rio Paraíba do Sul

Fonte: Secretaria de Estado de Meio Ambiente - SEMA (1998)

A gestão da referida Bacia compete ao Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP), que é responsável pelas decisões sobre as questões relacionadas aos usos múltiplos das águas da bacia do rio Paraíba do Sul.

A gestão eficiente dos recursos hídricos conta com a utilização de alguns instrumentos como a cobrança pelo uso da água e a outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos, que contribuem para o uso racional dos mesmos e sua valorização pela população.

A população de Volta Redonda é uma das que se beneficia com as águas do rio Paraíba do Sul. O rio é a única fonte de abastecimento da cidade, sendo também o único corpo receptor de todos os dejetos eliminados pela ação antrópica e natural.

Como em diversas regiões que compõem esta Bacia, na cidade de Volta Redonda são desenvolvidas diversas atividades econômicas que contribuem expressivamente para o consumo e degradação da mesma.

As atividades industriais são predominantes na cidade de Volta Redonda, o que faz com que os despejos de cargas de poluentes degradem as condições das águas. O despejo de esgoto doméstico sem tratamento também contribui para a poluição do Paraíba do Sul, já que na cidade, segundo dados da Prefeitura Municipal de Volta Redonda, apesar da coleta de 100% do esgoto doméstico, apenas 15% desse é tratado antes de ser despejado no curso d'água (Figuras 5 e 6).



Figura 5 – Despejo de esgoto não tratado diretamente no rio Paraíba do Sul em Volta Redonda



Figura 6 – Despejo de esgoto e entulhos em um dos córregos que deságuam no rio Paraíba do Sul, em Volta Redonda

Atualmente, algumas medidas que buscam a redução dos níveis de poluição vem sendo adotadas, como o tratamento dos resíduos realizados pelas indústrias e a construção de estações de tratamento de esgoto pela prefeitura municipal, tendo contribuído para a redução dos níveis de poluição.

Entretanto, as medidas ainda não são suficientes para a eliminação da poluição, sendo necessária sua intensificação e disseminação por outras cidades que, a montante, utilizam esse recurso.

Além dos despejos de dejetos realizados intencionalmente, têm-se os acidentes ambientais que ocorrem repentinamente e elevam os níveis de substâncias tóxicas no rio. Essa região é muito suscetível a tais acidentes devido a sua característica industrial e ao elevado tráfego de cargas perigosas que podem, através de acidentes, descarregar poluentes que cheguem até o Paraíba do Sul através de seus efluentes (INEA, 2009).



Figura 7 – Derramamento de óleo pela CSN no rio Paraíba do Sul no trecho de Volta Redonda ocorrido em 03/08/2009

Fonte: Foco Regional (2009)



Figura 8 – Peixes mortos no rio Paraíba do Sul devido ao derrame, em 18/11/2009, pela empresa Servatis, de cerca de 8 mil litros de endosulfan (insumo para a fabricação de agrotóxicos) em um de seus afluentes –

Fonte: O Globo (2009)

Após um breve relato acerca da importância e das condições atuais do rio Paraíba do Sul (trecho Volta Redonda), serão apresentados na próxima seção os resultados do estudo de valoração contingente para o mesmo.

2.2.1 Valor econômico da água pelo Método de Valoração Contingente

O MVC vem sendo utilizado em larga escala para estimar monetariamente o valor dos recursos ambientais (ver anexo 1). Nesta seção será operacionalizada a aplicação do referido método, com vistas a captar a disposição a pagar dos habitantes da cidade de Volta Redonda pela implantação de um projeto de despoluição do rio Paraíba do Sul. Tal projeto, conforme informado a eles, tende a recuperar a qualidade das águas do rio, tornando melhor a qualidade de vida da população.

Para a realização de tal estudo, fez-se necessária extensa revisão da literatura e atendimento de algumas orientações propostas pelo painel NOAA, com o objetivo de reduzir os possíveis vieses.

A partir da delimitação do objeto de estudo (rio Paraíba do Sul), foi feita uma pesquisa com vistas a elaboração do questionário a ser aplicado, já que, através do mesmo, deveriam ser captadas as informações necessárias ao cumprimento do objetivo proposto.

Segundo Mitchel e Carson (1989), o questionário aplicado deve conter 3 partes:

- 1- Uma detalhada descrição do bem a ser valorado e o(s) cenário(s) a serem avaliados pelo entrevistado.
- 2- Questões que captem a disposição a pagar do entrevistado.
- 3- Questões sobre as características do entrevistado (por exemplo: idade, renda, ...), suas preferências e usos acerca do recurso valorado.

Assim, no desenho do questionário, a partir da estrutura proposta anteriormente, foram determinadas as questões a serem apresentadas com base nas recomendações do painel NOAA. Foi observada a necessidade da inclusão de perguntas que pudessem eliminar alguns vieses, além da escolha da forma de

pagamento mais adequada a ser oferecida, o tamanho do questionário, entre outras.

As entrevistas foram realizadas pessoalmente, para que se evitasse as não-respostas. Outro cuidado foi o treinamento dos entrevistadores para que os mesmos não influenciassem as respostas dos entrevistados. Esse treinamento constou da apresentação da problemática da pesquisa, da discussão do questionário a ser aplicado e de orientações acerca do adequado comportamento do entrevistador.

O método utilizado no estudo foi o *Referendum single*, a partir da abordagem de Hanemann (1984). Sua aplicação consiste em oferecer ao entrevistado um valor sorteado dentre um conjunto de valores (esses valores pertencem a uma escala de valores pré-determinada) através da pergunta: “O sr(a) estaria disposto(a) a contribuir com R\$ X reais para o financiamento de um projeto de despoluição do rio Paraíba do Sul?”

Seguindo ainda recomendações da literatura foi apresentada ao entrevistado uma questão que possibilitasse justificar sua resposta, caso o mesmo se negasse a pagar pela recuperação do recurso.

Outra fase importante de preparação para aplicação do estudo consistiu na elaboração do cenário descrito na caracterização do mercado hipotético. As características do ativo em questão, no caso do presente estudo, o rio Paraíba do Sul, foram apresentadas ao entrevistado para que o mesmo pudesse concluir pela disposição a pagar (ou não) pela melhoria do recurso ambiental.

O questionário aplicado contendo as informações necessárias e orientações aos entrevistadores constam do apêndice. Os questionários foram aplicados pela Empresa Júnior da Universidade Federal Fluminense, Pulso Consultoria, que é composta por alunos dos cursos de Administração e Engenharias, no dia 10/10/2009.

Antes de se seguir para a aplicação da pesquisa foi realizada uma pesquisa piloto, que consistiu na aplicação do questionário para 30 indivíduos (aplicados no dia 07/10/2009), com o objetivo de se verificar a adequação do mesmo.

Como não houve problemas na fase piloto, passou-se à fase de aplicação dos questionários.

A determinação da amostra partiu de uma população de 70.867 domicílios na cidade de Volta Redonda, segundo dados do Censo Populacional de 2000 (IBGE, 2009). A escolha dos domicílios como unidade de análise se justifica pelo fato de que o meio de pagamento oferecido aos entrevistados foi a conta de água, ou seja, uma por domicílio. Sendo assim, procurou-se aplicar os questionários no final de semana para que os chefes de família pudessem opinar.

O tamanho da amostra foi determinado com base em Cochran (1953):

$$n = \frac{\frac{Z^2 pq}{e^2}}{1 + \frac{1}{N} \left(\frac{Z^2 pq}{e^2} - 1 \right)} \quad (3)$$

onde:

n = tamanho da amostra

N = número de domicílios (70.867)

Z = é o valor da distribuição normal em função do nível de confiança de 99%

p = é a probabilidade de respostas positivas - “sim” (0,37¹⁰)

q = é a probabilidade de repostas negativas - “não” (0,63)

e = margem de erro igual a 10%

Com base nestes dados foi calculada uma amostra necessária de aproximadamente 88 domicílios. Foi considerada uma margem de segurança de 20%, perfazendo um total de 106 questionários aplicados.

Os questionários foram aplicados em 15 bairros de Volta Redonda, sorteados aleatoriamente entre os 51 bairros oficiais da cidade¹¹ (PMVR, 2009). A partir dos bairros sorteados, os questionários foram distribuídos de maneira

¹⁰ Probabilidades obtidas a partir da pesquisa piloto.

¹¹ A divisão da cidade em bairros consta do apêndice.

proporcional à sua população¹². A estratificação da amostra pode ser observada na tabela 1:

Tabela 1 – Bairros selecionados e número de questionários

Bairros	Número de Questionários
Açude	7
Água Limpa	6
Bela Vista	1
Belmonte	5
Conforto	4
Jardim Amália	5
Retiro	24
Santa Cruz	6
Santo Agostinho	21
São João	3
Siderlândia	5
Vila Brasília	10
Vila Mury	7
Vila Santa Cecília	2
Total	106

Fonte: Dados da Pesquisa

Resultados e Discussão

Conforme exposto na seção anterior, o questionário aplicado é constituído por perguntas que caracterizem o entrevistado, suas preferências e capte sua disposição a pagar pela melhoria do recurso ambiental em questão ambiental.

No presente estudo, as análises estão baseadas nas respostas de 103 questionários, já que, após a realização de 106 entrevistas, 3 tiveram de ser excluídos por problemas de preenchimento.

Alguns dos resultados obtidos são apresentados na tabela 2.

¹² Foi utilizado o número de habitantes porque os dados referentes ao número de domicílios por bairro não foram disponibilizados pela prefeitura.

Tabela 2 – Média e desvio padrão das variáveis explicativas quantitativas e proporções de casos para as variáveis explicativas qualitativas

Variável Explicativa	Média	Desvio Padrão	Proporção (%)
Valor proposta	15,08	12,11	-
Renda Individual	1.268,76	1.045,98	-
Renda Familiar	2.099,07	1.594,34	-
Anos de Estudo	11,17	4,319	-
Idade	47,71	14,709	-
Sexo			
Homens	-	-	54,4
Mulheres	-	-	45,6
Consumo de água mineral	-	-	47,6
Problema Ambiental			
Poluição Atmosférica	-	-	56,3
Poluição Hídrica	-	-	31,1
Desflorestamento	-	-	6,8
Adota prática de atividade que preserve o meio ambiente	-	-	75,7
Disponibilidade de execução de tarefas em prol do meio ambiente	-	-	75,7

Fonte: Dados da pesquisa

Os dados apresentados indicam a média salarial de 2,7 e 4,5 salários mínimos para os indivíduos e para as famílias, respectivamente.

Se considerarmos a renda *per capita*, incluindo-se no cálculo todos os membros residentes nos domicílios, encontramos um valor correspondente a 1,43 salários mínimos (R\$ 666,00), sendo que, em 56% dos domicílios pesquisados a renda *per capita* encontra-se abaixo desse valor.

A média dos anos de estudo observada (11,17) é superior às médias nacional (7,15) e regional (7,95), para a mesma faixa etária (a partir de 20 anos de idade), segundo o IBGE (2008).

Quanto aos problemas ambientais mais preocupantes na cidade de Volta Redonda tem-se a poluição atmosférica como a mais representativa, sendo escolhida por 56,3% dos entrevistados como a mais prejudicial. Esse fato é compreensível, já que a poluição do ar na cidade gera uma série de problemas para a população (conforme exposto na seção anterior).

Apesar de ocupar a segunda colocação, a poluição hídrica também é fonte de desconforto para os moradores da cidade, que convivem com despejo de esgotos no rio e acidentes ambientais que acabam por degradar as águas do rio Paraíba do Sul. Nesse estudo, 31,1 % dos entrevistados indicaram a poluição hídrica como o problema ambiental mais preocupante na cidade.

Outro dado que confirma a preocupação das pessoas quanto a qualidade da água do rio Paraíba do Sul é o nível de respostas positivas a respeito da aquisição de água mineral para o consumo da família. Foram 47,6% de respostas afirmativas a essa questão.

Além da maioria dos entrevistados estar sensível a algum problema ambiental, eles também declararam a adoção de práticas que beneficiem o meio ambiente, como: economia de água e energia, separação seletiva de lixo, reciclagem de materiais, entre outras. Sabe-se que muitas das práticas adotadas geralmente são motivadas pela redução das despesas das famílias mas, de qualquer maneira, elas contribuem para a preservação dos recursos ambientais.

Outra pergunta importante para o estudo e que reflete a disposição dos indivíduos para executar tarefas em prol da preservação ambiental indicou a importância dada pelos entrevistados aos recursos ambientais. A maioria, ou 75,7% dos entrevistados se declararam dispostos a executar tarefas como mutirão de limpeza, trabalhos de conscientização da população, passeatas, etc., para contribuir com a recuperação e preservação do rio Paraíba do Sul.

Quanto à disposição a pagar, tem-se que 53,4% dos entrevistados não se dispuseram a pagar pela recuperação e preservação do rio Paraíba do Sul,

enquanto 46,6% estariam dispostos a contribuir através do pagamento do lance que lhes foi ofertado.

Aos que não se dispuseram a pagar foi feita uma pergunta na qual se apresentavam alternativas através das quais o entrevistados pudessem expressar o porque do não pagamento. Na tabela 3 estão apresentadas as alternativas e a proporção de respostas.

Tabela 3 – Motivos associados à não-disposição a contribuir pela melhoria na qualidade do rio Paraíba do Sul

Motivos associados à não-contribuição	Frequência	Proporção (%)
O valor é muito alto	9	16,4
O problema é do governo	11	20
Não confio no uso dos recursos	9	16,4
Não acho o assunto importante	1	1,8
Preciso de mais tempo para pensar	2	3,6
Já pago muitos impostos e taxas	21	38,2
Não concordo com a forma de pagamento	2	3,6
Total	55	100

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme pode ser observado, o motivo mais apontado para o não pagamento é que o entrevistado já paga muitos impostos e taxas (38,2 %), não se dispondo a pagar mais uma. Outro fator mais citado se refere à atribuição da responsabilidade de recuperar e conservar o rio Paraíba do Sul ao governo (20%) e a não confiança na aplicação dos recursos pelos órgãos públicos no programa de despoluição proposto (16,4%).

Essas opções evidenciam o viés de protesto existente na pesquisa. As pessoas se negam a pagar por discordarem com algo relacionado a pesquisa, ao

recurso ou ao poder público, mesmo que acreditem que os programas de despoluição e o recurso ambiental sejam importantes.

Em relação ao total de questionários aplicados, pode-se dizer que 39,8% das pessoas se negaram a contribuir por motivo de protesto.

O excesso de tributos cobrados da população e descrença da sociedade no poder público contribuem para o aumento de respostas negativas, levando a subestimação do valor do recurso avaliado.

O valor elevado da contribuição foi apontado por 16,4% dos entrevistados que se negaram a pagar como motivo para a negativa. Dois entrevistados (3,6%) precisariam de mais tempo para pensar e dois não concordaram com a forma de pagamento (viés de pagamento). Apenas um entrevistado alegou não se importar com o assunto.

Conforme citado anteriormente, a pergunta relacionada à disposição à realização de uma tarefa em prol do meio ambiente é importante, pois pessoas que não se disponham a contribuir monetariamente devido a algum viés poderão expressar sua intenção em contribuir através da prestação de serviços. Assim, terá certeza, por exemplo, que seu trabalho contribuirá para a preservação ambiental e não precisará se preocupar com a real aplicação dos recursos financeiros.

Os resultados observados corroboram tal afirmação. Segundo os dados, 65% dos entrevistados que não se dispuseram a pagar pelo programa de despoluição se mostraram disponíveis para a realização de tarefas que contribuam para a melhoria ambiental. Os dados da interação entre o motivo de não pagamento e disponibilidade em realizar a tarefa são apresentados na tabela 4.

Além disso, pessoas que não possam contribuir teriam a oportunidade de estarem incluídas no processo decisório através da prestação de serviços voluntários ao invés da contribuição monetária.

Tabela 4 – Associação entre o motivo de não-pagamento e disposição à realização de tarefa (%)

Motivo	Aceita	Não Aceita
O valor é muito alto	66,0	34,0
O problema é do governo	54,4	45,6
Não confio no uso dos recursos	77,8	22,2
Não acho o assunto importante	0	100
Preciso de mais tempo para pensar	100	0
Já pago muitos impostos e taxas	61,9	38,1
Não concordo com a forma de pagamento	100	0

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme os dados da tabela, a maioria dos entrevistados que não se dispuseram a pagar se manifestaram dispostos a contribuir de ou forma que não a monetária, indicando a importância dada ao problema ambiental. Ilustrando o exemplo citado anteriormente, tem-se que 77,8% daqueles que não pagariam por medo de que os recursos não fossem aplicados adequadamente estariam dispostos a contribuir através da realização alguma ação.

Quanto à interação entre a renda individual e a DAP também se pode observar um fato interessante. A maior proporção de respostas positivas foi observada na classe de menor renda (58,3%).

Os resultados dessa interação podem ser observados na tabela 5.

Tabela 5 – Interação entre os níveis de renda e a disposição a pagar

Níveis de Renda (salário mínimos)	DAP			Proporção de Sim (%)
	Não	Sim	Total	
0 a 1	5	7	12	58,3
2 a 5	30	29	59	49,0
6 a 10	16	9	25	36,0
11 a 20	4	3	7	42,8
	55	48	103	-

Fonte: Dados da pesquisa.

As duas classes de menor renda foram as que apresentaram maior proporção de respostas positivas, enquanto nas classes de maior renda a proporção a pagar foi menor.

Após a análise dos principais resultados obtidos através da aplicação dos questionários foi feita estimação da DAP pela despoluição do rio Paraíba do Sul para a cidade de Volta Redonda/RJ.

Estimação e análise do modelo de valoração contingente

A estimação da DAP para o estudo em questão foi feita através do modelo Logit, que foi selecionado por possibilitar a estimação de uma regressão em que a variável dependente é categórica dicotômica e as variáveis preditoras contínuas ou categóricas (Gujarati, 2006).

A equação da regressão Logística é dada por:

$$P_j = P(Y_j=1) = \frac{1}{1 + e^{-(X_i\beta)}} \quad (4)$$

em que P_j representa a probabilidade de ocorrência do evento ($Y_j = 1$) que, no caso deste estudo diz respeito à aceitação do pagamento proposto para recuperar e preservar a qualidade do rio Paraíba do Sul; os β 's são os coeficientes das variáveis X_i a serem estimados.

Caso contrário, $Y=0$, tem-se a probabilidade de não-ocorrência do evento (não aceitação da DAP), dada pela equação:

$$1-P_i = P(Y_i=0) = \frac{e^{-X_i\beta}}{1 + e^{-X_i\beta}} \quad (5)$$

As variáveis utilizadas para a estimação do modelo foram as seguintes:

- Valor é o pagamento proposto ao entrevistado para recuperar e conservar o rio Paraíba do Sul, expressa em R\$;
- Sexo, variável categórica: 0 - masculino e 1 - feminino;
- Idade do entrevistado;
- Anos de Estudo (número de anos que o entrevistado frequentou a escola);
- Profissão, variável categórica (categorizada pelo SPSS): 1 - profissional liberal, 2 - Técnico, 3 - Comerciante, 4 - Cargo Administrativo, 5 - Operário, 6 - Aposentado, 7 - Dona de Casa, 8 - Funcionário Público, 9- Outros.
- Renda Mensal (em R\$);
- Renda Mensal Familiar (em R\$);
- Número de pessoas que moram no domicílio;
- Água Mineral, variável categórica: 0 - Não adquire água mineral para o consumo da família e 1 - Adquire água mineral para o consumo da família;
- Prática, variável categórica: 0 - Não adota práticas que contribuam para a preservação do meio ambiente e 1 - Adota práticas que contribuam para a preservação ambiental;
- Tarefa, variável categórica: 0 - Não estaria disposto a realizar alguma tarefa em prol da recuperação e preservação do rio Paraíba do Sul e 1 - Estaria disposto a realizar alguma tarefa em prol da recuperação e preservação do rio Paraíba do Sul;

O efeito marginal de cada variável explicativa sobre a probabilidade de aceitação da DAP pode ser calculado a partir da seguinte equação:

$$\frac{\partial P_i}{\partial X_i} = \beta \cdot P_i(1 - P_i) \quad (6)$$

ou seja,

$$\frac{\partial P_i}{\partial X_i} = \beta \cdot \frac{1}{1 + e^{-(X_i\beta)}} \cdot \frac{e^{-X_i\beta}}{1 + e^{-X_i\beta}} \quad (7)$$

Pode-se observar, que o efeito marginal não é constante, já que depende do valor médio da cada variável X_i .

A partir da estimação do modelo completo, ou seja, com todas as variáveis citadas, observou-se a significância estatística das variáveis: Valor, Sexo, Idade, Tarefa, além do intercepto. Com o objetivo de obter resultados mais confiáveis, estimou-se a regressão restrita, utilizando-se apenas as variáveis significativas na primeira estimação. Os resultados para o modelo restrito são apresentados na tabela 6.

Tabela 6 – Resultados do modelo Logit reduzido para a estimação da DAP desejada para o rio Paraíba do Sul

Variável	Coeficiente	Desvio Padrão	Wald	Sig.
Valor	-,039	,019	4,055	,044*
Sexo (Mulher)	-1,026	,460	4,983	,026*
Idade	,034	,016	4,309	,038*
Tarefa	1,910	,611	9,755	,002*
Constant	-2,110	1,075	3,849	,050*
R ² Nagelkerke	0,269			
Percentual Correto	69,9%			
χ^2	23,208 **			
- 2 Log likelihood	119,104**			

Fonte: Dados da Pesquisa

Obs.: * Significativo a 5%; ** Significativo a 1%.

O bom ajuste do modelo pode ser observado pelo teste do qui-quadrado, que no caso indica que as variáveis introduzidas no modelo ajudam a explicar o comportamento da disposição a pagar (variável preditora). O R² de Nagelkerke de

26,9% indica um bom ajustamento do modelo, que tem aproximadamente 70% das previsões corretas.

Foram ainda executadas análises dos resíduos da regressão e testada a multicolinearidade (através das estatísticas de tolerância e VIF) que são, segundo Field (2009), imprescindíveis para concluir sobre o ajuste do modelo estimado. Os resultados encontrados confirmam a boa aderência do modelo e a ausência de multicolinearidade.

Além do ajuste global do modelo, podemos observar através do teste de Wald a significância dos coeficientes de cada variável inserida no modelo. A significância desses coeficientes indica que os mesmos estão realmente contribuindo para a explicação da variável dependente.

No caso desse estudo, os coeficientes significativos apresentados na tabela 17 indicam que as variáveis que mais influenciam na disposição a pagar do indivíduo são: Valor, sexo, idade e Tarefa.

A variável Valor apresentou-se significativa e com sinal negativo, indicando que o valor oferecido ao entrevistado influencia sua disposição a pagar e que, confirmando o esperado (em relação ao comportamento do consumidor perante o mercado), à medida que maiores valores são oferecidos menores são as chances de aceitação do pagamento.

A idade e o sexo do entrevistado também contribuem para explicar sua disposição a pagar. No referido estudo, segundo os coeficientes encontrados, as mulheres e as pessoas com mais idade têm maior probabilidade de aceitar o pagamento. Não existe um padrão esperado na literatura quanto ao sinal dessas variáveis.

A última variável significativa foi Tarefa, que representa a disposição do indivíduo a realizar alguma tarefa em prol da recuperação e preservação do rio Paraíba do Sul. O resultado indica que entrevistados dispostos a realizar alguma atividade também têm maior probabilidade de aceitar o pagamento proposto, o que parece muito coerente.

Foi calculada ainda a probabilidade média de um indivíduo apresentar disposição a pagar positiva, que é de 45,65%.

A partir dos resultados dos coeficientes significativos pode-se estimar o efeito marginal de cada variável sobre a probabilidade de aceitar a DAP, mantidas as demais variáveis constantes.

Os valores dos efeitos marginais calculados para cada variável do modelo são apresentados na tabela 7.

Tabela 7 – Efeitos marginais das variáveis determinantes da disposição a pagar pela recuperação e conservação do rio Paraíba do Sul

Variável	Efeito Marginal
Valor	-0,0097
Sexo (Mulher)	-0,2546
Idade	0,0084
Tarefa	0,4739

Fonte: Elaborado a partir dos resultados da pesquisa.

O efeito marginal da variável Valor indica que um aumento de uma unidade monetária na contribuição proposta diminui a probabilidade de pagamento em 0,96 ponto percentual, mostrando-se, conforme já citado, de acordo com a teoria econômica.

Quanto a variável sexo, o efeito marginal indica um aumento de 25,45 pontos percentuais na probabilidade de pagamento caso o entrevistado seja do sexo feminino.

A idade também apresenta impacto sobre a disposição a pagar, para cada elevação em um ano de vida eleva a probabilidade de pagamento em 0,84 ponto percentual.

Por fim, tem-se o efeito de maior influência sobre a DAP: a disponibilidade em realizar uma tarefa no intuito de recuperar e preservar o rio Paraíba do Sul, que foi de 47,39 pontos percentuais.

Com base nos resultados do modelo e na abordagem de Hanemann (1984), foi calculada a DAP, que é de R\$ 10,51. Esse valor representa a disposição média

mensal a pagar pelo programa de recuperação e conservação do rio Paraíba do Sul, o que gera um valor anual de cerca de R\$ 8.937.746,04¹³ para a despoluição do rio Paraíba do Sul.

Para efeito de comparação, foi calculada a DAP com a exclusão dos casos que apresentaram o viés de protesto. A partir da estimação, realizada sob os mesmos fundamentos da regressão anterior, foi encontrada a DAP de R\$ 34,06, que geraria um valor anual para o rio de R\$ 28.964.760,24.

Esse valor encontrado, muito superior ao valor estimado a partir da DAP calculada com a inclusão dos casos de protesto, permite avaliar os impactos da existência de vieses nos estudos de valoração contingente, que acabam por subestimar o valor do recurso ambiental, já que não se capta o real valor do recurso para o indivíduo, permitindo apenas a manifestação de sua insatisfação quanto ao governo e as políticas públicas.

Cirino e Lima (2008), ao aplicar o MVC para captar o valor total da Área de Proteção Ambiental (APA) São José (MG), também encontraram valores da DAP que indicam a existência do viés de protesto. A DAP média estimada através da totalidade dos questionários aplicados foi de R\$ 13,72, enquanto a DAP estimada a partir da exclusão dos questionários que apresentavam viés de protesto foi de R\$ 21,19.

Esses resultados indicam a importância de se seguirem as orientações propostas para a aplicação do MVC, entre elas a inclusão de perguntas que possam captar o viés de protesto, para que o mesmo possa ser desconsiderado na avaliação.

Freitas (2004) aplicou o MVC para estimar o valor atribuído pelos moradores de Diamantino – MT aos ativos ambientais que têm sua qualidade afetada pelo despejo de dejetos da atividade suinícola desenvolvida na cidade. Através da aplicação do questionário buscou-se captar o valor de existência dos recursos naturais.

¹³ São R\$ 10,51 mensais, multiplicados por 12 meses e multiplicados pelos 70.867 domicílios da cidade.

Segundo a autora, o valor encontrado no estudo foi de R\$ 1,76 mensais, indicando baixa disposição a pagar dos indivíduos pela conservação dos ativos ambientais e, em consequência, baixa consciência da importância desses recursos. Outra associação feita pelos autores foi a respeito da proximidade das regiões que sofrem os impactos ambientais e a aceitação de contribuição para conservação do recurso, sendo a aceitação a pagar maior nas regiões mais próximas ao recurso afetado.

Esse estudo indica uma outra finalidade do MVC, que seria obter resultados sobre o que as pessoas pensam sobre os recursos naturais e qual é o nível de consciência ambiental da população consultada. As impressões encontradas nesses estudos podem contribuir para o direcionamento de políticas ambientais, inclusive as que se referem à educação ambiental.

Outros resultados encontrados a partir de estudos elaborados através da aplicação do MVC podem ser visualizados na tabela 8.

Tabela 8 – Valores estimados para diversos ativos ambientais

Autor	Valor anual estimado (R\$)	Ativo em questão
Belluzzo Jr (1995)	900.000.000,00	Rio Tietê – SP
Ribeiro (1998)	162.810.308,60	Rio Meia Ponte – GO
Maia (2002)	96.000,00	Conforto ambiental dos prédios da UNICAMP
Martins (2002)	1.750.350,00	Parque Jericoacoara – CE
Silva (2003)	23.946.380,00	Parque Chico Mendes – AC
Sousa (2004)	2.286.144,00	Parque Metropolitano de Pituçu
Cunha (2008)	6.400.000,00	Bacia do Mogi-Pardo

Fonte: Elaboração do autor

Sobre os valores monetários obtidos há que se considerá-los como importantes para a definição de políticas ambientais que necessitem da contribuição financeira da população interessada, desde que os vieses tenham

sido controlados, ou seja, se verdadeiramente refletem uma disposição real a pagar.

O que é preciso se ter claro, entretanto, é que este valor que se está disposto a pagar de modo algum pode ser considerado como capaz de refletir todo o valor econômico dos serviços ecossistêmicos oferecidos pelo rio, e menos ainda os valores ecológicos e socioculturais a ele associados.

A disposição a pagar revelada a partir da avaliação individual de cenários incompletos apresentados ao indivíduo não pode, portanto, ser considerada como única fonte de informação para a tomada de decisão, seja devido a existência de vieses ou à descrição de um cenário que não reflita a diversidade de serviços ecossistêmicos associados ao recurso avaliado.

Também se deve levar em conta que, ainda que os cenários possam ser construídos de forma mais completa possível, nem sempre os indivíduos poderiam (principalmente no curto período de tempo destinado às entrevistas¹⁴) compreender todas os atributos, inter-relações e variações na qualidade e quantidade dos recursos ambientais¹⁵.

¹⁴ Conforme exposto no Anexo I, uma das orientações a serem observadas durante a elaboração da pesquisa seria a de “Administrar o tempo da pesquisa para evitar perda de acuidade das respostas”.

¹⁵ A apresentação desses e de outros pontos importantes acerca dos estudos de valoração realizados através da aplicação do MVC constam do Anexo I.

Capítulo 3

O Custo Econômico da Poluição atmosférica no município de Volta Redonda

O objetivo do referido capítulo consiste em apresentar o problema da poluição atmosférica na cidade de Volta Redonda a avaliação do seu custo econômico.

3.1 Poluição Atmosférica

A poluição atmosférica pode ser definida como a existência na atmosfera de substâncias introduzidas através da atividade humana, que poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Tais substâncias nocivas são os poluentes atmosféricos, definidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) como qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar:

- I - impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;
- II - inconveniente ao bem-estar público;
- III - danoso aos materiais, à fauna e flora.
- IV - prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Esses resíduos podem ser emitidos por fontes móveis ou estacionárias. As fontes móveis são compostas pelos meios de transporte aéreo, marítimo e terrestre, em especial os veículos automotores que, pelo número e concentração, passam nas áreas urbanas a constituir fontes de destaque frente às outras (FEEMA, 2008).

As fontes estacionárias podem ser representadas por dois grandes grupos: um abrangendo atividades pouco representativas nas áreas urbanas, como queimadas, lavanderias e queima de combustíveis nas padarias, hotéis, hospitais, tidas usualmente como fontes de poluição não industriais; e outro formado por atividades individualmente significativas, em vista à variedade ou intensidade de poluentes emitidos, como a poluição dos processos industriais (FEEMA, 2008).

Existem ainda as fontes naturais de poluentes, que são responsáveis pela emissão de substâncias a partir dos processos naturais.

Os poluentes depositados no ambiente podem ser ainda classificados como primários, que são os emitidos diretamente da fonte à atmosfera, ou secundários, que são aqueles formados na atmosfera por meio de reações químicas entre poluentes primários e/ou constituintes naturais da atmosfera (Branco e Rocha, 1980).

O quadro 3 apresenta alguns dos principais poluentes da atmosfera e suas respectivas fontes de emissão.

Quadro 3 – Principais substâncias poluentes do ar e suas respectivas fontes de emissão

Fontes		Poluentes
Fontes Estacionárias	Combustão	Material particulado, dióxido de enxofre e trióxido de enxofre, monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio
	Processo Industrial	Material particulado (fumos, poeiras, névoas), gases – SO ₂ , SO ₃ , HCl, hidrocarbonetos, mercaptanas, HF, H ₂ S, NO _x .
	Queima Resíduo Sólido	Material particulado, Gases - SO ₂ , SO ₃ , HCl, NO _x
	Outros	Hidrocarbonetos, material particulado.
Fontes Móveis	Veículos Gasolina/Diesel Álcool, Aviãos, Motocicletas, Barcos, Locomotivas, Etc.	Material particulado, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos, aldeídos, dióxido de enxofre, ácido orgânicos.
Fontes Naturais		Material particulado – poeiras. Gases - SO ₂ , H ₂ S, CO, NO, NO ₂ , hidrocarbonetos
Reações Químicas na Atmosfera Ex: hidrocarbonetos + óxidos de nitrogênio (luz solar)		Poluentes secundários – O ₃ , aldeídos, ácidos orgânicos, nitratos orgânicos, aerossol fotoquímicos, etc.

Fonte: FEEMA, 2008

Como se pode observar, a qualidade do ar pode ser afetada por uma grande diversidade de atividades que são indispensáveis à manutenção da vida humana. As atividades industriais, por exemplo, são de suma importância para a produção de bens e serviços necessários à manutenção do bem-estar humano. Entretanto, geram externalidades que se traduzem em níveis de poluição que acabam por reduzir o bem-estar humano. Os padrões nacionais de qualidade do ar encontram-se expostos no quadro 4.

Quadro 4 – Padrões nacionais de qualidade do ar

Poluentes	Tempo de Amostragem	Padrão Primário	Padrão Secundário
Partículas em suspensão (PTS)	24 horas ¹	240 $\mu\text{g} / \text{m}^3$	150 $\mu\text{g} / \text{m}^3$
	MGA ²	80 $\mu\text{g} / \text{m}^3$	60 $\mu\text{g} / \text{m}^3$
Dióxido de Enxofre SO ₂	24 horas ¹	365 $\mu\text{g} / \text{m}^3$	100 $\mu\text{g} / \text{m}^3$
	MMA ³	80 $\mu\text{g} / \text{m}^3$	40 $\mu\text{g} / \text{m}^3$
Monóxido de Carbono CO	1 hora ¹	40.000 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ 35 ppm	40.000 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ 35 ppm
	8 horas ¹	10.000 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ 9 ppm	10.000 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ 9 ppm
Ozônio O ₃	1 hora ¹	160 $\mu\text{g} / \text{m}^3$	160 $\mu\text{g} / \text{m}^3$
Fumaça	MAA ³	60 $\mu\text{g} / \text{m}^3$	40 $\mu\text{g} / \text{m}^3$
Partículas Inaláveis PM10	24 horas ¹	150 $\mu\text{g} / \text{m}^3$	150 $\mu\text{g} / \text{m}^3$
	MAA ³	50 $\mu\text{g} / \text{m}^3$	50 $\mu\text{g} / \text{m}^3$
Dióxido de Nitrogênio NO ₂	1 hora ¹	320 $\mu\text{g} / \text{m}^3$	190 $\mu\text{g} / \text{m}^3$
	MAA ³	100 $\mu\text{g} / \text{m}^3$	100 $\mu\text{g} / \text{m}^3$

1- Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

2 - Média Geométrica Anual

3 - Média Aritmética Anual

Fonte: FEEMA (2008)

O conhecimento das substâncias poluidoras e suas respectivas fontes faz com que se possibilite a criação de mecanismos capazes de reduzir tais externalidades e, em consequência, os prejuízos causados ao homem e a natureza.

Alguns dos poluentes, suas fontes e principais impactos gerados são apresentados no quadro 5.

Quadro 5 – Poluentes, origens das emissões e principais efeitos.

Poluentes	Fontes de Emissão	Efeitos à Saúde	Outros Efeitos
Partículas em suspensão (poeira)	Combustão incompleta originada da indústria, motores à combustão, queimadas e poeiras diversas.	Interfere no sistema respiratório, pode afetar os pulmões e todo o organismo.	Reduz a visibilidade, suja materiais e construções.
Dióxido de Enxofre SO₂	Queima de combustíveis fósseis que contenham enxofre, como óleo combustível, carvão mineral e óleo diesel.	Ação irritante nas vias respiratórias, o que provoca tosse e até falta de ar. Agravando os sintomas da asma e da bronquite crônica. Afeta, ainda, outros órgãos sensoriais.	Tóxico para as plantas, estraga pinturas, erosão de estátuas e monumentos, corrói metais, danifica tecidos, diminui a visibilidade, provoca chuva ácida.
Oxidos de Nitrogênio NO₂ e NO	Queima de combustíveis em altas temperaturas em veículos, aviões, fornos e incineradores.	Agem sobre o sistema respiratório, podendo causar irritações e, em altas concentrações, problemas respiratórios e edema pulmonar.	Tóxico para as plantas, causa redução no crescimento e na fertilidade das sementes quando presente em altas concentrações, causa coloração marrom na atmosfera, precursor da chuva ácida, participa do smog fotoquímico formando O ₃ .
Monóxido de Carbono CO	Combustão incompleta de materiais que contenham carbono, como derivados de petróleo e carvão.	Provoca dificuldades respiratórias e asfixia. É perigoso para aqueles que têm problemas cardíacos e pulmonares.	Desconhecidos.
Ozônio O₃	Não é um poluente emitido diretamente pelas fontes, mas formado na atmosfera através da reação entre os compostos orgânicos voláteis e óxidos de nitrogênio em presença de luz solar.	Irritação nos olhos e nas vias respiratórias, agravando doenças preexistentes, como asma e bronquite, reduzindo as funções pulmonares.	Danifica materiais como a borracha e a pintura, causa danos à agricultura e à vegetação em geral.

Fonte: FEEMA (2008) e Cavalcanti (2003).

Conforme apresentado, existem diversos impactos causados pela poluição atmosférica além dos danos à saúde. Os efeitos podem ser percebidos, por

exemplo, sobre a vegetação e os animais, já que quantidades de poluentes depositados na atmosfera podem levar a alterações nas características dos animais e das plantas.

No caso da vegetação, os efeitos podem ser visíveis ou não. A queda de folhas, a perda de aparência saudável, os danos visíveis aos brotos, a má formação, entre outros podem ser citados como danos visíveis. Já a redução do crescimento da planta e as mudanças no ciclo reprodutivo ilustram os impactos invisíveis.

Sejam visíveis ou não, esses danos causados à vegetação interferem no ciclo de vida das plantas e podem levar a prejuízos econômicos para a sociedade.

De outra forma, as plantas contaminadas pelos poluentes podem ser consumidas por animais comerciais ou pelo homem, levando ainda à ocorrência de danos a essas espécies.

A intensidade dos impactos causados pela poluição atmosférica dependerá da concentração das substâncias no ar. Adicionalmente, devem ser observados fatores como as condições meteorológicas e topográficas do local, que contribuirão para a dispersão mais rápida (ou não) das substâncias nocivas, sendo também responsáveis pela determinação da qualidade do ar. Assim, os efeitos poderão ser diferentes se comparadas regiões e condições distintas.

3.2 A Poluição do ar em Volta Redonda

Segundo estudo realizado pelo IBGE, Volta Redonda é a segunda cidade do Estado do Rio de Janeiro com o maior potencial poluidor, ficando apenas atrás da capital do estado (SOR et. al., 2008). Esse resultado se deve as atividades industriais concentradas na cidade, com destaque para as atividades de metalurgia e de minerais não metálicos.

Além dos poluentes emitidos pelas atividades industriais desenvolvidas na cidade e região, são emitidas grandes quantidades de poluentes devido ao intenso tráfego de veículos.

Sendo assim, as políticas de fiscalização e controle das atividades industriais e o monitoramento das condições ambientais são de extrema importância.

Na cidade, os níveis de poluição do ar são monitorados por três estações de monitoramento controladas pela CSN e pelo INEA, que é responsável pela análise dos dados e adoção de medidas que levem ao controle da emissão por parte dos agentes poluidores. A partir desses dados, são gerados boletins diários sobre as condições do ar.

As estações são capacitadas a medir os seguintes parâmetros: partículas totais em suspensão (PTS), Material Particulado (ou partículas inaláveis) (MP 10), dióxido de enxofre (SO_2), óxidos de nitrogênio (NO), dióxido de nitrogênio (NO_2), monóxido de nitrogênio, hidrocarbonetos totais, monóxido de carbono (CO), ozônio (O_3).

A figura 9 apresenta dados referentes às médias mensais de concentração de poluentes selecionados para o período de 2001 a 2007.

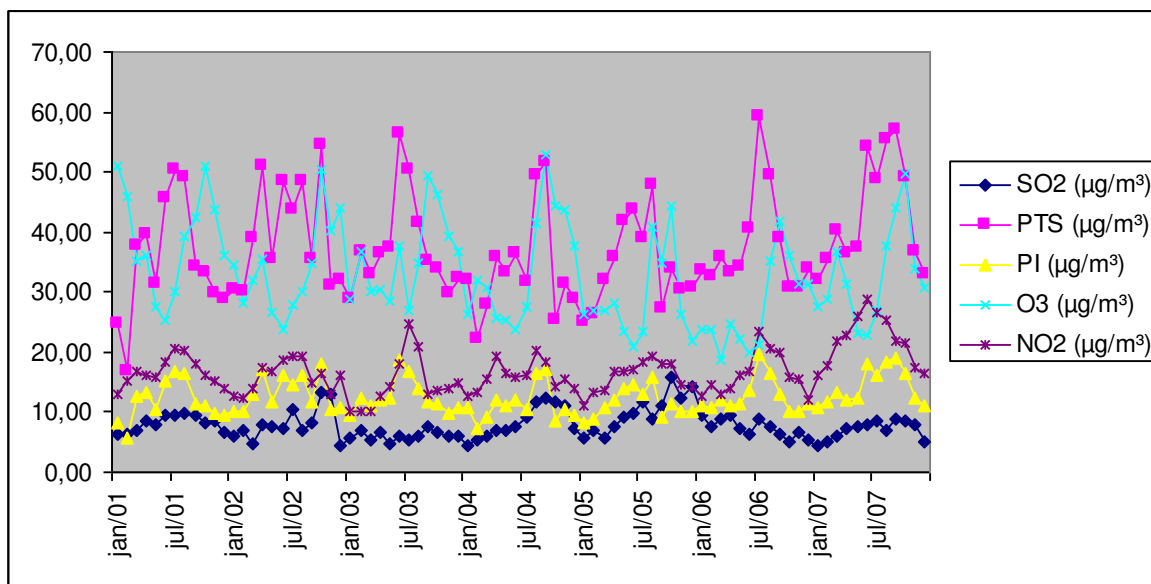


Figura 9 – Concentração mensal de poluentes entre 2001 e 2007 – Volta Redonda/RJ

Fonte: Elaborado com base nos dados fornecidos pelo INEA.

Uma primeira observação dos dados permite concluir sobre o comportamento sazonal das variáveis, sendo que as maiores concentrações médias dos poluentes SO₂, PTS, PM 10 e NO₂ ocorrem nos meses de inverno (21/06 a 23/09) e as menores nos meses do verão (21/12 a 21/03).

Tal sazonalidade se deve ao fato de que diferentes condições climáticas constituem condições mais ou menos favoráveis à dispersão de poluentes emitidos na atmosfera. Sendo assim, as quantidades de gases e partículas emitidas na atmosfera adicionam-se a fatores como as condições de temperatura, umidade, velocidade dos ventos, entre outras características, para a determinação da qualidade do ar.

A elevação dos níveis de poluentes na atmosfera geram diversos impactos na natureza (conforme já descrito anteriormente). A valoração dos mesmos faz-se necessária para que se criem bases para gestão consciente e eficiente dos recursos atmosféricos.

A valoração econômica dos impactos causados pela poluição atmosférica, de modo geral, é baseada na mensuração dos custos de saúde gerados pela mesma. No presente trabalho, será aplicado o método dos custos evitados (MCE) para estimar tal custo.

3.2.1 Valor Econômico do Ar pelo Método dos Custos Evitados (MCE)

Para que os gastos incorridos com o tratamento das doenças causadas pela poluição atmosférica sejam calculados tem-se, primeiro, que determinar uma função dose-resposta que possibilite a determinação do número de casos da doença que estejam associados à poluição atmosférica.

A estimação dessa função constitui-se num estudo ecológico de séries temporais, que se caracteriza por envolver um número de eventos ocorridos de uma determinada variável (por exemplo, doenças respiratórias), num dado período de tempo, em uma região geográfica definida. Seu objetivo principal é determinar

uma possível associação entre as variações na intensidade da exposição e na frequência das doenças (Morgenstern, 1982) ¹⁶.

No caso do presente estudo, se trata de avaliar a associação entre o número de casos de doenças respiratórias (variável dependente) com as concentrações dos poluentes selecionados emitidos na atmosfera e as condições de temperatura (variáveis independentes), através da estimação do modelo de Regressão de Poisson. Esse modelo é aplicável nos casos em que o regressando é do tipo contável (Gujarati, 2006).

O número diário de internações é um evento de contagem que, em geral, apresentam distribuição de Poisson, o que justifica a escolha do referido modelo para esse estudo.

A equação representativa para esse modelo é:

$$\ln \lambda_t = \alpha + \sum_{i=1}^m \beta_i X_{it} \quad (8)$$

onde $\ln \lambda_t$ é o logaritmo natural da variável dependente (no caso do presente estudo, o número diário de internações), X_{it} são as variáveis independentes, α e β_i são parâmetros a serem estimados (Kleinbaum et al., 1988).

O modelo de regressão de Poisson é um caso particular dos Modelos Lineares Generalizados (MLG), método selecionado para a estimação da função dose-resposta no presente trabalho¹⁷. A estimação será feita a partir do pacote estatístico SPSS, versão 18.0.

Esses modelos são uma extensão dos modelos de regressão linear e se diferenciam dos mesmos por permitir que a variável resposta do modelo venha de um universo que siga uma lei de distribuição da família exponencial.

¹⁶ Diversos estudos já foram realizados a partir da análise ecológica de séries temporais. Dentre esses estão Braga et. al. (1999), Cançado (2003), Coelho (2007), Conceição et. al. (2001), Saldiva et. al. (1995), Schwartz (1993), Schwartz (1994), Schwartz et. al. (1996).

¹⁷ Existem ainda trabalhos que utilizam os métodos aditivos generalizados (MAG) e outros que utilizam a Regressão Linear para a estimação de tal função. Para discussão acerca da seleção do método a ser adotado consultar, entre outros, Conceição et. al. (2001) e Simas (2003).

A variável representativa (AIH) dos casos da doença será o número de internações hospitalares para as doenças do Capítulo X – Doenças do aparelho respiratório¹⁸ - do Código internacional de Doenças (CID 10). O uso dessa variável se justifica pelo fato da inexistência de uma base de dados completa para todos os gastos realizados pelos indivíduos acometidos pelas doenças respiratórias.

Os dados utilizados referem-se aos casos de morbidade registrados pelo Sistema Único de Saúde (SUS), através do Datasus (Banco de Dados do Sistema Único de Saúde). Tais observações foram extraídas a partir dos registros de pagamentos efetuados pelo SUS. Dentre outras informações, tais registros contém a data de internação de cada paciente e a doença diagnosticada que justifica a internação.

Foram coletados dados referentes ao número diário de internações por doenças do aparelho respiratório na cidade de Volta Redonda no período de 01 de janeiro de 2005 até 31 de dezembro de 2007¹⁹. A série temporal da variável pode se observada na figura 10.

¹⁸ Faringite aguda e amigdalite aguda, Laringite e traqueíte agudas, Outras infecções agudas das vias aéreas superiores, Influenza [gripe], Pneumonia, Bronquite aguda e bronquiolite aguda, Sinusite crônica, Outras doenças do nariz e dos seios paranasais, Doenças crônicas das amígdalas e das adenóides, Outras doenças do trato respiratório superior, Bronquite, enfisema e outras doenças pulmonares obstrutivas crônicas, Asma, Bronquiectasia, Pneumoconiose, Outras doenças do aparelho respiratório.

¹⁹ Os dados que constam no registro se referem apenas aos casos atendidos pelos hospitais credenciados ao SUS, o que acarreta em subestimação de gastos.

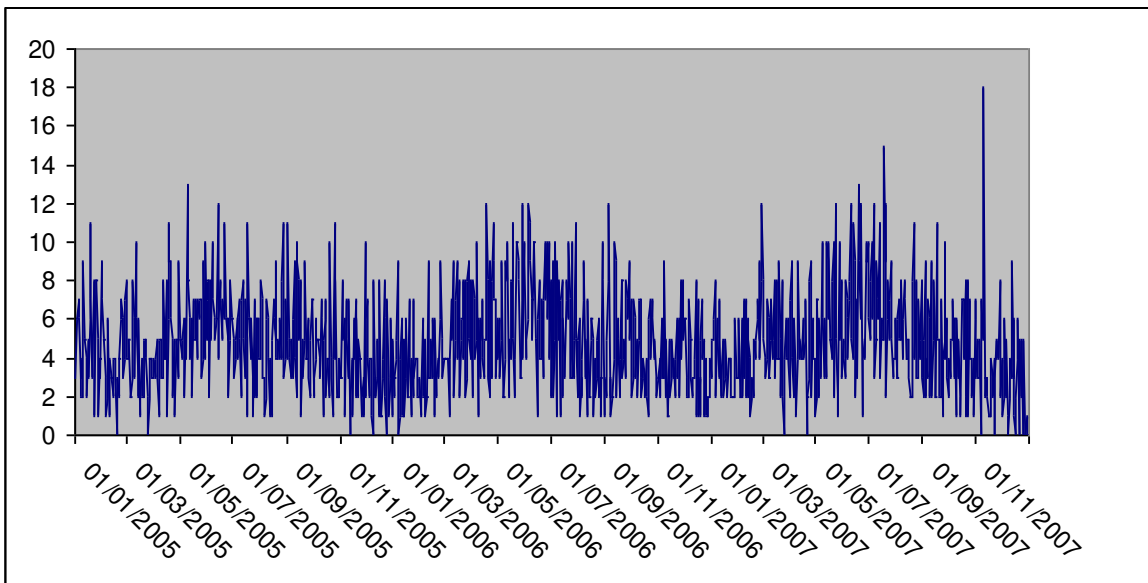


Figura 10 – Série Temporal de internações por doenças respiratórias na cidade de Volta Redonda/RJ no período de 01/01/2005 a 31/12/2007.

Fonte: Elaborado com base nos dados disponibilizados pelo Datasus.

O comportamento das internações por doenças respiratórias também apresenta sazonalidade. Os picos de internação ocorrem nos meses do outono e inverno, com máximas de atendimentos nos meses de junho, maio e julho, respectivamente. Esse comportamento pode ser observado na figura 11.

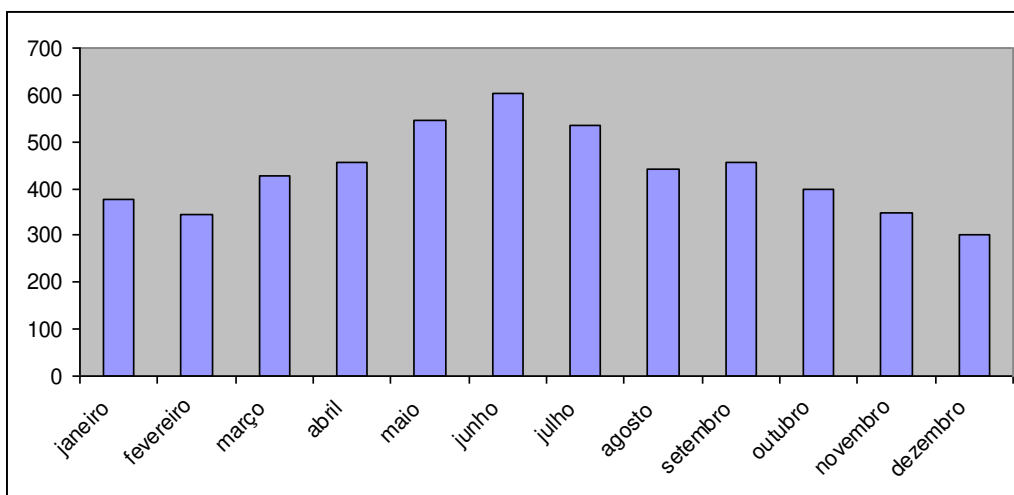


Figura 11 – Número de internações devido a doenças respiratórias, por mês de referência na cidade de Volta Redonda – 2005 a 2007.

Fonte: Elaborado com base nos dados disponibilizados pelo Datasus.

Nesses meses foram observadas as menores médias mensais de temperatura nos anos analisados, o que pode sugerir associação entre as AIH e a temperatura. Essa associação pode ser observada a partir da análise da figura 12.

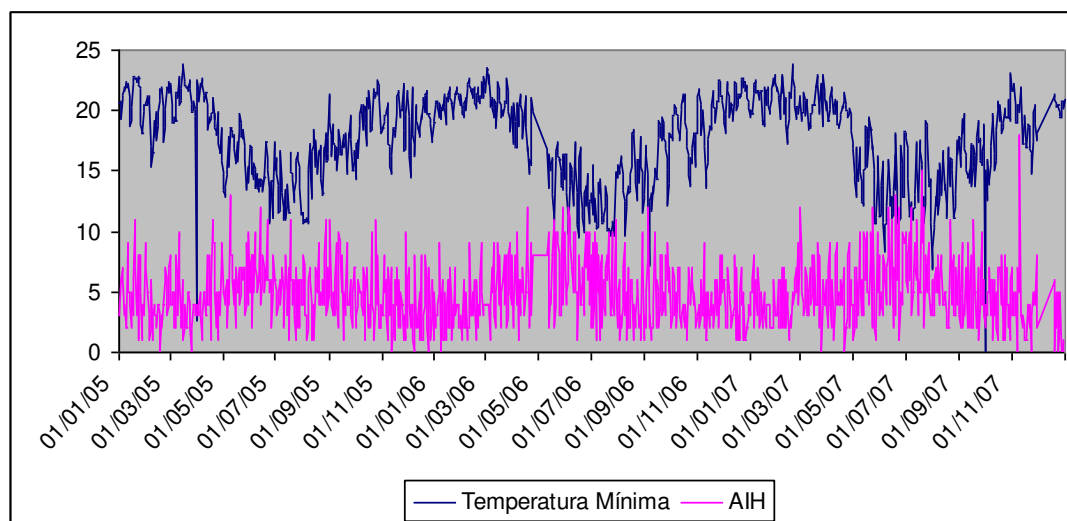


Figura 12 – Série temporal de Internações por doenças respiratórias e temperaturas mínimas em Volta Redonda no período de 01/01/2005 a 31/12/2007.

Fonte: Elaborado com base nos dados disponibilizados pelo INEA (temperatura) e Datasus (AIH).

Para a estimação da função dose-resposta foram consideradas como variáveis independentes as concentrações diárias médias dos seguintes poluentes: PTS($\mu\text{g}/\text{m}^3$), CO (ppm), PM-10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) e O₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)²⁰. Os dados diários referentes às concentrações de poluentes foram disponibilizados pelo INEA.

Foram incluídas como variáveis de controle:

- Mês (12 indicadores para meses do ano – 1 janeiro, 2 fevereiro, ...) e Dias da Semana (7 indicadores para dias da semana – 1 segunda-feira, 2 terça- feira, ...), a fim de controlar os efeitos da sazonalidade e a tendência;
- Temperatura Mínima (°C);
- Variáveis representativas dos referidos dias e dos *lags* (defasagem) dos poluentes, buscando comprovar a associação entre as interações por doenças respiratórias (ou as manifestações dos efeitos da poluição sobre a saúde) e a concentração de poluentes do referido dia e, também dos dias anteriores. Nesse estudo será analisada uma estrutura de defasagem variando de 1, 2, 3 e 7 dias.

As estatísticas descritivas para os poluentes e AIH estão apresentadas na tabela 9.

²⁰ Para contornar o problema do excesso de falhas na medição para os poluentes em alguma(s) das estações, foram selecionadas as observações de apenas uma estação para cada poluente. A seleção da estação foi feita com o objetivo da minimização do número de dados faltosos. PTS($\mu\text{g}/\text{m}^3$) = Estação Belmonte, CO (ppm), O₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) e Temperatura Mínima = Estação Santa Cecília, PM-10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) = Estação Retiro.

Tabela 9 - Análise descritiva dos poluentes e AIH

	Média		Desvio		
	Diária	Mediana	Padrão	Máximo	Mínimo
Internações				18	
(AIH)	4,78	4	2,66	(09/11/07)	0
PTS($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				160,9	15,1 (17/09/05
	55,65	51,0	23,08	(24/09/07)	e 30/10/05)
CO (ppm)				1,509	0,09
	0,377	0,340	0,19	(25/07/06)	(27/11/05)
PM-10				104,7	8,2
($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	29,5	26,9	11,88	(27/08/07)	(03/01/07)
O3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				82,5	2,7
	30,9	28,6	14,58	(16/09/2005)	(18 e 22/03/05)

Fonte: Elaborado a partir dos dados disponibilizados pelo INEA e Datasus.

Os dados analisados indicam que a concentração diária dos poluentes avaliados não ultrapassou o padrão diário determinado pela legislação (o que não quer dizer os níveis desses poluentes não contribuam para a elevação dos casos de doenças respiratórias).

A partir da determinação das variáveis que irão compor o modelo estimado, passou-se a análise das mesmas. O primeiro passo foi o cálculo da correlação de Pearson entre a variável dependente, AIH, e as variáveis ambientais (poluentes e temperatura).

Posteriormente, foram estimadas regressões de Poisson univariadas (sem a inclusão das variáveis de controle) para cada uma das variáveis propostas, com o objetivo de avaliar a possível associação entre as mesmas e a variável dependente AIH.

Os resultados da correlação e dos coeficientes da regressão estimados são apresentados na tabela 10.

Tabela 10 – Correlação de Pearson e resultado da regressão univariada para as variáveis selecionadas

Variável Independente		r (p)	Coeficientes de Regressão	
			α	β_1
PM10	dia	0,079*	1,458*	0,004*
PM10	lag1	0,092*	1,442*	0,004*
PM10	lag2	0,097*	1,440*	0,004*
PM10	lag3	0,096*	1,427*	0,005*
PM10	lag7	0,038*	1,487*	0,003*
CO	dia	0,093*	1,471*	0,249*
CO	lag1	0,102*	1,459*	0,273*
CO	lag2	0,130*	1,432*	0,344*
CO	lag3	0,118*	1,437*	0,340*
CO	lag7	0,047 ^{NS}	1,507*	0,167*
PTS	dia	0,102*	1,433*	0,002*
PTS	lag1	0,092*	1,445*	0,002*
PTS	lag2	0,103*	1,427*	0,002*
PTS	lag3	0,127*	1,388*	0,003*
PTS	lag7	0,075 ^{NS}	1,468*	0,002*

Obs.: * Significativo a 1%, NS – não significativo.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Os resultados apresentados indicam que as variáveis citadas têm associação com a variável dependente. As variáveis CO lag7 e PTS lag7, apesar de não apresentarem coeficientes de correlação significativos, apresentaram coeficientes significativos nas estimações das regressões univariadas e, por isso, foram incluídas no modelo multivariado.

A variável O₃ apresentou sinal negativo e não significância estatística para observações do dia da internação e para os dados defasados não sendo, então, inseridas como explicativas das internações associadas à poluição atmosférica.

Foi realizado ainda o teste de Kolmogorov-Smirnov para testar a não-normalidade das variáveis.

Após a seleção das variáveis que seriam inseridas no modelo, foi estimada a regressão de Poisson multivariada, a partir do modelo linear generalizado. Os resultados encontrados são apresentados na tabela 11.

Tabela 11 – Coeficientes de regressão e erro padrão para internações por doenças respiratórias no município de Volta Redonda, no período de jan/2005 a dez/2007, controlados para dia da semana, dias transcorridos, mês e temperatura mínima.

Variável Independente		Coeficientes de Regressão (β)	Erro Padrão
α	-	2,266*	0,1259
PM10	dia	-0,002 ^{NS}	0,0023
PM10	lag1	0,004**	0,0025
PM10	lag2	-0,002 ^{NS}	0,0025
PM10	lag3	0,001 ^{NS}	0,0023
PM10	lag7	-0,001 ^{NS}	0,0021
CO	dia	0,008 ^{NS}	0,1154
CO	lag1	0,037 ^{NS}	0,1239
CO	lag2	0,233**	0,1240
CO	lag3	-0,060 ^{NS}	0,1139
CO	lag7	-0,139 ^{NS}	0,1032
PTS	dia	0,001 ^{NS}	0,0012
PTS	lag1	0,004 ^{NS}	0,0013
PTS	lag2	0,001 ^{NS}	0,0012
PTS	lag3	0,001 ^{NS}	0,0012
PTS	lag7	0,002**	0,0011

Obs.: * Significativo a 1%, ** Significativo a 10%, NS – não significativo.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Conforme os resultados apresentados, tem-se que apenas as variáveis PM10 com a defasagem de um dia, a variável CO, com a defasagem de dois dias e a variável PTS com defasagem para 7 dias se mostraram significativas, indicando que, dentre os poluentes estudados, o monóxido de carbono, o Material Particulado (PM10, que são partículas suspensas menores que 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e as partículas totais em suspensão são os que mais afetam a contagem de internações por doenças respiratórias no período estudado. Infere-se ainda que as concentrações mais significativas são aquelas defasadas, indicando que os impactos da exposição humana aos poluentes não são percebidos imediatamente, mas após um lapso de tempo.

Esse resultado não indica que os outros poluentes não contribuam de alguma forma para a morbidade, mas apenas que os mesmos não se mostraram significativos estatisticamente.

Após a identificação das variáveis significativas, foi estimada uma regressão restrita, contendo apenas as variáveis de controle e as representativas da concentração de CO (*lag* 2), PM10 (*lag* 1) e PTS (*lag* 7). Os coeficientes estimados são mostrados na tabela 12.

Tabela 12 – Coeficientes de regressão e erro padrão do modelo restrito para internações por doenças respiratórias no município de Volta Redonda, no período de jan/2005 a dez/2007, controlados para dia da semana, dias transcorridos, mês e temperatura mínima.

	Variável Independente	Coeficientes de Regressão (β)	Erro Padrão
β_o	-	2,234*	0,1083
PM10	lag1	0,002 ^{NS}	0,0014
PTS	lag7	0,001 ^{NS}	0,0007
CO	lag2	0,227*	0,0819

Obs.: * Significativo a 1%.

Fonte: Dados da Pesquisa.

A estimação da equação restrita confirma a associação entre a morbidade e a concentração defasada do poluente CO, mas não apresenta significância da relação entre as internações e o PM10 e PTS.

Seguindo o mesmo princípio, foi estimada uma regressão contendo as variáveis de controle e a variável significativa CO (lag 2) (Tabela 13).

Tabela 13– Coeficientes de regressão e erro padrão do modelo restrito (CO lag 2) para internações por doenças respiratórias no município de Volta Redonda, no período de jan/2005 a dez/2007, controlados para dia da semana, dias transcorridos, mês e temperatura mínima.

Variável Independente		Coeficientes de Regressão (β)	Erro Padrão
β_o	-	2,332*	0,0973
CO	lag2	0,282*	0,0720

Obs.: * Significativo a 1%.

Fonte: Dados da Pesquisa.

A variável representativa da temperatura mínima (média diária) mostrou-se significativa em todas as estimações, comprovando sua associação com as doenças respiratórias.

A partir dos resultados encontrados, puderam ser quantificados os impactos do poluente (Monóxido de Carbono) sobre a saúde humana, através da análise dos níveis de internação por doenças respiratórias.

O primeiro resultado apresentado é do Risco Relativo (RR) que, nesse caso, se refere ao risco de elevação de internação hospitalar por doenças respiratórias. A estimativa do RR é dada por (Freitas et. al., 2002; Cançado, 2003):

$$RR = e^{\beta x} \quad (9)$$

Onde β é o parâmetro estimado pela regressão e X a variação de um interquartil (VIQ) nas concentrações de poluentes.

O intervalo de confiança do Risco Relativo é dado pela seguinte equação (Freitas et. al., 2002; Cançado, 2003):

$$IC_{95\%}(RR) = e^{[(\beta * \chi) \pm (1,96 * (ep(\beta) * \chi))]} \quad (10)$$

Onde ep é o erro padrão de β .

Os resultados para o RR e seu IC são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 14 – Risco Relativo e Intervalo de Confiança de internação hospitalar por doenças respiratórias relacionadas à variação interquartil do Monóxido de Carbono

Poluente	RR	Intervalo de Confiança (95%)
CO ppm lag 2	1,06438	(1,0316; 1,0980)

Fonte: Dados da Pesquisa

O resultado indica que as variações interquartil (0,221 ppm CO) aumentam o risco relativo das admissões hospitalares por doenças respiratórias.

Outra estimativa calculada foi a do acréscimo no número de internações dadas variações interquartil no poluente CO (lag2). Tal acréscimo pode ser estimado através da seguinte equação (Freitas et. al., 2002; Cançado, 2003):

$$A(\%) = (e^{\beta \chi} - 1) \times 100 \quad (11)$$

onde χ é a variação de um interquartil (VIQ) do poluente que se quer estimar e β é o parâmetro estimado pela regressão de Poisson.

Nesse estudo, a partir da aplicação da fórmula descrita, encontrou-se um acréscimo de 6,35%. Esse resultado indica que um aumento de 0,221 ppm de CO está associado a um acréscimo de 6,35% nas internações por doenças respiratórias.

A análise desses resultados confirma a associação entre as internações e a exposição à concentração de monóxido de carbono, já que a elevação da sua concentração eleva o número de internações por doenças respiratórias.

A partir dos resultados obtidos e visando cumprir o objetivo proposto (calcular os custos associados à poluição do ar) foi ainda calculado o número de

internações associadas à poluição do ar em Volta Redonda para o período estudado.

A estimativa do número de casos atribuíveis ao fator de risco (no caso a exposição ao poluente atmosférico) pode ser calculada a partir de (Freitas et. al., 2002; Camey, 2010):

$$\text{Estimativa do número de casos atribuíveis ao fator de risco (NA)} = \text{Risco Atribuível Populacional} \times \text{Número Total de Casos} \quad (12)$$

Sendo o risco atribuível populacional (RAP):

$$\text{RAP} = \frac{RR - 1}{RR} \quad (13)$$

Tem-se que:

$$\text{NA} = \frac{RR - 1}{RR} \times N \quad (14)$$

Onde: NA é o número de casos atribuídos à concentração do poluente analisado; RR é o risco relativo de internações devido à poluição e N é o número de internações por doenças respiratórias no período.

A partir da análise dos dados mensais de internação para o período desse estudo (jan/2005 a dez/2007), tem-se que 316 das 5.235 internações, ou 6%, das doenças respiratórias no período estão associadas aos níveis de CO encontrados na atmosfera (Tabela 15).

Tabela 15 – Internações atribuídas a exposição ao poluente CO durante o período de estudo

Poluente	
Ano	CO
2005	106
2006	106
2007	106
Total	316

Fonte: Dados da pesquisa.

Através do cálculo do número de internações associadas à poluição do ar pode-se estimar o custo dessa poluição, que seria encontrado através da multiplicação do valor médio da AIH pelo número de AIH. Esse procedimento e seu resultado são apresentados na tabela 16.

Tabela 16 – Estimativa do Custo associado à poluição do ar na cidade de Volta Redonda/RJ, nos anos de 2005, 2006 e 2007.

Ano	Total	Valor Médio AIH*	Valor Total
2005	105	R\$ 487,71	R\$ 51.209,55
2006	106	R\$ 507,56	R\$ 53.801,36
2007	106	R\$ 619,82	R\$ 65.700,92
Total	316		R\$ 170.711,83

* Valor médio das internações por doenças respiratórias segundo dados do Sistema Único de Saúde.

Fonte: Dados da pesquisa

Como pode ser observado na tabela 11, o custo associado à poluição atmosférica na cidade de Volta Redonda para o período de análise é de R\$ 170.711,83. Esse valor representa um custo que seria evitado caso a qualidade do ar fosse mantida, ou seja, não houvesse poluição em nível capaz de afetar a saúde humana.

Os resultados obtidos através desse estudo indicam que a poluição atmosférica na cidade de Volta Redonda, no período estudado, está relacionada a internações por doenças respiratórias, principalmente pela exposição dos indivíduos ao Monóxido de Carbono.

Como pode ser observado, o valor estimado pelo método como custo evitado caso houvesse manutenção da qualidade do ar é muito pequeno e acaba por subestimar o verdadeiro custo da poluição.

Além disso, a existência de correlação positiva entre as variáveis independentes (representativas dos poluentes – tabela 10) e os resultados encontrados em outros estudos²¹ indicam que os demais poluentes também estão associados às doenças respiratórias, apesar de não se mostrarem significativos nas análises estatísticas, o que também subestima o valor do recurso ambiental.

Em síntese, trata-se de um caso típico de dificuldade de estimativa da função dose-resposta. É preciso considerar ainda que as possíveis doenças associadas à poluição não são o único problema causado pela poluição do ar que apresentam impactos econômicos. Há outros, muitos desconhecidos, que poderiam ser observados através de uma avaliação ecossistêmica mais apropriada (essa discussão será apresentada no capítulo 5).

De qualquer modo, mesmo sabendo-se que os valores monetários apurados refletem apenas parte do valor econômico total, trata-se de uma valiosa informação para a formulação de políticas públicas que venham a ser tomadas com vistas a reduzir ou eliminar a poluição atmosférica na cidade de Volta Redonda.

²¹ Por exemplo: Freitas et. al. (2002), encontraram significância entre a associação de PM10 e as internações por doenças respiratórias na infância e a morte de idosos para a cidade de São Paulo. Schwartz et. al. (1996) encontraram associação entre admissões hospitalares e à exposição a níveis de O₃, PM10 e SO₂. Gouveia et. al. (2003) concluíram em seu estudo sobre o impacto de PM10, CO, SO₂ e NO₂ sobre doenças do aparelho circulatório e respiratório em crianças e idosos.

Capítulo 4

Dimensões do valor dos recursos naturais

Para a Economia Ecológica os estudos de valoração tomados como base para a decisão sobre a utilização dos recursos naturais devem contemplar outras dimensões do valor que não apenas a econômica, como é o caso dos estudos realizados a partir do arcabouço teórico da economia convencional.

O conhecimento acerca das funções e serviços fornecidos pelo ecossistema e das dimensões do valor a eles associados é fundamental para a realização de avaliações mais completas.

Além disso, a existência de diferentes parcelas de valor atribuídas aos recursos leva a necessidade do desenvolvimento de métodos capazes de captá-las, o que também constitui um problema para os estudiosos.

As seções nas quais se divide o presente capítulo buscam contribuir para o entendimento da problemática decisão de escolha de métodos capazes de captar os diversos aspectos relacionados ao valor ecossistêmico. Para tanto, são apresentados alguns dos elementos que compõe o ecossistema e alguns dos serviços prestados a partir da interação entre eles; a conceituação das dimensões do valor associados aos serviços ecossistêmicos, e finalmente, os métodos de avaliação propostos para captar estas dimensões.

4.1 Funções e Serviços Ecossistêmicos

A necessidade da determinação de um “ponto ótimo” de utilização dos bens e serviços fornecidos pelo meio ambiente demanda um profundo conhecimento acerca do que sejam e das relações que os permeiam. De Groot et. al (2002) apresentam uma estrutura conceitual e uma tipologia para descrever, classificar e avaliar as funções, os bens e os serviços do ecossistema. Para tanto, parte da definição de alguns conceitos que devem estar claros para a realização criteriosa de qualquer exercício de valoração.

Um dos principais conceitos formalizados é o de funções do ecossistema, definidas como “capacidade dos processos e componentes naturais de fornecer bens e serviços que satisfazem as necessidades humanas direta ou indiretamente”. Para estes autores, **“cada função é o resultado dos processos naturais do subsistema ecológico do qual ela faz parte”**, sendo os processos naturais **“um resultado de interações complexas entre componentes bióticos e abióticos dos ecossistemas através das forças dirigentes de matéria e energia”**.

Os conceitos apresentados pressupõem a existência de processos baseados na integração/interação complexa entre diversas partes de um todo, caracterizando como imprescindível à conservação das diversas “partes” com vistas à proteção das funções desenvolvidas pelo “todo”.

A classificação proposta apresenta os bens e serviços ambientais por grupos funcionais²². São basicamente quatro categorias primárias: Funções de regulação, Funções de Habitat, Funções de produção e funções de informação.

O grupo das funções de regulação se relaciona com a capacidade de regulação dos ecossistemas naturais sobre os processos ecológicos essenciais e os sistemas de apoio à vida através de ciclos bioquímicos e outros processos biosféricos, podendo cada função estar relacionada a um ou mais serviços ecossistêmicos.

²² Outros autores classificam ainda os bens e serviços ambientais por grupos organizacionais - relacionados à organização de entidades bióticas - Norberg (1999) e por grupos descritivos (Moberg e Folke, 1999). O Conselho de Avaliação Ecossistêmica do Milênio (2005) classifica-os a partir de linhas funcionais, através das categorias de abastecimento, regulação, culturais e de apoio. Além desses, Costanza et. al. (1997) apresentam um conjunto de 17 funções ecossistêmicas.

A função de regulação de gases, por exemplo, contribui para a manutenção da vida terrestre ao manter o ar limpo e respirável, além de ajudar na prevenção de doenças. Trata-se da capacidade de regulação dos gases existentes na atmosfera da Terra, que possibilita o equilíbrio da proporção CO_2/O_2 , a manutenção da camada de ozônio e a regulação dos níveis de SO_x . Sendo assim, processos que alterem a capacidade de regulação dos gases da atmosfera estarão afetando de maneira direta a possibilidade de vida saudável no Planeta.

Outra função de regulação é a regulação do clima, que é responsável pela manutenção de um clima favorável para a saúde humana, a produtividade das culturas, as atividades de recreação, etc. Enquanto os fatores que contribuem para a determinação do tempo e do clima forem degradados, a regulação do clima será prejudicada e, em consequência, toda a gama de serviços prestados por ela.

No grupo de regulação encontram-se ainda as seguintes funções: Prevenção de distúrbios, Regulação da água, Suprimento de água, Retenção do solo, Formação do solo, Ciclo do Nutriente, Tratamento de água, Polinização, Controle Biológico.

Os ecossistemas também são responsáveis pelo fornecimento de espaço adequado à reprodução e manutenção da vida das plantas e animais, dando origem às funções do habitat, que se dividem em função de refúgio e função de berçário.

As funções de produção estão relacionadas aos recursos bióticos, que podem ser manipulados para que deles possam ser extraídas maiores quantidade de produtos naturais. Os alimentos (fornecimento de plantas e animais comestíveis), as matérias-primas (madeira e fibras, compostos bioquímicos ou biodinâmicos, lenha, matéria orgânica, entre outros), os recursos genéticos (insumos genéticos que possibilitam o desenvolvimento de culturas), recursos medicinais (fornecimento de drogas que podem ser usadas como remédios e produtos farmacêuticos) e recursos ornamentais são produtos fornecidos pelos ecossistemas.

O último grupo apresentado engloba a função de informação, de onde são derivados o fornecimento das oportunidades de enriquecimento espiritual, desenvolvimento mental e lazer.

Os ecossistemas fornecem os serviços de informação estética, além de áreas para recreação e ecoturismo, sendo essas áreas capazes de estimular a inspiração cultural e artística, podendo oferecer informações espirituais, histórias, científicas e educacionais.

Todas essas funções desempenhadas contribuem de alguma forma para o bem-estar humano através dos bens e serviços por elas gerados. Por bem-estar humano entende-se um conjunto de componentes onde estão, em destaque, a segurança, bens materiais básicos para uma boa vida, saúde, boas relações sociais (aqueles relacionados aos valores estéticos, espirituais, culturais e os educacionais), liberdade e opções (AM, 2005).

Mesmo que de formas ou em níveis diferentes²³ os serviços ecossistêmicos são determinantes para o fornecimento direto ou indireto dos recursos necessários à manutenção do bem-estar humano. Alguns dos vínculos das funções de regulação da água e do ar com o bem-estar humano são apresentados na Figura 13²⁴.

²³ A percepção de bem-estar está relacionada a diversos fatores como geografia, cultura, renda, fatores culturais, entre outros.

²⁴ Uma relação mais completa das funções ecossistêmicas e seus vínculos com o bem-estar humano consta de AM (2005).

Função do Ecossistema	Serviço do Ecossistema	Exemplo	
Regulação da água	Regulação dos Fluxos Hídricos	Provisionamento de água para processos agrícolas, industriais.	Saúde: Possibilidade de estar livre de doenças evitáveis. Segurança: Possibilidade de viver em local limpo e seguro. Bens materiais básicos: Possibilidade de acesso a recursos que permitam ter uma renda e ganhar a vida. Boas Relações Sociais: Oportunidade de expressar valores estéticos e recreativos e de observar e aprender com o ecossistema.
Regulação do ar	Regulação da função atmosférica química	Possibilita o equilíbrio da proporção CO ₂ /O ₂ , a manutenção da camada de ozônio e a regulação dos níveis de SO _x .	

Figura 13 – Algumas funções e serviços ecossistêmicos com o bem-estar humano

Fonte: Elaborado com base em Costanza et. al (1997), De Camargo et al (2005).

Diante da complexidade dos ecossistemas e de sua evidente importância para o bem-estar humano se pode avaliar a necessidade de melhor gerenciamento dos mesmos. Ao se conhecer melhor as funções ecossistêmicas e os bens e serviços por elas gerados tem-se alguma noção acerca dos verdadeiros impactos nocivos gerados por sua degradação. Diz-se alguma noção porque tais impactos ainda não são conhecidos em sua totalidade devido à incerteza que permeiam os ecossistemas.

4.2 Conceitos de valor do Ecossistema

A avaliação ecossistêmica que permite melhor identificar as funções e serviços fornecidos pelo ecossistema torna mais complexo o ato de valoração de um dado recurso natural.

A figura 14 apresenta um esquema indicando as relações entre a estrutura ecossistêmica; as funções, os bens e os serviços por ela gerados; o valor associado a cada uma delas e sua relação com as ações humanas, segundo De Groot, et al. (2002).

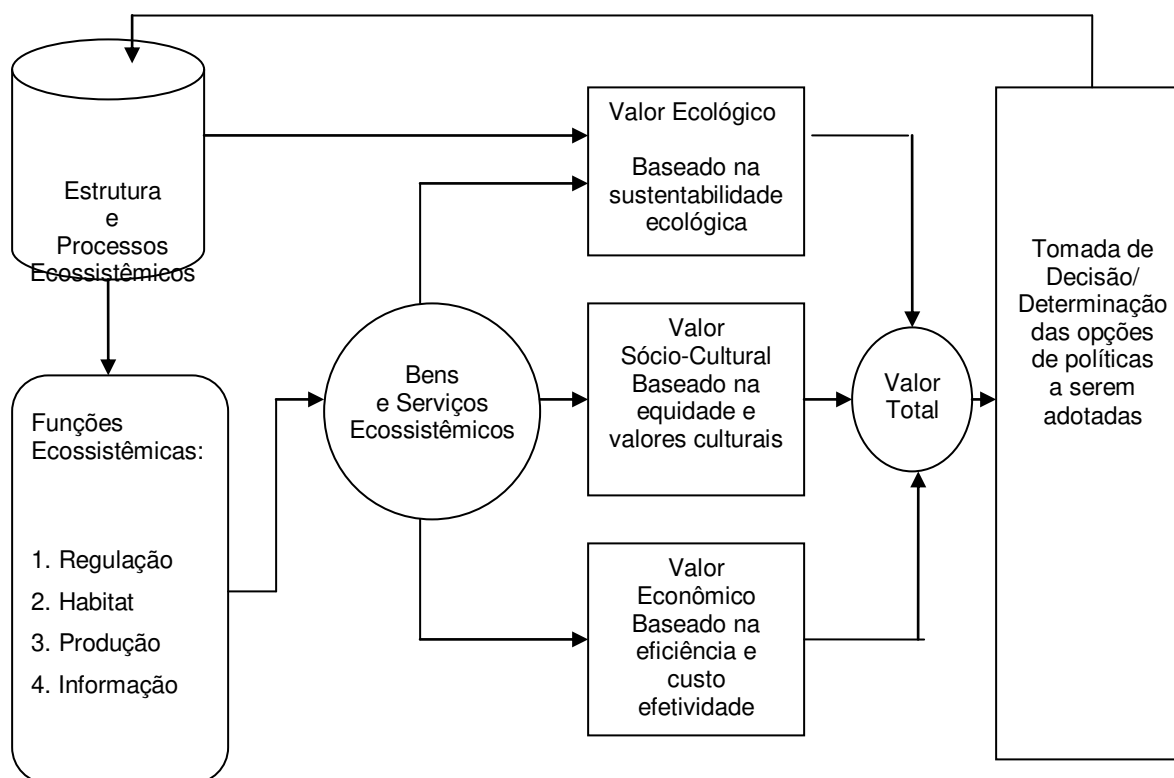


Figura 14 – Estrutura das “partes” integradas e valoração das funções e dos bens e Serviços Ecosistêmicos.

Fonte: De Groot et. al. (2002)

O esquema apresentado ilustra de que maneira a estrutura ecossistêmica fornece bens e serviços que podem ser valorados, criando uma base mais sólida para a adoção de políticas públicas.

Em primeiro lugar, mostra claramente que existem outras dimensões de valor a serem consideradas além da econômica; dimensões estas ecológicas e sócio-culturais, muitas vezes não passíveis de valoração monetária.

Em segundo lugar, a própria dimensão econômica dos valores em jogo pode ser melhor mensurada na medida em que a avaliação ecossistêmica revela a existência de outros serviços ecossistêmicos além daqueles que são revelados por uma avaliação superficial.

A dimensão ecológica do valor (Valor Ecológico) expressa a importância da integridade da estrutura ecossistêmica para o fornecimento de bens e serviços a ela associados.

A partir desse conceito, o ecossistema tem valor por permitir que as estruturas ecossistêmicas interajam e permitam o fornecimento de seus bens e serviços, o que não seria possível caso houvesse destruição dessa estrutura.

A magnitude então, do valor ecológico, pode ser expressa por indicadores como a diversidade das espécies, a raridade, a integridade do ecossistema, a complexidade, etc.

A consideração dos limites sustentáveis de utilização dos ativos ambientais, que contribuiria para a preservação das estruturas e funções ecossistêmicas é imprescindível no processo de tomada de decisão quanto ao uso dos recursos (De Groot. et. al, 2002).

Os ecossistemas prestam ainda *“um importante papel para a identidade cultural e moral das sociedades e estão em íntima sintonia com valores éticos, espirituais, históricos e artísticos de determinadas sociedades, o que faz com que os mesmos sejam por elas valorados, mesmo em casos em que os serviços ecossistêmicos não contribuem diretamente para o seu bem-estar material”* (Andrade e Romeiro, 2009, pág. 30).

Esse é o **valor sócio-cultural** atribuído aos ecossistemas, que está associado principalmente à função de informação descrita na seção anterior.

O conhecimento das funções ecossistêmicas e dos valores associados a elas permite a realização de estudos de valoração mais completos e, portanto, capazes de orientar o processo de tomada de decisões que leve em conta o risco de perdas irreversíveis potencialmente catastróficas. Os exercícios de valoração que não contemplem tais aspectos deverão ser utilizados com restrições (ou seja, devem ser considerados como resultados que refletem parcialmente o valor do

recurso avaliado) como base para a tomada de decisão acerca da alocação dos recursos naturais.

A incorporação de tais dimensões do valor nos estudos de valoração ambiental demanda a aplicação de métodos que, de alguma maneira, consigam captá-las.

Para Pearce e Turner (1990) os valores ambientais podem estar associados às preferências individuais, às preferências públicas e aos sistemas e processos físicos. Essas associações podem determinar, portanto, a escolha dos métodos a serem aplicados para a captação do valor (Figura 15).

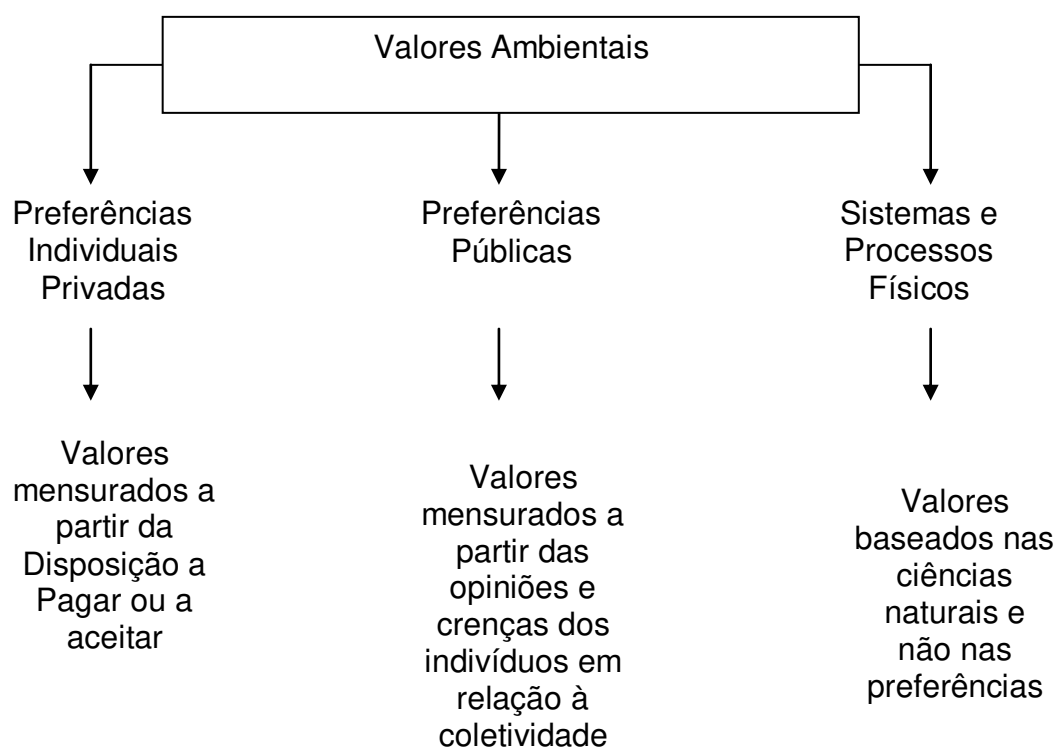


Figura 15 – Relações dos Valores ambientais

Fonte: Pearce e Turner (1990)

Os valores associados às preferências individuais são aqueles passíveis de captação a partir da aplicação dos métodos convencionais de valoração econômica ambiental (apresentados no anexo I), baseados no comportamento observado nos mercados ou através da manifestação da disposição a pagar (ou a aceitar uma compensação) dos indivíduos.

Outras preferências consideradas nos estudos de valoração são as públicas. A partir das discussões de grupos de indivíduos e da construção de consenso acerca de problemas ambientais pode ser captada uma parcela importante do valor ambiental.

A obtenção de valores a partir da análise dos processos naturais tenderia a considerar a importância dos recursos naturais e ecossistemas em detrimento das questões apenas econômicas.

Os métodos aplicados, nesse caso, deveriam ser baseados nas leis da termodinâmica, na capacidade de carga ecológica, na diversidade das espécies, espécies-chave, resiliência dos ecossistemas, integridade ecossistêmica, etc, desconsideram-se as preferências.

A partir do esquema apresentado pelos autores pode-se observar uma indicação das bases em que se deve apoiar para a determinação de todas as dimensões do valor associadas aos recursos naturais.

De maneira mais completa Costanza (2000), além de discutir a base de preferências sob a qual os estudos de valoração devem ser feitos e os métodos específicos para sua captação, faz a associação entre as mesmas e os três objetivos propostos pela economia ecológica: a escala sustentável, a distribuição justa e a alocação eficiente dos recursos naturais (Quadro 6).

Quadro 6 – Valoração dos serviços Ecossistêmicos baseada nos três objetivos primários: a Eficiência, a Justiça e a Sustentabilidade

Objetivo ou base de valor	Base da Preferência	Nível de discussão requerido	Nível de informação científica requerida	Métodos Específicos
Eficiência	Preferência individual corrente	Baixo	Baixo	Disposição a pagar
Justiça	Preferência da Comunidade	Alto	Médio	“Véu da Ignorância”
Sustentabilidade	Preferência “Whole System”	Médio	Alto	Modelagem e Precaução

Fonte: Costanza e Folk (1997)

O valor econômico, segundo o esquema, deve ser associado à eficiência alocativa, podendo ser determinado através da captação das preferências individuais atuais, sob a forma de sua disposição a pagar pelo bem ou serviço em questão, seja no mercado real (caso haja mercado para tal bem) seja no mercado hipotético (caso contrário) Costanza (2000).

O valor sócio-cultural está associado à justiça distributiva quanto ao acesso aos recursos naturais; no processo de captação dessa dimensão de valor os indivíduos deveriam votar em suas preferências como membros de uma comunidade e não apenas baseados na preferência individual.

Isso deveria ser feito, segundo Costanza (2000), através da discussão e chegada de consenso entre os membros da comunidade, tomando-se como base as informações existentes sobre consequências futuras do uso do recurso em questão.

O mecanismo utilizado para conduzir tal processo seria o do “véu da ignorância”, que impediria opiniões individuais oportunistas, já que através dele todos os indivíduos votariam sem saber qual seu real *status* individual, na sociedade atual ou futura (Rawls, 1971).

Segundo Rawls (1971, pág 12), “uma vez que todos os participantes estão em situação semelhante e que ninguém está em posição de designar princípios que beneficiem a sua situação particular, os princípios da justiça são o resultado de um acordo ou negociação equitativa”.

Por fim, é apresentado o valor ecológico, que está associado à sustentabilidade. A avaliação desta (sustentabilidade) seria feita a partir das informações geradas pelo estado das artes do conhecimento científico disponível (avaliação ecossistêmica).

Segundo o autor, essa avaliação deveria, então, ser feita a partir das informações geradas por modelos de simulação (modelagem ecossistêmica)²⁵ e

²⁵ A discussão sobre a aplicação da modelagem ecossistêmica nos estudos de valoração econômica ambiental pode ser vista em Andrade (2010) e subseção 4.4.1 desta tese.

através da discussão comunitária, devendo ser considerado também o Princípio da Precaução.

Fica clara, portanto, a importância da consideração das diferentes dimensões de valor no processo de valoração e de que maneira a captação das mesmas pode contribuir para o atendimento dos objetivos propostos pela economia ecológica. Costanza (2000) coloca ainda que a agregação desses objetivos depende, além do nível de informação científica existente, de um processo de formação de valor e análise o mais participativo e democrático possível.

Dada a evidência da existência e da necessidade de captação de valores que têm bases diferentes, torna-se necessária a discussão de métodos capazes de fazê-lo. Na próxima seção serão apresentados alguns dos métodos de valoração que podem ser aplicados com vistas a captar as diferentes dimensões do valor.

4.3 As dimensões do valor e os métodos de valoração²⁶

A mensuração de todas as dimensões do valor depende de uma prévia avaliação acerca dos serviços prestados pelo ecossistema objeto do estudo, para que seja possível a atribuição de cada tipo de valor associado a esses ecossistemas e, a partir daí, dar-se início ao processo de escolha dos métodos capazes de captá-los.

4.3.1. O valor econômico e os métodos de valoração econômica

Os métodos convencionais de valoração (apresentados no anexo I) foram desenvolvidos para captar o valor econômico do meio ambiente associado à sua utilidade.

Através da aplicação de um destes métodos, a Valoração Contingente, pode-se ainda atribuir um valor monetário ao que se considera um valor intrínseco,

²⁶ Esta seção não pretende esgotar a totalidade dos métodos capazes de captar os valores dos serviços por ela prestados, apesar de discutir a grande maioria deles.

de existência, de dado recurso natural ao qual não se vislumbre nenhuma utilidade.

Valor de uso direto	Valor de uso indireto	Valor de opção	Valor de existência
Produtividade marginal, Custos evitados, Gastos defensivos, Custos de controle, Preços hedônicos, Custo de viagem, Valoração contingente.	Produtividade marginal, Custos evitados, Gastos defensivos, Custos de controle, Valoração contingente.	Produtividade marginal, Custos evitados, Gastos defensivos, Custos de controle, Valoração contingente.	Valoração Contingente

Esses métodos têm por base as preferências individuais, sejam essas reveladas indiretamente através dos mercados ou captadas diretamente a partir da aplicação de métodos de disposição a pagar ou aceitar.

As aplicações, vantagens e desvantagens desses métodos amplamente utilizados encontram-se no Anexo I deste trabalho.

Cabe destacar aqui, uma outra abordagem metodológica baseada nas preferências individuais que vem ganhando importância nos estudos de avaliação ecossistêmica: Análise Conjunta (*Conjoint Analysis*). Segundo Liu et. al (2010), esta abordagem permite captar o valor de mudanças marginais nas características dos recursos naturais, possibilitando ainda a identificação de suas taxas marginais de substituição entre qualquer par de atributos que diferenciam as alternativas. Nele, o indivíduo é convidado a escolher entre alternativas preferidas dentre um determinado conjunto de hipóteses alternativas, cada um representando um conjunto de diferentes atributos ambientais.

Entre as técnicas que permitem a aplicação dessa metodologia estão a *Rating* Contingente, a *Ranking* Contingente e a “*Choice Based*”.

O método *Rating* Contingente consiste na apresentação de um conjunto de atributos ao indivíduo para que o mesmo possa, através da atribuição de notas (a partir de uma escala pré-estabelecida), expressar suas preferências.

No caso da técnica *Ranking* Contingente se oferece ao indivíduo um conjunto de alternativas, que contém, cada uma, um conjunto de diferentes atributos e, para cada atributo, geralmente, é conferido um determinado preço (Faria e Nogueira, 1998). O indivíduo deverá ordenar suas preferências da mais desejada até a menos desejada, de maneira sequencial (exemplo: 1- o que mais deseja, 2- segundo na preferência, e assim sucessivamente) (Benitez, 2005).

Finalmente, no caso do método *Choice Based* o consumidor deve escolher entre dois conjuntos de atributos apresentados de acordo com sua preferência. Esse procedimento deve ser repetido sucessivamente com a apresentação de novos conjuntos. Os atributos apresentados são comuns em todas as alternativas, sendo que seus níveis variam em cada uma das alternativas de acordo com delineamento experimental (Mogas et. al., 2006).

A abordagem da avaliação conjunta apresenta as mesmas limitações da valoração contingente, por estarem baseadas na determinação das preferências individuais e dependerem da criação de cenários completos que descrevam diferentes condições dos serviços ecossistêmicos.

Entretanto, segundo Liu et. al (2010), ela apresenta vantagens como possibilitar a avaliação multi-atributo e a consideração de aspectos que não apenas os monetários no processo de avaliação tendo, portanto, resultados mais completos que os de valoração contingente tradicionais²⁷.

4.3.2 O valor sócio-cultural e os métodos de valoração sócio-cultural

²⁷ Sendo um método que avalia diferentes atributos, não se pode associá-lo apenas à captação do valor econômico.

Segundo a Avaliação Ecosistêmica do Milênio – AM (2005), os valores sócio-culturais podem ser, em parte, captados pelos métodos baseados nas preferências individuais (métodos convencionais). Entretanto, na medida em que alguns ecossistemas são essenciais para a própria identidade de um povo, tais técnicas não captam completamente esta dimensão de valor sócio-cultural, sendo necessários métodos baseados na discussão pública, ao invés daqueles baseados nas preferências individuais.

A valoração de grupo é um dos métodos que permite a construção de um consenso que facilite a gestão dos recursos ambientais. Este método é baseado na discussão comunitária sobre a melhor utilização dos recursos naturais.

Segundo Jacobs (1997), esse mecanismo consiste na reunião de pequenos grupos de debate (*small groups*) que, a partir da análise das informações acerca dos recursos naturais decidem, de modo a atender a necessidade da sociedade como um todo, e não apenas nas preferências individuais, o que deve ser feito a respeito dos mesmos.

Farber et. al. (2002) enfatizam que o “discurso aberto é assumido para realizar uma “função corretiva” (*corrective function*), quando cada cidadão sozinho tem apenas informações incompletas, mas atuando em conjunto com outros podem juntar uma imagem mais completa do verdadeiro valor social dos bens e serviços ecossistêmicos.”

Os autores citam ainda Buchanan (1954), que afirma que a discussão em grupo pode mudar valores individuais, fazendo com que as preferências individuais deixem de ser fixas, o que resolveria um dos problemas de se basear em métodos que consideram as preferências fixas para a determinação do valor.

Conforme argumenta Costanza (2000), se as preferências individuais mudam (em resposta à educação, à propaganda, à pressão visual, etc.) o valor não pode se originar completamente dessas preferências, devendo-se abandonar a chamada “soberania do consumidor”.

Para Liu et. al. (2010), os métodos baseados na discussão democrática são extremamente úteis na avaliação dos serviços ecossistêmicos pois podem abordar o objetivo da equidade.

4.3.3 O valor ecológico e os métodos de valoração ecológica

A captação do valor ecológico dos recursos ambientais é uma das mais complexas tarefas, já que a sustentabilidade, associada a essa dimensão do valor é permeada por incertezas, falta de conhecimento científico, questões éticas, etc.

A seleção de métodos que possam contribuir para a avaliação dessa dimensão do valor deve considerar a importância da construção do conhecimento acerca dos recursos naturais objetos do estudo proposto, devendo ser descartados aqueles baseados nas preferências individuais. As preferências públicas podem, segundo Pearce e Turner (1991) contribuir para a determinação de tal valor.

Dentre esses métodos encontram-se aqueles baseados nos processos naturais (como alguns baseados na avaliação do recurso a partir do fluxo energético do mesmo) e outros que contam com o conhecimento de especialistas para formar uma diretriz para a gestão ambiental.

Qualquer que seja o método empregado, a modelagem ecossistêmica constitui uma ferramenta imprescindível para a determinação da escala sustentável de uso dos recursos naturais e seus impactos sobre o estoque de capital natural existente.

É imprescindível também para apoiar uma decisão de não-uso com base no Princípio da Precaução²⁸.

A seguir serão apresentados alguns métodos e conceitos importantes para a captação da dimensão do valor ecológico.

²⁸ O **Princípio da Precaução** foi definido na Conferência Rio 92 como a “*garantia contra os riscos potenciais que, de acordo com o estado atual do conhecimento, não podem ser ainda identificados. Este princípio afirma que a ausência da certeza científica formal, a existência de um risco de dano sério ou irreversível requer a implementação de medidas que possam prever esse dano*”.

A partir desse conceito, tem-se que, na falta de conhecimento que permita a gestão responsável dos recursos naturais deve-se sempre considerar a precaução. É certo que, a consideração desse princípio, não indica sempre a preferência pela não utilização do recurso, mas aponta para a necessidade de maiores estudos e da escolha de possíveis alternativas de utilização, para que sejam evitados o quanto possível maiores danos potencialmente catastróficos.

A) Métodos baseados na Opinião de Especialistas

A necessidade de tomada de decisões *ex ante* perante cenários complexos e cheios de incerteza, sem informações completas sobre os recursos ambientais e diante da necessidade da agregação nesse processo de diversas variáveis qualitativas torna importante a operacionalização de métodos baseados na opinião de especialistas.

Esses métodos devem ser utilizados sempre que a informação não puder ser quantificada ou quando os dados históricos não estão disponíveis ou não são aplicáveis. Mesmo que existam dados aplicáveis, a opinião dos especialistas deverá ser sempre utilizada de maneira complementar nos processos decisórios (Coelho, 2003).

Os resultados desses estudos podem ser baseados na opinião de um ou mais especialistas, através da aplicação de diversos métodos como: Método Delphi, Painel de Especialistas, *Surveys*, Avaliação Individual, entre outros.

O método utilizado deverá ser escolhido a partir do objetivo do estudo proposto, da disponibilidade de recursos para sua execução, da existência de especialistas dispostos a participar do projeto, etc.

Nesta seção serão apresentados de maneira resumida dois desses métodos: O Painel de Especialistas e o Método Delphi.

A.1) Painel de Especialistas²⁹ (Painel de Experts)

Trata-se de um método que permite que especialistas possam chegar a conclusões e recomendações sobre determinado assunto através do consenso. Pode ser aplicado, entre outros casos, para o auxílio aos avaliadores nas suas conclusões sobre um assunto em avaliações complexas, além de prestar assistência na esquematização das conclusões finais relacionadas com os possíveis impactos de um programa, no caso de avaliação *ex ante*.

²⁹ Elaborado a partir de Europeaid (2006).

Os especialistas são escolhidos a partir da análise de critérios como a experiência profissional, a independência em relação ao programa sob avaliação e a habilidade de trabalhar em grupo.

Para que o painel seja desenvolvido de maneira satisfatória, durante sua estruturação devem ser considerados alguns elementos como o âmbito do projeto, o grau de controvérsia, os dados disponíveis, as incertezas e o número de disciplinas exigidas.

A partir da escolha dos participantes, são agendadas reuniões de discussão entre o grupo e traçadas as diretrizes a serem cumpridas durante o projeto, trabalho guiado pelo presidente do painel.

Segundo Coelho (2003) os painéis permitem uma grande interação entre os participantes e garante uma representatividade mais equilibrada de todos os segmentos interessados: empresas, academia, terceiro setor e governo.

Outras vantagens citadas são a redução significativa de tempo, eficácia dos custos, credibilidade das conclusões e adaptabilidade a uma variedade de situações encontradas na avaliação.

Como fatores limitantes são apresentados a possibilidade de exclusão das opiniões minoritárias (pelo fato da metodologia propor o consenso), pois pode haver demasiada influência de um especialista dominante no painel, além dos especialistas poderem tender a ir além do seu campo de competência.

A.2) Técnica Delphi

Este método constitui na aplicação de um questionário interativo (com respostas quantitativas e qualitativas), que circula diversas vezes entre especialistas, preservando o anonimato das respostas individuais. As respostas são tabuladas e enviadas aos participantes na rodada seguinte, para que o mesmo possa avaliar suas respostas à luz das respostas dos demais especialistas e modificá-las caso considere necessário (Wright e Giovinazzo, 2000).

Segundo Coelho (2003), o método Delphi vem sendo utilizado para solucionar incertezas sobre condições e tendências futuras, tendo maior

aplicabilidade em casos envolvendo questões científicas, tecnológicas e sociais, simultaneamente. Suas etapas de aplicação são apresentadas na Figura 16.

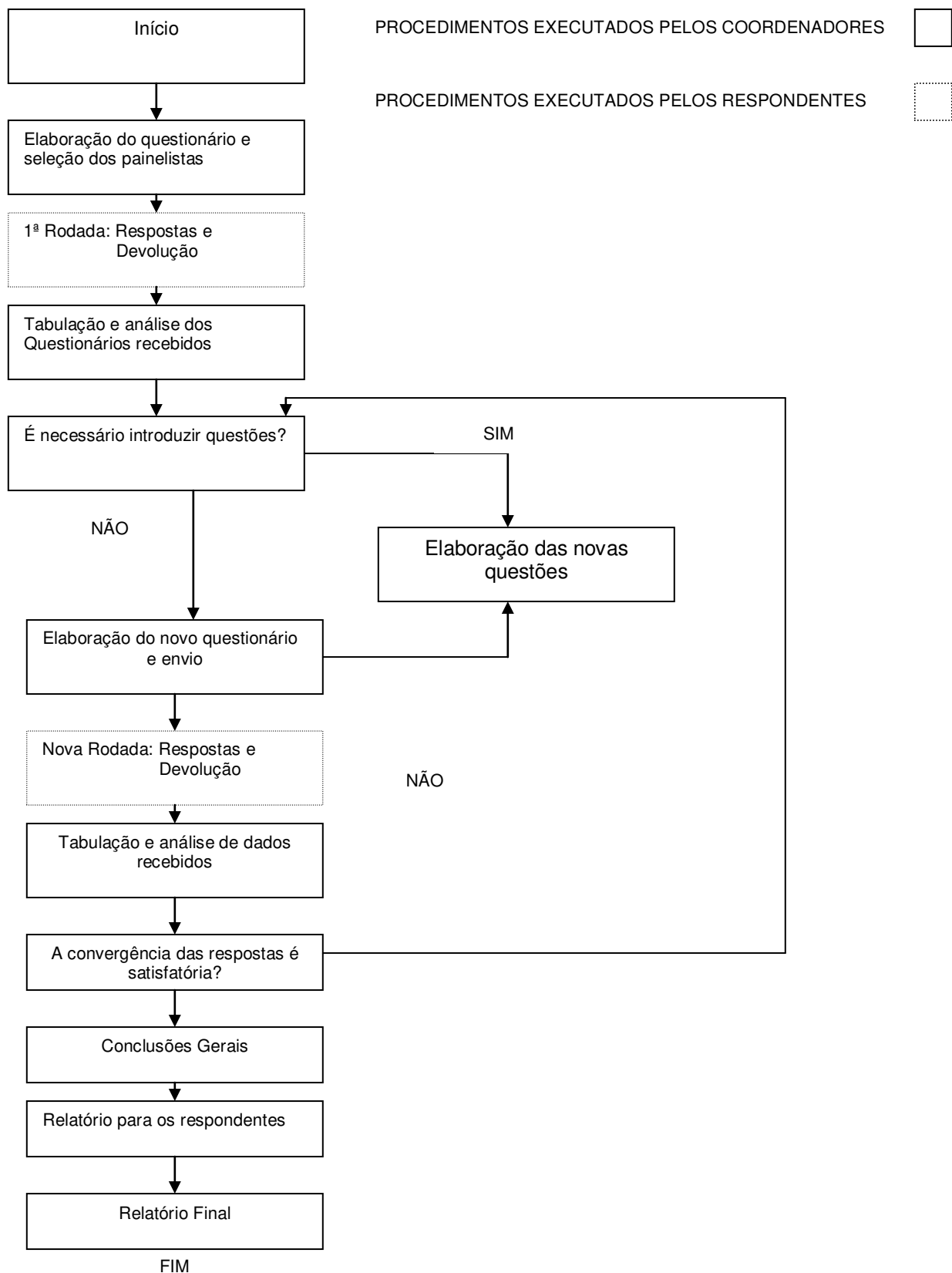


Figura 16- Sequência de execução de uma Pesquisa Delphi
Fonte: Wright e Giovinazzo (2000)

resultados obtidos eles devem ser considerados durante a elaboração e execução do projeto (Wright, 1986).

Alguns dos problemas encontrados na aplicação do Painel de Especialistas poderiam ser resolvidos com a aplicação da metodologia Delphi, como a existência de um especialista dominante em relação aos demais (devido o anonimato) e a redução dos custos com deslocamento de pessoal. Outro fator positivo seria a necessidade de formalizar as opiniões de forma escrita, o que demanda um maior esforço de reflexão e cuidado com as respostas por parte do especialista.

B) Métodos baseados em processos biofísicos

Os métodos baseados nos processos biofísicos permitem o cálculo do valor dos recursos naturais a partir da energia incorporada pelos mesmos nos processos ecológicos e/ou econômicos dos quais fazem parte.

Por não levarem em conta as preferências individuais ou coletivas em sua avaliação, se isentam de diversas críticas direcionadas aos métodos anteriormente descritos.

A seguir serão apresentados de maneira muito resumida dois métodos aplicados para captar o valor ecossistêmico dos recursos naturais, sua aplicabilidade e algumas críticas.

B.1) Análise eMergética

A análise emergética permite a avaliação dos ecossistemas através da consideração de toda a energia gasta para que o mesmo produza algum recurso, seja esse um bem, um serviço ou uma informação (Ortega, 2008).

A energia seria definida como a energia utilizada direta ou indiretamente para a produção de tal recurso (Odum, 2001).

Segundo Ortega (2010), essa metodologia permite computar a real contribuição da natureza para a produção de bens e serviços, já que nas análises econômicas convencionais são computadas, apenas as despesas com insumos,

mão-de-obra e outros tipos de serviços, além das margens de lucro, sendo desconsiderados alguns insumos fornecidos pela natureza.

De acordo com Cavalett (2008), na análise emergética são considerados todos os insumos utilizados para produzir determinado bem ou serviço, incluindo todas as contribuições da natureza (chuva, água de poços, nascentes, solo, sedimentos e biodiversidade), os fornecimentos da economia, como: materiais, maquinarias, mão-de-obra, serviços, pagamentos em moeda; e, em alguns casos as externalidades negativas, como por exemplo, a perda da biodiversidade, êxodo rural, etc.

Para que seja possível a análise conjunta de recursos diferentes a metodologia considera todos os recursos em uma base comum – a energia solar. A unidade utilizada é o joule de energia solar equivalente (sej).

A descrição detalhada da metodologia está disponível em Odum (1996, 2001); Ortega (2001); Ortega et. al. (2002, 2005). De maneira resumida, a operacionalização da avaliação emergética deve cumprir as seguintes etapas (Odum, 2001):

A) Elaborar um diagrama dos fluxos de energia, a partir da identificação de seus componentes, suas entradas e saídas.

O desenho do diagrama deve ser feito a partir de simbologia própria do método e seu conhecimento e entendimento são imprescindíveis à validade e correção da aplicação (Ortega, 2010).

B) Criar um quadro de avaliação com uma linha para cada entrada, para cada produto e cada saída (ou seja, deve ser criada uma linha para cada fluxo descrito no diagrama anterior).

C) Avaliar os fluxos com unidades usuais (joules, gramas, dólares, etc) e multiplicar cada um deles pela energia/unidade para obter o fluxo anual de energia, que será expresso por emjoules solares por ano.

D) Dividir os fluxos anuais de energia pela relação energia/dinheiro.

E) Somar as entradas de energia para avaliar os produtos.

F) Para a interpretação, calcular os índices emergéticos (Razão de Rendimento Emergético, Razão de Investimento em Energia, Razão de Intercâmbio de Energia).

Diversos autores já aplicaram o método, dentre eles estão: Odum (2001) avaliou a cultura do salmão através da avaliação emergética; Ortega et.al. (2002), que estudaram a certificação de produtos alimentícios usando a análise emergética; Ulgiati e Brown (2002) aplicaram o método para quantificar o suporte ambiental para a diluição das emissões térmicas e químicas do processo de produção de eletricidade; Cavalett (2008) analisou as etapas de produção da soja (seu ciclo de vida) através do emergy; Pierobom (2009) comparou a sustentabilidade ambiental em diferentes sistemas de criação de Tilápias a partir dos resultados da análise emergética.

Apesar do aumento do número de trabalhos elaborados a partir dessa metodologia, existem algumas críticas quanto a sua utilização.

Uma delas é apontada por Sinisgalli (2006). Segundo o autor, um dos problemas do método seria a não consideração da variabilidade da transformidade (quantidade de energia solar empregada, direta ou indiretamente, na obtenção de 1 joule de um determinado produto ou serviço) de cada material, já que essa está intrinsecamente ligada à cadeia de eventos para sua transformação.

Conforme Pereira (2008), o mesmo bem produzido em países diferentes terá valores de transformidade distintos, sendo que pequenas variações nos mesmos poderão acarretar em mudanças drásticas no resultado final.

Outras críticas direcionadas ao emergy podem ser vistas em Amazonas (2001).

B.2) O método da Análise de Energia

Uma outra maneira de se avaliar o valor ecossistêmico é através da aplicação do método da Análise de Energia.

Segundo Costanza (1989), “o método da análise de energia considera a quantidade total de energia capturada pelos ecossistemas naturais como uma estimativa do seu potencial para fazer trabalho útil para a economia”.

Marques (2010) coloca que o “método propõe definir os valores ecológicos dos ecossistemas em função dos custos da energia envolvida na sua produção”.

Dada a complexidade da referida metodologia³⁰, Costanza et. al. (1989) apresentou a aplicação de uma simplificação da mesma, prontamente calculável e que será apresentada a seguir.

Para o cálculo do valor ecossistêmico parte-se do princípio que a Produtividade Primária Total (GPP) do ecossistema inteiro pode ser utilizada como um índice da energia solar capturada pelo sistema, para então converter este valor de energia em unidades monetárias (Costanza et. al., 1989).

A produção primária bruta é a conversão da totalidade do carbono inorgânico em carboidratos, que vão servir como fonte de energia para consumidores primários, decompositores e detritívoros ao longo dos níveis tróficos (Teixeira, 2003), o que indica seu importante papel no ecossistema.

De maneira simplificada Costanza et. al. (1989), que aplicou o método para avaliar as áreas úmidas na Lousiana, EUA, através da produção primária bruta do ecossistema em questão, enumera os procedimentos para sua aplicação:

- a) Determinar a Produção Primária Bruta do recurso em questão;
- b) Converter esta estimativa em Equivalentes de Combustíveis Fósseis;
- c) Converter o valor desse Equivalente em unidades monetárias, usando uma razão de valor econômico de economia ampla, por unidades de energia, normalmente a relação entre o PIB e o uso de energia da economia total.

Uma das limitações do método seria que a técnica da GPP não leva em conta a interdependência entre *habitats* ou diferenças na produtividade dentro do mesmo tipo de *habitat*, além da necessidade de se trabalhar com dados mais precisos possíveis.

B.3) Índice de Integridade Biótica

³⁰ Para apresentação do método consultar Costanza e Farber (1985) e Turner et. al. (1988).

O Índice de Integridade Biótica reflete a importância da integridade da estrutura ecossistêmica para o fornecimento dos bens e serviços a ela associados.

A integridade biótica (ou biológica ou ecossistêmica) pode ser definida como a “capacidade de suportar e manter uma balanceada, integrada e adaptativa comunidade de organismos, tendo composição de espécies, diversidade e função organizacional comparável àquelas dos *habitats* naturais da região” (Karr e Dudley, 1981).

O Índice de Integridade Biótica, definido por Rossano (1996) como “uma síntese de informações biológicas diversas que representa numericamente a associação entre a influência humana e os atributos biológicos” se apresenta como instrumento capaz de contribuir para a gestão eficiente dos recursos naturais.

Esse índice é composto por diversos atributos biológicos (métricas), que são sensíveis às variações na integridade biótica causadas pela ação humana (Rossano, 1996). A escolha desses atributos é uma etapa extremamente importante para que o índice calculado tenha validade reconhecida.

As etapas a serem cumpridas para a construção de um IIB são, segundo Rossano (1996): a) definição da condição biológica de uma área minimamente perturbada (habitat original); b) definir os atributos tomados por base para avaliar os impactos da influência humana no longo prazo; c) associar as alterações encontradas com ações humanas; d) identificar as práticas de gestão necessárias para a melhoria da integridade biótica.

A partir da determinação de Índice de Integridade Biótica tem-se como resultado a agregação de diversos critérios qualitativos em um critério quantitativo, que permite a conclusão sobre as reais condições do recurso em questão, formando uma base importante para o processo decisório.

Em geral, os estudos que aplicam o IIB têm como objetivo a análise da qualidade das águas a partir do estudo das comunidades de peixes que nela habitam³¹. Entretanto, os índices podem ser utilizados para analisar diversos

³¹ Karr (1981), Araújo (1998), entre outros.

ecossistemas, desde que as etapas de elaboração do mesmo sejam adaptadas ao mesmo.

A utilização de índices de integridade biológica como instrumento de gestão ambiental pode ser observada no estudo “Enfoques Silvopastoris Integrados para o Manejo de Ecossistemas” apresentado por Hercowitz et. al. (2009).

Esse estudo apresenta o caso do pagamento por serviços ambientais na Bacia do Rio La Vieja, Colômbia. Os serviços remunerados seriam o Habitat para a biodiversidade e o Sequestro de Carbono e os beneficiários os proprietários de terras da bacia do rio La Vieja, que deveriam utilizar suas terras a partir de práticas de alteração dos padrões de pastagens da região.

Segundo Hercowitz et. al. (2009), o objetivo do projeto foi o de incentivar a recuperação de pastagens com o enriquecimento de uma alta densidade de árvores, de forma a recuperar a biodiversidade, a captura de carbono e a regulação hídrica.

Ao produtor que adotasse as práticas silvipastoris seriam remunerados, com vistas a incentivar tal prática. O valor pago seria determinado a partir de um Índice de Serviços Ambientais, que foi criado para que se pudessem captar as diferenças entre as diferentes quantidades de serviços fornecidas por diferentes densidades arbóreas (Hercowitz et. al., 2009).

Esse índice seria calculado a partir do somatório dos pesos dados a outros índices: o Índice de Biodiversidade e o Índice de Carbono. Esses “índices base” teriam sua pontuação a partir da análise do tipo de uso do solo e de sua contribuição para a biodiversidade e para o sequestro de carbono.

Quanto maior fosse a contribuição para esses serviços maior seria a pontuação e, em consequência, maior seria a remuneração atribuída a essa propriedade.

O valor máximo dos serviços, segundo Hercowitz et. al. (2009), seria atribuído à floresta primária e o valor mínimo às áreas mais alteradas e degradadas.

Alguns exemplos podem ser visualizados na tabela 17.

Tabela 17 – Pontuação de alguns tipos de uso de solo para o cálculo do Índice de Serviços Ambientais

Tipo de Uso	Índice de biodiversidade	Índice de carbono	Índice de serviços ambientais
Pastagem degradada	0	0	0
Cultivo homogêneo de Frutíferas (monocultura)	0,3	0,4	0,7
Plantação de Madeiráveis Diversificada	0,7	0,7	1,4
Floresta Primária	1,0	1,0	2,0

Fonte: Elaborada a partir de Murgueitio et. al (2003) citado por Blanco (2006).

A atribuição de pontos para cada tipo de uso foi baseada na revisão de estudos científicos, na consulta de especialistas e em análises multicritérios Murgueitio et. al. (2003) citado por Blanco (2006).

Para que o pagamento fosse feito, seria necessário o cálculo da área ocupada pelo tipo de solo adotado, sendo esta multiplicada pelo Índice de Serviços Ambientais. Esse resultado seria multiplicado pelo valor monetário pré-determinado (no caso US\$ 10,00 por ponto, com o limite de US\$ 500,00), chegando-se assim ao valor pago pelos serviços ambientais prestados por aquela propriedade.

De acordo com esse sistema, então, aqueles produtores que adotassem práticas silvipastoris que mais contribuíssem para a biodiversidade e para o sequestro de carbono ganhariam mais pontos e maior valor monetário.

Apesar dos problemas inerentes ao programa de pagamentos por serviços ambientais desenvolvido (cuja discussão é apresentada por Blanco (2006 e Hercowitz et. al. (2009)), tem-se nesse instrumento uma alternativa para produção mais sustentável, preservando serviços ecossistêmicos e gerando benefícios econômicos à sociedade.

4.4 Ferramentas de Apoio à Valoração Ecosistêmica

4.4.1 Modelos de simulação

Os modelos de simulação apresentam-se como uma importante ferramenta na valoração ambiental. Além de permitirem maior conhecimentos acerca dos processos ecológicos, possibilitam análises dinâmicas da interação dos ecossistemas entre si e com a atividade humana sendo, por isso, importantes nos processos de avaliação ecossistêmica.

Segundo Andrade e Romeiro (2009, pág. 34), a construção de modelos econômicos-ecológicos tem atraído cada vez mais atenção no meio acadêmico, o que se deve a três fatores:

- I) notável desenvolvimento de ferramentas computacionais que são capazes de simular as interações entre vários sistemas;
- II) reconhecimento de que abordagens individuais de valoração são insuficientes para tratar as complexidades dos serviços ecossistêmicos, sendo também insuficientes para fundamentar políticas de gestão dos ecossistêmicos; e,
- III) esforço contínuo de integração entre várias disciplinas e ramos do conhecimento para tratar a problemática ambiental e para a compreensão da magnitude da dependência humana sobre os serviços ecossistêmicos.

Os modelos *Global Unified Metamodel of the Biosphere* (GUMBO) e *Multiscale Integrated Models of Ecosystem Services* (MIMES) foram desenvolvidos com o objetivo de integrar os ecossistemas e a atividade humana.

Segundo Boumans et. al. (2002), o GUMBO foi desenvolvido para avaliar o sistema integrado da Terra e avaliar a dinâmica e os valores dos serviços

ecossistêmicos, representando uma síntese e simplificação dos diversos modelos globais dinâmicos existentes nas ciências naturais e sociais.

O MIMES se baseia no GUMBO e tem por objetivo fornecer um conjunto de modelos computacionais que visam à integração do entendimento sobre as funções e serviços ecossistêmicos e suas interações com o bem-estar humano, em várias escalas; além disso, visa possibilitar o desenvolvimento e a aplicação de novas técnicas de avaliação dos serviços ecossistêmicos e permitir sua aplicação para potenciais usos (Boumans e Costanza, 2007).

De acordo com Costanza e Ruth (1998) a construção desses modelos permite que se antecipe (através da simulação) o conhecimento acerca de possíveis impactos futuros gerados pelo atual padrão de utilização dos recursos naturais, o que gera informações que servem de base para a adoção de políticas relacionadas ao uso dos recursos.

De outra maneira, é possibilitada a construção de cenários a partir de avaliações ecossistêmicas mais completas.

Ainda segundo tais autores, a construção desses modelos depende de coleta de informações importantes sobre o funcionamento dos sistemas a serem analisados, sendo a construção do modelo sobre bases sólidas um requisito essencial para a compreensão do mesmo.

A demanda de informações sobre os sistemas compõe a base para a construção do modelo mas, também, constitui um problema para a modelagem, já que, muitas vezes, essas não estão disponíveis no nível de profundidade e complexidade requerido.

4.4.2 A análise multicritério de apoio à decisão (MCDA)

Os métodos de análise multicritério são importantes para os estudos de valoração ecossistêmica por permitirem análises integrais, que contemplem aspectos econômicos, sociais e ambientais simultaneamente. Permitem ainda a consideração de amplo número de dados, relações e objetivos, que estão presentes em um problema de decisão específico do mundo real, ou seja, permite

a realização de estudos multidimensionais (Falconi e Burbano, 2007). Devem ser consideradas ainda a experiência e as preferências dos tomadores de decisão.

Alguns dos métodos multicritério são apresentados por Kaskantizis (2010) (quadro 7).

Quadro 7 – Principais métodos de decisão multicritério

Denominação	Descrição	Algumas Aplicações
Métodos da teoria da utilidade multicritério	As informações sobre as preferências do agente de decisão são disponíveis. A função de utilidade pode ser construída.	Caso discreto: funções de valor ou de utilidade.
Métodos de programação de objetivo múltiplo	Conjunto de alternativas é contínuo. Informações sobre as preferências do agente de decisão não disponíveis.	Programação por metas ou compromisso.
Métodos interativos	As informações sobre as preferências do agente de decisão são parcialmente disponíveis.	Método STEM Método ZIONTS Outros
Métodos discretos	O conjunto de alternativas é discreto.	Método da AHP Método ELECTRE

Fonte: Kaskantizis (2010).

A escolha do método a ser utilizado depende do problema considerado, das preferências do tomador de decisão, etc.

Segundo Munda (1995) citado por Falconi e Burbano (2007), em geral, as análises multicritério devem seguir as seguintes etapas:

- 1) Definição e estruturação do problema a ser investigado;
- 2) Definição de um conjunto de critérios de avaliação;

- 3) Seleção do método, se discreto ou contínuo;
- 4) Identificação das preferências do decisor;
- 5) Seleção do procedimento de agregação dos critérios.

Algumas vantagens desse método são apresentadas por Liu et. al. (2010)³², e podem ilustrar a adaptabilidade do mesmo aos estudos econômico-ecológicos:

- 1) Por ser um método multidimensional, o mesmo permite a consideração de objetivos diferentes e incomensuráveis, tais como a sustentabilidade, equidade e eficiência, ao mesmo tempo.
- 2) Tem estrutura flexível, podendo trabalhar com as medidas originais dos atributos ou normalizá-las.
- 3) Considera variáveis qualitativas.

Alguns estudos podem ser apresentados como aplicações que tenham como objetivo tratar dos problemas ambientais e contribuir para a avaliação ecossistêmica.

Tosto (2010) utilizou o Método de análise multicritério para construir um índice de sustentabilidade ambiental para as atividades agropecuárias no município de Araras, SP. A referida metodologia permitiu a análise de diversos critérios conflitantes e integrados entre si, o que não seria possível a partir da aplicação de métodos unidimensionais.

Ballastero (2007) apresenta um estudo que, a partir da aplicação da análise multicritério, objetiva a obtenção de resultados com vistas a uma gestão integrada dos recursos hídricos no distrito de *La Guácima*, na Costa Rica. Nesse estudo foi usado o modelo “Teia de Aranha” que permite identificar, classificar e analisar cenários distintos por meio de critérios explicitamente formulados pelo investigador e avaliados por pessoas consultadas através das posições ordinais nos eixos da “Teia de Aranha”.

³² Os autores destacam essas vantagens diante da comparação do Método de Análise Multicritério com o Método de Análise Custo-Benefício, método amplamente utilizado, mas que não apresentava resultados que pudessem, de fato, contribuir para a conservação dos recursos naturais e para a resolução de conflitos, já que o mesmo não incorpora uma série de critérios fundamentais às análises.

Segundo a autora, apesar da aplicação da metodologia não poder resolver os conflitos existentes no distrito estudado, ela forneceu diversas informações que contribuem para a resolução dos mesmos através da identificação dos atores e dos conflitos sociais, além de mostrar diferentes possibilidades para sua solução.

Esse método é interessante por permitir que sejam considerados na análise critérios que agreguem as diferentes dimensões do valor: o econômico, o ecossistêmico e o sociocultural. Entretanto, apesar de se basear em um conjunto de informações para a definição dos problemas e dos critérios de análise, é também fortemente influenciado pelas preferências e experiências dos decisores; além disso, os mesmos não apresentam, como resultado, uma solução objetiva, mas apenas um caminho para a adoção de políticas.

Conforme exposto, os estudos de avaliação dos serviços ecossistêmicos dependem da aplicação de métodos que permitam englobar uma diversidade de estruturas e processos ecológicos, serviços do ecossistema, bem-estar humano, decisões quanto a utilização dos mesmos e o feedback dinâmico entre eles (Liu et.al., 2010).

Do problema de pesquisa a ser avaliado depende a escolha do método ou conjunto de métodos adequados para tratar o mesmo. Conforme já discutido, apesar da diversidade de métodos existentes não se tem ainda um instrumental que possa captar a totalidade do valor atribuído aos ecossistemas. Por isso, é extremamente importante a aplicação de uma série de métodos que permita a obtenção de resultados cada vez mais completos de avaliação, além da consideração de que, por mais completos que sejam esses estudos, existem atributos que ainda ficaram de fora do processo avaliativo.

Capítulo 5

Valoração Econômico-Ecológica: Avaliação crítica do caso da água e do ar em Volta Redonda

Os estudos de valoração econômica apresentados nesse trabalho foram realizados com base numa abordagem que pode ser classificada como utilitária-reducionista³³, na medida em que consideraram apenas as preferências individuais dos agentes econômicos no cômputo do valor dos serviços prestados pelo ecossistema analisado.

Além disso, as dimensões ecológica e sócio-cultural dos recursos ambientais não foram levadas em conta.

Neste capítulo o objetivo é o de avaliar o quão deficiente foram estes estudos de valoração do ponto de vista da economia econômico-ecológica.

5.1 O caso da valoração da poluição hídrica

No caso da **poluição hídrica** observou-se que, apesar da aplicação de um método (MVC) que, conceitualmente é o único capaz de captar o valor total do meio ambiente, não se pode afirmar que o resultado encontrado reflita esse valor na sua totalidade.

³³ Para maior discussão sobre as abordagens de valoração consultar Andrade (2010).

Mesmo que os possíveis vieses inerentes ao método tenham sido contornados e a DAP obtida seja real, os agentes econômicos instados a revelarem suas preferências, o foram com base em um cenário ambiental forçosamente limitado. Desse modo, os valores obtidos não tem como refletir adequadamente a importância dos recursos avaliados.

Os cenários apresentados deveriam ter refletido melhor a complexidade ecossistêmica do recurso natural ameaçado, supondo que os agentes entrevistados pudessem compreender no tempo limitado da entrevista todas essas complexas relações e interações ecossistêmicas.

Nas análises da poluição hídrica, em geral, os impactos mais discutidos são aqueles que correlacionam a má qualidade das águas à deterioração das condições de saúde da população, para então se estimarem os custos resultantes, ficando de fora outros possíveis custos associados à degradação do recurso, bem como as dimensões ecológica e sócio-cultural.

Uma melhor avaliação das funções e serviços ecossistêmicos afetados mostraria que esses impactos são muitos mais abrangentes do que apenas aqueles que de maneira mais clara e direta estão ligados aos usos alternativos do recurso.

Por exemplo, estudo recente sobre os impactos antrópicos no rio Paraíba do Sul mostra que, num período de 25 anos, devido principalmente à construção de barragens para hidrelétricas e à poluição, cerca de 25% das espécies de peixes estão em fase de extinção e algumas já foram extintas (Araújo e Nunam, 2005).

A figura 17 ilustra os impactos gerados pelas ações do homem na bacia do rio Paraíba do Sul (referentes apenas a ictiofauna) e algumas medidas mitigadoras propostas.

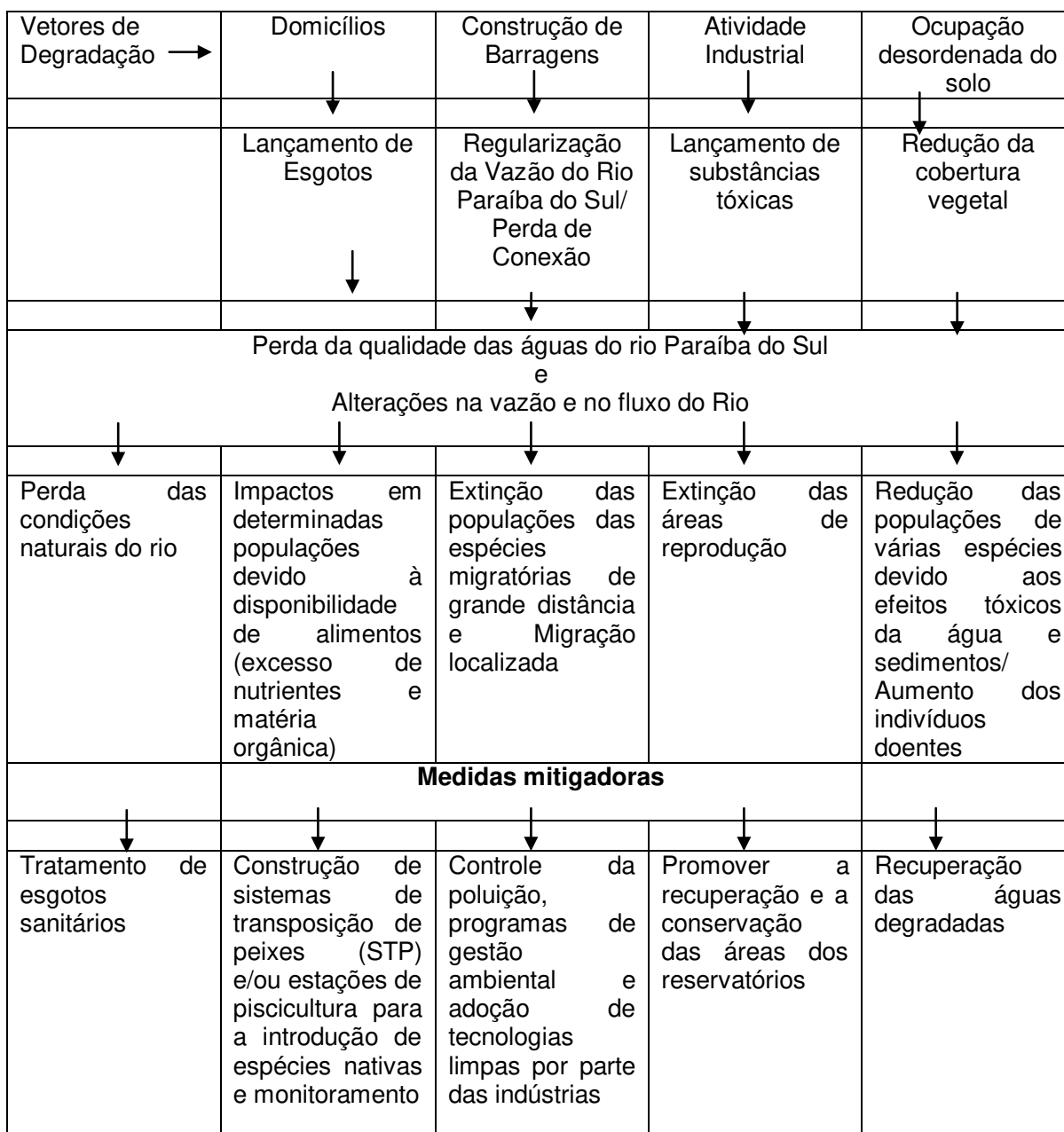


Figura 17 – Impactos ambientais das ações antrópicas sobre a ictiofauna local do Rio Paraíba do Sul

Fonte: Elaborado a partir de Araújo e Nunam (2005)

Como pode ser observado no esquema apresentado, a função ecossistêmica afetada é a de “refúgio” que, segundo Costanza et. al. (1997), fornece os serviços de habitat para as populações residentes e transitórias.

Com a poluição (gerada pelo despejo de esgotos industriais e domésticos) os peixes são expostos a substâncias tóxicas nocivas³⁴ que acabam por torná-los doentes e contribuem para o surgimento de algumas anomalias. No caso das barragens, são perdidas as áreas para reprodução dos mesmos e eliminados os canais migratórios que ali existiam, contribuindo para a extinção e redução da população de peixes (Araújo e Nunam, 2005).

Segundo os autores do estudo, na região analisada, as políticas públicas que buscam controlar as atividades industriais de maior potencial poluidor têm contribuído para que os impactos sobre a ictiofauna sejam reduzidos, comprovando que a identificação dos problemas ambientais e a adoção de medidas que busquem mitigá-los é de extrema importância para a conservação dos recursos naturais.

Essa problemática deveria ser incluída no cenário apresentado ao entrevistado, embora essa inclusão não fosse capaz de resolver todas as limitações inerentes a este método de valoração baseado na captação direta da DAP.

A melhor avaliação ecossistêmica, ao trazer mais informações, poderia permitir a substituição do método de valoração contingente utilizado por métodos indiretos de avaliação da DAP, de modo a melhorar a avaliação dos valores econômicos do recurso.

Para que esses impactos fossem valorados, então, deveriam ser aplicados métodos de valoração capazes de fazê-lo.

Alguns dos métodos convencionais de valoração indireta da DAP (apresentados no anexo I) aplicáveis à valoração dos impactos citados podem ser observados no quadro apresentado a seguir (Quadro 8).

³⁴ Outro problema se refere ao despejo de substâncias orgânicas não tóxicas, mas carregadas de compostos orgânicos que servem como alimentos para microorganismos heterótrofos (fungos, bactérias, etc), que acabam concorrendo com peixes e outros organismos aquáticos por oxigênio (Branco e Rocha, 1980).

Quadro 8– Métodos propostos para valoração dos Impactos ambientais das ações antrópicas sobre a ictiofauna local do Rio Paraíba do sul

Medidas Mitigadoras que servirão como Proxy do valor do impacto ambiental	Método proposto para valoração
Construção de sistemas de transposição de peixes e introdução de espécies nativas	Método dos custos de reposição
Controle da Poluição, programas de gestão ambiental e adoção de tecnologias limpas por parte das indústrias, Tratamento de Esgotos Sanitários	Método dos custos de controle
Promover a recuperação dos reservatórios	Método dos custos de reposição
Recuperação das águas degradadas	Método dos custos de reposição

Esse exercício apresentado não considera ainda outros impactos desencadeados através de sua ação direta ou sua integração com outras funções ecossistêmicas, com o sistema econômico e com o bem-estar humano.

Uma melhor avaliação ecossistêmica seria também fundamental para que se pudessem utilizar métodos de valoração ecológica não baseados nas preferências individuais. É o que será ilustrado na subseção a seguir.

5.1.1 O método da Análise de Energia

O valor ecológico dos serviços ecossistêmicos prestados pelos recursos aquáticos será avaliado através da produção primária bruta fitoplanctônica. Nos ecossistemas aquáticos, o fitoplâncton constitui o principal corpo fotossintetizante, responsável pela maior parte da produção orgânica.

A produção primária bruta é a conversão da totalidade do carbono inorgânico em carboidratos, que vão servir como fonte de energia para consumidores primários, decompositores e detritívoros ao longo dos níveis tróficos (Teixeira, 1973), o que indica seu importante papel no ecossistema.

As etapas seguidas para o desenvolvimento da valoração têm como base a metodologia apresentada por Costanza (1989), descrita no capítulo anterior.

Para o desenvolvimento do exercício de valoração a produtividade primária bruta considerada foi a do Reservatório do Funil, que se situa no rio Paraíba do Sul, nas cidades de Resende e Itatiaia. A mesma foi calculada por Basile-Martins et. al. (1985) em um estudo realizado no ano de 1979. A utilização desses dados se justifica pela falta de estudos dos órgãos competentes para o período recente, sendo a aplicação do método, portanto, ilustrativa.

Os resultados para a produtividade primária bruta fitoplanctônica são apresentados na tabela 18.

Tabela 18 – Valores da produção primária do Fitoplâncton ($\text{mgC. m}^{-2}. \text{dia}^{-1}$) para os quatro períodos no reservatório do Funil

Período	Março/Abril	Maió/Junho	Agosto/Setembro	Novembro/ Dezembro	1º ao 4º
Reservatório Funil	833,53	132,79	290,91	177,55	358,70

Fonte: Basile-Martins et. al. (1985).

Os resultados apresentados por períodos diferem devido aos fatores que influenciam a produtividade primária (como a temperatura, chuva ou estiagem, etc). A partir da produtividade primária média foi calculada a equivalência

energética, atendendo ao segundo passo proposto por Costanza (1989) (Tabela 19).

Tabela 19 – Produção Primária Bruta e sua equivalência energética

Indicador	
Produtividade Primária Bruta em:	
(mgC. m ⁻² . dia ⁻¹)	358,7
(mgC. m ⁻² . ano)	130.925,5
(gC. m ⁻² . ano)*	130,9
(Kcal/m ² /ano)**	1.309,3
Valor Energético do combustível fóssil equivalente a Produção Primária Bruta (Kcal/m ² /ano)***	65,5

* 130.925,5 / 1000

** 130,9 x 10 Kcal (1gC ≈ 10 Kcal)

*** 1.309,3 x 0,05 (1 cal de PPB = 0,05 cal de combustível fóssil)

Para que sejam captados os valores monetários desse serviço ecossistêmico, o valor energético em combustível fóssil encontrado deverá ser convertido em um outro tipo de energia.

Nesse estudo a PPB do fitoplâncton, já transformada em combustível fóssil equivalente, será convertida em **Toneladas Equivalentes de Petróleo**. Para que ocorra essa transformação, o valor equivalente em combustível fóssil deverá ser multiplicado (em calorias) pelo fator de conversão apresentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), que é **10⁻¹⁰** (Atlas de Energia Elétrica do Brasil, 2008). Sendo assim, a PPB em tonelada equivalente de petróleo para o reservatório do Funil é de 65.500 (calorias) x 10⁻¹⁰.

A transformação desses valores possibilita, enfim, o cálculo do valor monetário, através da conversão dos valores energéticos em valores monetários.

Segundo Costanza et. al. (1989), essa transformação pode ser feita a partir da utilização da razão entre o consumo final de energia e o produto interno bruto

(PIB)³⁵, que para o ano de 2006, segundo dados do IBGE (2008) seriam, respectivamente, 202 898 (1000 tep) e 2.322.818 (1.000.000 R\$). A razão, portanto, seria 0,000087 ou 0,087 por R\$ 1.000.

Dessa forma, pode-se calcular o valor monetário do reservatório do Funil como R\$ 0,075 (m²/ ano)³⁶. Sendo a área do reservatório de 40 Km², tem-se que o valor total anual do serviço ecossistêmico avaliado no reservatório seria de cerca de R\$ 3.000.000.

A aplicação do método de análise de energia, apesar de ser feita de maneira simplificada, possibilita a captação do valor de um serviço prestado pelo ecossistema que afeta, diretamente, a comunidade biótica (perda de energia) e apenas secundariamente os seres humanos (por exemplo, a perda de peixes para alimentação humana). Assim, a importância do valor ecológico é considerada mesmo que primariamente não seja considerado o uso humano dos mesmos.

Nesse caso, o recurso foi valorado a partir da sua produtividade primária bruta, fonte de energia para os seres aquáticos, não sendo considerados os métodos baseados nas preferências, sejam individuais ou coletivas. Entretanto, o valor monetário foi calculado a partir da utilização de valores que são derivados do mercado (preços de energia determinados via mercado), o que acaba por expressar, mesmo que de maneira indireta, a preferência dos indivíduos.

Uma alternativa poderia ser a de captar o valor ecológico sem a transformação do mesmo em valores monetários, mas através da inserção dos mesmos em análises multicritérios, que contribuiriam para a adoção de políticas de conservação a partir da consideração de outros dados, que não os monetários.

5.1.2 Índice de Integridade Biótica para o Rio Paraíba do Sul

Araújo (1998), a partir da adaptação da metodologia apresentada por Karr (1981), elaborou um estudo com objetivo de desenvolver um Índice de Integridade Biótica (IIB) para o rio Paraíba do Sul em seu trecho mais crítico (Barra Mansa à

³⁵ Indicador de Intensidade Energética.

³⁶ Encontrada através da divisão das toneladas equivalentes de petróleo pela razão entre o consumo final de energia e o PIB.

Barra do Piraí), sendo que um de seus pontos de amostragem se situou em Volta Redonda, área do presente estudo.

Esse índice poderia captar a real situação da fauna aquática na área de estudo proposta, além de servir como parâmetro para análise da qualidade de suas águas.

O IIB foi definido por Karr (1981) como integrador dos fatores ecológicos e ambientais, sendo compreendido por itens relacionados à Composição e Riqueza de espécies, Composição Trófica e Abundância e Condição dos peixes.

A metodologia detalhada de realização do estudo encontra-se na obra de referência. O que interessa nessa seção é a apresentação dos critérios utilizados para a construção do índice, seus resultados e associação com a discussão acerca da valoração proposta pela Economia Ecológica.

O IIB foi calculado a partir das amostras coletadas em quatro localidades, incluindo Volta Redonda. Foram determinadas categorias a serem avaliadas nas amostras coletadas e a pontuação para acomodar as variações ecológicas e evolutivas do atributo.

As categorias consideradas são apresentadas no quadro 9.

Quadro 9 – Categorias utilizadas na determinação da Integridade Biótica para comunidades de peixes do Rio Paraíba do Sul, RJ.

Categorias		
Composição e riqueza de espécies	Composição Trófica	Abundância e Condições dos peixes
1. Número de espécies	7. Proporção de <i>Omnívoros</i>	10. Número de indivíduos
2. Presença de espécies intolerantes	8. Proporção de <i>Invertívoros</i>	11. Proporção de peixes de piracema
3. Número de <i>Characídeos</i>	9. Proporção de Carnívoros de Topo	12. Proporção de peixes com anomalias, doenças, etc.
4. Número de <i>Siluriformes</i>		
5. Número de <i>Perciformes</i>		
6. Proporção de espécies muito tolerantes		

Fonte: Araújo (1998)

De acordo com Araújo (1998), a análise dos atributos selecionados permite concluir sobre a situação biótica dos peixes e sobre a qualidade das águas.

Os atributos descritos na primeira categoria, composição e riqueza de espécies, permitem a avaliação dos peixes do Rio Paraíba do Sul quanto a tolerância a qualidade da água, habitat e outras condições.

A existência de grande número de peixes tolerantes à degradação indica, segundo o autor, condições degradadas das águas, o que ocorre também ao se observar pequenas quantidades de peixes de espécies intolerantes à degradação.

A presença de espécies intolerantes à poluição é um critério importante, já que, sua inexistência nos corpos d'água indica os impactos negativos gerados pela influência humana.

A composição Trófica, segunda categoria, também constitui um fator importante de avaliação da qualidade ambiental, já que alterações na qualidade da água ou outras condições do habitat podem resultar em diminuição ou eliminação de muitos recursos alimentares para os peixes.

Esse fator contribui para a eliminação de indivíduos que pertençam a níveis tróficos prejudicados pela degradação das águas. No caso do referido estudo, por exemplo, foram encontradas muitas espécies *omnívoras* (espécies que se alimentam de produtos de origem animal e vegetal), o que indica a degradação da base alimentar e das águas.

Por último, tem-se a categoria abundância e condições dos peixes, onde se enquadra o atributo proporção de peixes com anomalias, doenças, etc. Baixas capturas de peixes estão associadas a sistemas fortemente degradados, da mesma maneira que a existência de espécies doentes (tumores, lesões, etc) ou anômalas.

A partir da análise dos referidos critérios para o rio Paraíba do Sul o autor concluiu sobre a baixa qualidade de suas águas, evidenciada pelas baixas pontuações dos atributos propostos para a área objeto do estudo.

Para as amostras extraídas em Volta Redonda, o Índice de Integridade Biótica classifica a integridade como **Pobre**, dentre as possibilidades apresentadas (Quadro 10).

Quadro 10 – Pontuação de Integridade Biótica, classes e atributos

Classes de Integridade (Pontuação)	Atributos
Excelente (57-60)	Comparável às melhores situações sem a influência do homem; todas as espécies regionais esperadas para o hábitat e tamanho do curso d'água presentes, incluindo as formas mais intolerantes, em todas as faixas de classes de idade e sexo; estrutura trófica balanceada.
Boa (48-52)	Riqueza de espécies um tanto abaixo da expectativa, especialmente devido à perda das formas mais intolerantes; algumas espécies com distribuição de abundância ou de tamanho inferior ao ótimo; estrutura trófica mostra alguns sinais de estresse.
Regular (39-44)	Sinais de deterioração adicionais com menos formas intolerantes, estrutura trófica mais alterada (por exemplo, aumento da frequência de <i>omnívoros</i>); classes maiores de idade de predadores podem ser raras.
Pobre (28-35)	Dominada por <i>omnívoros</i> , espécies tolerantes à poluição e generalistas em habitat; poucos carnívoros; taxas de crescimento e fator de condição diminuídos; espécies híbridas e/ou doentes sempre presentes.
Muito Pobre (< 24)	Poucos peixes presentes, principalmente introduzidos ou espécies muito tolerantes; híbridos freqüentes; doenças comuns, parasitas, nadadeiras feridas e outras anomalias.
Sem Peixe (0)	Repetidas pescarias sem capturar qualquer peixe.

Fonte: Araújo (1998)

O resultado encontrado aponta a baixa qualidade do rio Paraíba do Sul no trecho de Volta Redonda³⁷ e as degradadas condições dos peixes que nele (ainda) vivem. As espécies mais abundantes são aquelas mais resistentes à degradação, sendo que as intolerantes foram quase extintas.

Todos os atributos foram propostos a partir da análise de ambientes sem intervenções humanas, ou seja, foram baseados no ecossistema aquático conservado - a partir das peculiaridades locais – (integridade considerada Excelente na tabela anterior).

A comparação entre o ideal (Excelente) e o real (Pobre) indica os efeitos da ação humana sobre os recursos aquáticos na região. A continuidade da utilização dos recursos da mesma maneira levaria a resultados do Índice Integridade Biótica para Muito Pobre ou Sem Peixe.

Os impactos poderiam ser irreversíveis, para os peixes e também para as espécies que fazem parte de sua “cadeia de inter-relações”.

Nesse caso, os impactos da poluição avaliados foram sobre a diversidade de peixes existentes no rio, sem se considerar os aspectos dinâmicos que essa alteração biótica gera a todo o ecossistema do qual eles fazem parte.

Para que essas informações fossem agregadas ao processo decisório, deveriam ser realizados estudos que permitissem o conhecimento dessa dinâmica e a totalidade (ou maioria) dos impactos gerados no presente e ao longo do tempo. A criação de um índice de integridade biótica, portanto, viabilizaria uma forma de valorar a dimensão ecológica do recurso, dimensão esta relacionada à sustentabilidade dos ecossistemas.

A observação de atributos ecossistêmicos adicionais para o rio Paraíba do Sul, conforme já exposto, exige maior cuidado na formação das bases para tomada de decisão quanto a sua utilização.

Se para as análises que fundamentam a adoção de políticas voltadas à conservação do ativo em questão fosse considerado apenas o resultado obtido

³⁷ Os resultados para as amostras nas outras três cidades foram: Muito Pobre em Barra Mansa, Pobre em Pinheiral e variando entre pobre e regular em Barra do Piraí.

pelo estudo de valoração contingente, elas deveriam ser feitas com base no valor econômico de R\$ 8.937.746,04, lembrando ser esse valor incapaz de refletir a totalidade do próprio valor econômico.

A partir da consideração de uma avaliação ecossistêmica mais completa, na qual um número maior de atributos (e, em consequência, mais dimensões do valor) pudesse fazer parte do processo avaliativo, as decisões deveriam ser tomadas a partir de um conjunto mais completo de informações, que considerariam parcelas de valor econômico (através da captação de valores de uso e valores monetários associados a um serviço ecossistêmico prestado e dissociado do uso humano), além do valor ecológico e sócio-cultural.

A aplicação do estudo de análise de energia permite a captação do valor ecológico de um serviço ecossistêmico que, de maneira direta, pouco tem a ver com o uso humano, mas que tem extrema importância para a manutenção da estrutura ecossistêmica. A perda da energia causada pela poluição hídrica faz com que haja redução das fontes de energia disponíveis para a manutenção do ecossistema, impedindo seu desenvolvimento.

Apesar das críticas realizadas à ponderação que possibilita a transformação do valor ecológico em medida monetária, ela pode contribuir para a agregação de custos monetários gerados pela poluição.

Outra ferramenta importante discutida neste trabalho é o índice de integridade biótica. Levar em conta a análise de quão próximo um recurso está de sua exaustão é um caminho claro que leva à determinação de uma escala sustentável de utilização.

Mesmo que não se conheçam na totalidade todas as informações sobre a quantidade do recurso avaliado e algumas das relações que possam permeá-lo, sabe-se que o mesmo corre risco de que sua resiliência seja ultrapassada e, como consequência, ocorram perdas irreversíveis que podem gerar impactos às espécies humana e não-humanas, além de diferentes gerações, ferindo o objetivo da equidade da “distribuição” dos recursos.

Resultados convencionalmente utilizados para análise custo-benefício contribuem para decisões de usar ou não usar no curto prazo (são pontuais) mas,

por não considerarem os estoques de capital e as condições nas quais os mesmos se encontram, pouco podem contribuir para os efeitos de longo prazo das políticas ambientais, que estão diretamente ligados à determinação da escala sustentável e distribuição justa de recursos.

Nesse contexto, o resultado obtido pelo MVC poderia ser utilizado de maneira complementar aos outros resultados obtidos, não constituindo assim a única fonte de informação utilizada. Isso se deve também ao fato, já discutido anteriormente, da existência do viés de protesto, que se mostrou presente no momento em que os indivíduos expressaram suas preferências, o que faz com que seus resultados sejam considerados com maior cuidado.

Quanto mais métodos fossem aplicados e mais dimensões do valor pudessem ser captadas, maior conhecimento seria construído acerca dos recursos avaliados e maior eficácia teriam as políticas ambientais.

5.2 A valoração da poluição atmosférica

Tomando-se como base o estudo de **valoração do ar**, através da aplicação do método dos custos evitados, fica evidente que uma pequena parcela do VET desse recurso foi captada, já que foram considerados apenas os gastos gerados por internações por casos de doenças respiratórias realizados pelo Sistema Único de Saúde (SUS), não sendo considerados, para esse grupo de doenças, fatores como os gastos com medicamentos, consultas e internações do sistema privado de saúde, dias de trabalho perdidos pelos indivíduos internados, mortalidade precoce associada à poluição, etc.

Além disso, não foram consideradas outras doenças que não as respiratórias, que também são afetadas pela concentração de poluentes na atmosfera, como as doenças cardíacas, por exemplo.

Essas outras parcelas dos impactos causados pela poluição poderiam também ser valoradas, através da aplicação dos métodos convencionais de valoração, o que tornaria o resultado mais completo (Quadro 11).

Quadro 11 – Impactos gerados pela poluição atmosférica e métodos de valoração propostos para captá-los

Impacto Gerado	Método de Valoração
Gastos com medicamentos	MCE, MCR
Gastos com hospital particular	MCE, MCR
Dias perdidos no trabalho	MPM
Gastos com o tratamento de outras doenças que não as respiratórias	MCE, MCR
Danos aos materiais	MCE, MCR

* MCE – Método dos Custos Evitados, MCR – Método dos Custos de Reposição, MPM – Método da produtividade marginal

Nota-se também, a análise de apenas um dos muitos efeitos da poluição atmosférica. Uma avaliação ecossistêmica cuidadosa revelaria muitos outros impactos sobre a vida animal e vegetal, sobre as condições de visibilidade e os danos gerados aos materiais (edificações, metais, tecidos, etc), entre outros (Figura 18).

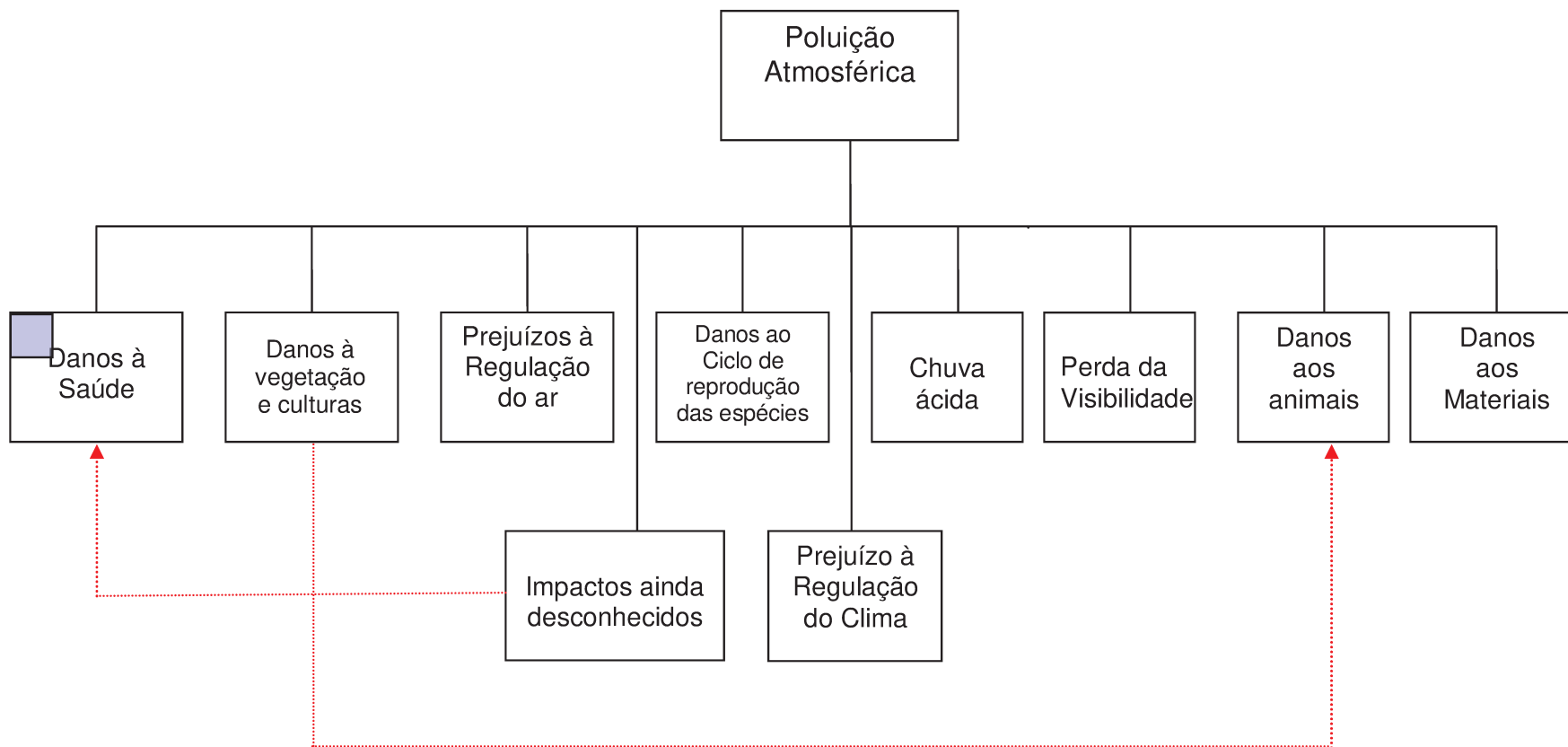


Figura 18 – Danos causados pela poluição atmosférica e a parcela do valor captado a partir da aplicação do método dos custos evitados

O quadro 12 apresenta alguns dos recursos afetados pela poluição do ar e o respectivo impacto.

Quadro 12 – Recursos afetados pela poluição atmosférica e respectivos impactos potenciais

Recurso Afetado	Impactos
Vegetação e Culturas: O efeito depende do nível e da duração da exposição.	Visíveis e Invisíveis: perda da aparência normal das plantas; colapso do tecido; vários graus de perda de cor; redução do crescimento da planta; mudanças no ciclo reprodutivo; redução na colheita; entre outros.
Florestas	Níveis de baixa dose: as interações dos poluentes do ar com as florestas resultam em efeitos imperceptíveis sobre os ciclos biológicos dessas espécies. Níveis de dose intermediária: as interações podem resultar em efeitos sobre o ciclo de reprodução das espécies, na utilização de nutrientes, na produção de biomassa e na suscetibilidade a doenças. Níveis de alta dose: Destruição ou dano severo do sistema florestal.
Animais: pode ocorrer devido ao acúmulo de contaminantes transportados pelo ar sobre ou na vegetação ou na forragem que serve como sua fonte de alimentação, e os subseqüentes efeitos das pastagens ingeridas sobre os animais.	Efeitos sobre a saúde animal, podendo levar a doenças (dentes e ossos, danos aos olhos, perda de capacidade produtiva, etc) e até à morte.

Fonte: Stern et. al. (1984).

Como foi considerada uma parte muito pequena dos impactos gerados pela poluição do ar, apenas uma pequena parcela do valor, e apenas do valor econômico, pode ser valorada. As outras dimensões do valor, a ecológica e a sócio-cultural, não foram consideradas.

Para alguns serviços ecossistêmicos, como a regulação do clima e regulação do ar, por exemplo, que são afetados pela poluição do ar, torna-se mais difícil a delimitação dos impactos e sua valoração, já que a interação entre os poluentes e as funções ecossistêmicas é complexa e de difícil mensuração. Isolar os impactos sobre o ecossistema e a saúde humana atribuíveis apenas à contaminação atmosférica requer o conhecimento de relações causa e efeito, em muitos casos ainda não construído.

Apesar da existência de diversos impactos gerados pela poluição atmosférica, os mais considerados são aqueles que afetam a saúde humana. Estudos concluem que a concentração de poluentes na atmosfera (mesmo em níveis abaixo do que as concentrações mínimas determinadas pela legislação) contribui para o acometimento de doenças como diabetes, câncer de pulmão, doenças cardiorrespiratórias, entre outras.

O levantamento dos custos incorridos pelo sistema de saúde devido a elevação dos casos dessas doenças consiste na captação do valor econômico gerado pela poluição atmosférica.

Entretanto, outros fatores poderiam ser considerados através da aplicação de estudos que tivessem como objetivo captar a percepção dos indivíduos quanto à poluição do ar e a perda de conforto gerada por ela.

Quanto aos outros impactos, tem-se uma deficiência de avaliações ecológicas sobre a forma e a intensidade dos impactos que possam ser precisamente atribuíveis à poluição do ar, o que torna mais difícil o ato de valoração dos mesmos.

Essa incerteza ocorre mesmo nos casos em que a saúde é afetada pela poluição, apesar da evidência científica da relação causa e efeito (mesmo quando a quantidade de poluentes é inferior àquela recomendada pela legislação).

Outro aspecto importante no que tange a análise da poluição do ar se refere ao fato de que seus impactos podem ser gerados em escala local, regional ou global, o que demanda a adoção de políticas em diferentes escalas. Deve ser salientado também que seus impactos dependem, obrigatoriamente, de outras

variáveis como as condições do clima, dos ventos, arquitetura das cidades, etc, o que torna sua avaliação mais complexa.

Nesse contexto, enquanto não forem realizados estudos que forneçam conhecimento acerca dos impactos presentes e futuros e da real contribuição da poluição do ar, devem ser buscadas alternativas que minimizem as emissões, seja através de fontes estacionárias ou móveis.

Deve ser invocado, portanto, o Princípio da Precaução, para que catástrofes irreversíveis possam ser evitadas e as condições de vida humana e animal sejam preservadas.

6. Resumo e Considerações Finais

O presente trabalho teve como objetivo principal discutir sobre a capacidade dos métodos convencionais de valoração econômica ambiental (VEA) captarem o valor total dos ativos ambientais, a partir da apresentação dos conceitos da Economia Ecológica e dos valores que a mesma associa aos recursos naturais. Pretendeu-se mostrar, através da realização de estudos de casos, um caminho para um protocolo de valoração econômico-ecológica, para que a mesma possa incluir questões imprescindíveis à gestão ambiental.

A partir da realização dos referidos estudos de casos, buscou-se relacionar os aspectos teóricos da valoração econômica ambiental com o arcabouço teórico da Economia Ecológica, o que permitiu o embasamento da discussão sobre a eficácia dos métodos de valoração na captação do valor econômico do meio ambiente.

Os resultados obtidos através da aplicação dos métodos de valoração propostos, o MVC e o Método dos Custos Evitados, mostraram que existem custos gerados pela poluição da água e do ar, respectivamente, na cidade de Volta Redonda, indicando a necessidade da consideração desses custos nos processos de tomada de decisão quanto à gestão ambiental na cidade.

A aplicação do MVC permitiu que se fosse calculado o valor do recurso hídrico despoluído para a população de Volta Redonda, além de possibilitar a agregação de informações sobre o comportamento do cidadão perante as questões ambientais.

O estudo da poluição do ar revela a associação entre casos de doenças respiratórias e o nível elevado de poluentes na atmosfera, permitindo ainda a determinação dos custos econômicos incorridos devido a essas doenças.

Nos dois casos, se forem considerados os objetivos propostos pelos estudos de valoração embasados na Economia do Meio Ambiente, ter-se-ia cumprido seu objetivo principal.

Entretanto, a partir de uma avaliação mais completa dos impactos gerados pela poluição da água e do ar, tem-se que mesmo a finalidade a que os métodos

de valoração econômica se propõem (captação do valor econômico) não foi completamente atendida, já que a totalidade do valor econômico associado aos tipos de poluição avaliados não foi captada.

Adicionalmente, quando são introduzidos outros objetivos que não a eficiência alocativa - que conforme a visão pré-analítica da Economia Ecológica são a determinação de uma escala sustentável de utilização dos recursos naturais e a distribuição justa dos mesmos - agregam-se ao processo decisório diferentes dimensões de valor, o valor sociocultural e o valor ecológico, que não podem ser determinados pelos mecanismos de mercado associados ao valor econômico (e aos métodos capazes de estimá-lo).

A introdução do arcabouço teórico da Economia Ecológica, portanto, deixa evidente a necessidade de que a gestão dos recursos naturais considere aspectos como a determinação da escala sustentável de utilização desses recursos, a distribuição justa dos mesmos e, por fim, a eficiência alocativa dos mesmos.

Nesse processo, devem ser consideradas ainda todas as dimensões de valor, em detrimento da importância dada apenas à dimensão econômica do valor. Devem ser consideradas as dimensões ecológica e sócio-cultural de valor dos recursos naturais, para que os objetivos propostos pela Economia Ecológica possam ser atendidos.

As novas variáveis agregadas ao processo decisório demandam a existência de instrumentos capazes de internalizá-las ao processo, já que as metodologias amplamente utilizadas nos estudos de valoração partem para a avaliação apenas da dimensão econômica do valor.

A partir da apresentação dos preceitos da economia ecológica pode-se apresentar uma série de métodos capazes de estimar diferentes dimensões de valor consideradas imprescindíveis, pelos economistas ecológicos, nos processos de captação do valor total dos recursos naturais.

Nesse trabalho buscou-se ilustrar essa discussão, com base na análise dos resultados encontrados nos estudos de caso elaborados a partir da avaliação proposta pela economia convencional e, a partir da inclusão de outras dimensões

do valor, compará-los com base nos conceitos e métodos propostos pela economia ecológica.

No caso da poluição hídrica, a aplicação de um método alternativo de valoração (análise de energia) possibilitou um incremento ao valor do recurso hídrico avaliado a partir de uma análise não baseada nas preferências individuais, além disso, a apresentação de um índice de integridade biótica para o rio Paraíba do Sul pode contribuir de maneira expressiva para a determinação da sua escala sustentável de utilização.

Quanto à poluição atmosférica, apesar da constatação da existência de efeitos negativos da poluição do ar sobre a saúde da população da cidade de Volta Redonda, não foi possível uma avaliação mais completa do problema, já que não se dispõe de estudos ecológicos sobre outros efeitos da poluição atmosférica, o que indica a necessidade da realização de avaliações ecossistêmicas que formem uma base para a valoração dos reais impactos da poluição do ar.

Os estudos de valoração ambiental devem ser, portanto, capazes de formar bases para análise não apenas sobre os resultados de avaliações econômicas, mas também sobre a consideração dos aspectos relacionados à escala sustentável e equidade na distribuição, o que passa pela inserção de aspectos morais e éticos ao processo avaliativo.

Os métodos de valoração devem ser selecionados a partir da clara delimitação do objeto de estudo e a partir dos objetivos propostos pelo estudo de valoração (principalmente no que se refere à dimensão de valor que se quer captar), sendo os resultados obtidos associados estritamente ao objeto de estudo, aos objetivos propostos e à finalidade do método escolhido.

Outro fator importante no processo de escolha dos métodos se refere ao fundamento teórico que o envolve, ou seja, cada método está associado a uma base que pode ser as preferências individuais, as preferências coletivas e outras relacionadas a bases naturais, que desconsideram tais preferências.

Antes mesmo da escolha adequada dos métodos de valoração, deve-se realizar uma avaliação ecossistêmica do recurso em questão, com vistas a determinar os serviços ecossistêmicos por ele prestados para que a maior parte

das dimensões de valor associadas possam ser captadas. Nesse processo, a utilização de métodos de modelagem, que permitam a análise da dinâmica e da integração entre serviços ecossistêmicos pode formar uma base analítica que trará resultados cada vez mais completos e eficazes.

A avaliação multicritério também se apresenta como uma ferramenta importante na construção de cenários que permitam a valoração que contemple maior diversidade de atributos.

Apenas a obtenção de resultados isolados de métodos de valoração não é suficiente para a adoção eficiente de políticas públicas.

As decisões devem partir de um processo de discussões realizadas a partir da análise de valores monetários e não monetários, captados por meio dos estudos de valoração ambiental. De maneira coordenada, devem ser apresentados os resultados já obtidos e cenários construídos a partir da aplicação de modelagem ecossistêmica, análise multicritério e opinião de especialistas sobre o problema avaliado. Devem participar desse processo todos os grupos afetados (positivamente ou “negativamente”) de alguma forma pelas políticas adotadas. A gestão dos recursos naturais depende, portanto, das políticas ambientais e de um conjunto de políticas (econômicas, sociais, entre outras) que torne o seu cumprimento possível.

Uma das limitações do presente trabalho se refere a não realização da análise da dimensão sócio-econômica do valor. Outros trabalhos deverão, a partir da inclusão de avaliações mais aprofundadas, que permitam o conhecimento de uma parcela maior de serviços ecossistêmicos fornecidos e da dinâmica da integração desses com os demais serviços e variáveis ecossistêmicas, realizar avaliações que forneçam informações mais sólidas para a gestão dos recursos naturais. Os métodos de valoração aplicáveis ao cálculo das diferentes dimensões de valor devem ser aplicados e refinados para que seus resultados possam contribuir cada vez mais nesse processo.

7. Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Aneel). Atlas de energia elétrica do Brasil. 3. ed. – Brasília : Aneel, 2008.

ALIER, J.M. Economía y ecología: cuestiones fundamentales. In: Pensamiento Iberoamericano. N. 12. ICI/CEPAL, Madrid, jul-dic. 1987.

AMAZONAS, M.C. Valor e meio ambiente. Elementos para uma abordagem evolucionista. Tese de Doutorado. Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2001.

ARROW, K., SOLOW, R., PORTNEY, P. R., LEAMER, E. E., RADNER, R., SHUMAN, E. H. Report of the NOAA panel on contingent valuation. Federal Register, v. 58, n. 10, p. 4.602-4.614, 1993.

AVALIAÇÃO ECOSSISTÊMICA DO MILÊNIO (AM). Ecossistemas e Bem-Estar Humano: Estrutura para uma avaliação. Tradução: Renata Lúcia Bottini. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2005.

ANDRADE D. C. Modelagem e Valoração dos serviços ecossistêmicos: uma contribuição da economia ecológica. Tese de Doutorado – Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2010.

ANDRADE, D.C.; ROMEIRO, A.R. Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano. Texto para discussão. Instituto de Economia/UNICAMP, n. 155, fev. 2009.

ARAÚJO, F.G. Adaptação do índice de integridade biótica usando a comunidade de peixes para o Rio Paraíba do Sul. Revista Brasileira de Zoologia. 58, p. 547-558, 1998.

ARAÚJO, J.R.S; NUNAM, G.W. Ictiofauna do rio Paraíba do Sul: Danos ambientais e sociais causados por barragens, hidrelétricas e poluição no trecho fluminense.CPDMA-ALERJ, set. 2005.

BALLESTERO, R. H. Aplicación de un análisis de los múltiples criterios em el distrito La Guácima para una gestión integral de su recurso hídrico. Costa Rica. In: ULATE, R.; CISNEROS, J. 2007. Valoración económica ecológica y ambiental. Análisis de casos em Iberoamérica. 1ª Ed. Heredia, EUNA. p.147-167. 2007.

BASILE-MARTINS, M. A.; CIPÓLLI, M. N.; CESTAROLLI, M. A. Limnologia de reservatórios do sudeste do estado de São Paulo, Brasil – VI Produção Primária Bruta. Boletim Instituto da Pesca 12 (1) , p. 123-143, 1985.

BATEMAN, I., TURNER, K. Valuation of the Environment, Methods and Techniques: The Contingent Valuation Method. In: TURNER, R. T. Sustainable Environmental Economics and Management. London and New York: Belhaven, 1992.

BELLUZZO JR., W. Valoração de bens públicos: o método de valoração contingente. Dissertação de Mestrado em Economia - Universidade de São Paulo (USP), 1995.

BENITEZ, R. M. Impactos das preferências ambientais sobre os resultados dos métodos de análise conjunta de valoração ambiental - Rating e Ranking Contingent. Tese de Doutorado em Economia – Faculdade de Economia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

BLANCO, J. La Experiencia Colombiana en Esquemas de Pagos por Servicios Ambientales, Conservation International paper, com contribuições de Sven Wunder, CIFOR e Fabián Navarrete, Ecoversa, 2006.

BOUMANS, R., COSTANZA, R., FARLEY, J., WILSON, M.A., PORTELA, R., ROTMANS, J., Villa, F., GRASSO, M. Modeling the dynamics of the integrated earth system and the value of global ecosystem services using the GUMBO model. *Ecological Economics* 41, 529-560, 2002.

BOUMANS, R., COSTANZA, R. The multiscale integrated Earth Systems model (MIMES). In: VAN BERS, C., PETRY, D., PAHL-WOSTL, C. (eds.), 2007. *GlobalAssessments: Bridging Scales and Linking to Policy*. Report on the joint TIAS-GWSP workshop held at the University of Maryland University College, Adelphi, USA, 10 and 11 May 2007. GWSP Issues in Global Water System Research, nº 2. GWSP IPO, Bonn. 2:102-106, 2007.

BRAGA, A.L.F.; CONCEIÇÃO, G.M.S.; PEREIRA, L.A.A.; KISHI, H.; PEREIRA, J.C.R.; ANDRADE, M.F.; GONÇALVES, F.L.T.; SALDIVA, P.H.N., LATORRE, M.R.D.O. Air pollution and pediatric respiratory hospital admissions in São Paulo, Brazil. *J. Environ. Med.*, v. 1, p. 95-102, 1999.

BRANCO, S.M.; ROCHA, A. A. Ecologia: Educação Ambiental. São Paulo: Cetesb, 1980.

BUCHANAN J. M. Social choice, democracy, and free markets. *J Polit Econ* 62. p. 114–123, 1954.

CAMEY, S. A.; AGRANONIK, M.; RADAELLI, J.; HIRAKATA, V. N. Fração Atribuível Populacional. *Revista do Hospital das Clínicas de Porto Alegre*. 30(1). p. 77-85, 2010.

CANÇADO, J.E.D. A poluição atmosférica e sua relação com a saúde humana na região canavieira de Piracicaba – SP. 201 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2003.

CARSON, R.T.; MITCHELL, R.C.; HANEMANN, W. M.; KOPP, R.J.; PRESSER, S.; RUUD, P.A. A contingent valuation study of lost passive use values resulting from the Exxon Valdez oil spill. Report to the attorney general of the state of Alaska. La Jolla, Natural Resource Damage Assessment Inc. Califórnia, 1992.

CAVALCANTI, P.M.S. Avaliação dos Impactos Causados na Qualidade do Ar pela Geração Termelétrica. Tese (Mestrado em Planejamento Energético) - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 2003.

CAVALETT, O. Análise do ciclo de vida da soja. Tese de Doutorado em Engenharia de Alimentos. Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2008.

CIRINO, J. F.; LIMA, J. E. Valoração Contingente da Área de Proteção Ambiental (APA) São José – MG: um estudo de caso. Revista Economia e Sociologia Rural, vol. 46, nº 3, p. 703-738, jul/set 2008.

COMITÊ DE INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL (CEIVAP). Bacia do Rio Paraíba do Sul - Dados Geoambientais. Disponível online: http://ceivap.org.br/bacia_1_2.php. Acesso em 07/07/2009.

COCHRAN, W. G. Sampling techniques. New York : John Wiley, 1953.

COELHO, G.M. Prospecção tecnológica: metodologias e experiências nacionais e internacionais. Projeto CTPetro Tendências Tecnológicas: Nota Técnica 14. Instituto Nacional de Tecnologia. 2003.

COELHO, M. S. Z. S. Uma análise estatística com vistas a previsibilidade de internações por doenças respiratórias em função de condições meteorológicas na cidade de São Paulo. 196 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, 2007.

CONCEIÇÃO, G.M.S.; SALDIVA, P.H.N.; SINGER, J.N. Modelos MLG e MAG para análise da associação entre poluição atmosférica e marcadores de morbimortalidade: uma introdução baseada em dados da cidade de São Paulo. Revista Brasileira de Epidemiologia. Vol. 4, Nº 3, 2001.

COSTANZA, R. Social Goals and the Valuation of Ecosystem Services. *Ecosystems* 3, 4-10, 2000

COSTANZA, R.; FARBER, S.C. The economic value of coastal wetlands in Louisiana. Final Report to the Louisiana Department of Natural Resources. Center for Wetland Resources, Louisiana State University, Baton Rouge, La, 1985.

COSTANZA R.; FARBER S.; MAXWELL, J.. Valuation and management of wetlands ecosystems. *Ecological Economics*, Vol.1, p.p.335-361, 1989.

COSTANZA R, FOLKE C. Valuing ecosystem services with efficiency, fairness and sustainability as goals. In: Daily G, editor. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Washington, DC: Island Press. p 49–70, 1997.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; De GROOT, R.S.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'Neill, R.V.; PARUELO, J.; RASKIN, R.G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253-260. 1997.

COSTANZA, R., RUTH, M. Using Dynamic Modeling to Scope Environmental Problems and Build Consensus. *Environmental Management* 22(2), 183-195, 1998.

CUNHA, F.L.S. Valoração dos serviços ecossistêmicos em bacias hidrográficas. Tese de Doutorado – Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). 2008.

DALY, H. e FARLEY, J. *Ecological Economics: Principles and applications*. Island Press: Washington. 2003.

De GROOT, R.S.; WILSON, M.A.; BOUMANS, R.M.J. A tipology for the classification, description, and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41, 393-408. 2002.

EUROPEAID. Resumo do Painel de Especialistas. Disponível em: http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0510717_07_postextual.pdf. Acesso em 01/09/2010.

FALCONI, F.; BURBANO, R. Instrumentos econômicos para la gestión ambiental: decisiones monocriteriales versus decisiones multicriteriales. In: ULATE, R.; CISNEROS, J. 2007. *Valoración económica ecológica y ambiental. Análisis de casos em Iberoamérica*. 1ª Ed. Heredia, EUNA. p.79-100. 2007

FARBER, S.; COSTANZA, R.; WILSON, M. Economic and Ecological Concepts for Valuing Ecosystem Services, *Ecological Economics*, vol. 41, pp. 375-392, 2002.

FARIA, R.C. Um teste empírico do modelo bidding games de avaliação contingente. Brasília: UnB, 1998. 110 p. Dissertação (Mestrado em Economia). Universidade de Brasília, 1998.

FARIA, R.C., NOGUEIRA, J.M. Método de valoração contingente: aspectos teóricos e empíricos. Brasília, 1998.(Mimeogr.).

FEEMA. Relatório Anual de Qualidade do Ar do Estado do Rio de Janeiro, 2007. Departamento de Planejamento Ambiental, Divisão de Qualidade do Ar, 2008.

FIELD, A. Descobrimos a estatística usando o SPSS. Tradução Lorí Viali. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FOCO REGIONAL. Derrame de óleo no Rio Paraíba do Sul. Disponível on line: <http://www.focoregional.com.br/page/fotoleitor.asp?lg=139>. Acesso em 30/10/2009.

FREEMAN III, A. M. The measurement of environmental and resource values. Washington: Resource for the Future, 1993.

FREITAS, C. U.; PEREIRA, L. A. A.; SALDIVA, P. H. N. Vigilância dos efeitos na saúde decorrentes da poluição atmosférica: estudo de factibilidade. (2002) Disponível em: http://www.cve.saude.sp.gov.br/htm/doma_vig.htm. Acesso 10/12/2009.

FREITAS, E. A. S. F. Valoração contingente de ativos ambientais na suinocultura: Um estudo de caso no município de Diamantino-MT. Dissertação Mestrado. Cuiabá: UFMT, 2004.

GOUVEIA N.; MENDONÇA, G. A. S.; PONCE-DE-LEON A.; CORREIA, J. E. M.; JUNGER, W.L.; FREITAS, C.U.; et al. Poluição do ar e efeitos na saúde nas populações de duas grandes metrópoles brasileiras. Epidemiol Serv Saúde 12. p. 29-40, 2003.

GUJARATI, D. N. Econometria Básica. Tradução: Maria José Cyhlar Monteiro. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

HANEMANN, M.W. Welfare evaluation in contingent valuation experiments with discrete responses. American Journal of Agricultural Economics, n. 66, p. 332-341, 1984.

HANLEY, N.; SPASH, C.L. Cost-benefit analysis and the environment. Hants: Edward Elgar Publishing Limited, England, 1993.

HERCOWITZ, M.; MATTOS, L.; SOUZA, R. P. Estudos de casos sobre serviços ambientais. In: NOVION, H.; VALLE, R. (Org.) É pagando que se preserva? Subsídios para políticas de compensação por serviços ambientais. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2009.

HUFSCHMIDT, M.M.; JAMES, D. E.; MEISTER, A.D.; BOWER, B. T.; DIXON, J. A. Environment, Natural Systems and Development, an Economic Valuation Guide. The Johns Hopkins University Press. Baltimore and London, 1983.

IBGE. Pesquisa de Informações Básicas Municipais. Perfil dos municípios brasileiros. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2008.

INEA. Rio Paraíba do Sul. Disponível on line: <http://www.inea.rj.gov.br/fma/bacia-rio-paraiba.asp>. Acesso em 20/11/2009.

JACOBS, M. Environmental valuation, deliberative democracy and public decision-making. In: Foster, J. (Ed.), *Valuing Nature: Economics, Ethics and Environment*. Rutledge, London, UK, p. 211–231, 1997.

KASKANITZ, G. Método de Análise Multicritério. Disponível online: <http://geokas.blogspot.com/2010/09/metodo-de-decisao-multicriterio.html>. Acesso em 20/09/2010.

KARR, J. R. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6, p. 21-27. 1981.

KARR, JR.; DUDLEY, D.R. Ecological perspective on water quality goals. *Environmental Management* 5, pág 55-68, 1981.

KLEINBAUM, D.G.; KUPPER, L.L.; MÜLLER, K.E. *Applied regression analysis and other multivariate methods*. Belmont, Duxbury Press, 1988.

LIU S.; COSTANZA, R.; FARBER, S.; TROY, A. Valuing ecosystem services: Theory, practice, and the need for a transdisciplinary synthesis. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1185, p. 54–78, 2010.

MAIA, A. G. Valoração de Recursos Ambientais. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Econômico - Universidade Estadual de Campinas, 2002.

MARQUES, J. F. Valoração Ambiental. Disponível online: <http://www.redeambiente.org.br/Opiniao.asp?artigo=152>. Acesso em 08/07/2010.

MARTINS, E.C. O turismo como alternativa de desenvolvimento sustentável: o caso de Jericoacoara no Ceará. Tese de Doutorado em Economia Aplicada. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, 2002.

MITCHEL, R.C.; CARSON, R.T. *Using surveys to value public goods: the contingent valuation method*. Washington: Resources for the future, 1989.

MOBERG, F; FOLKE, C. Ecological Goods and Services of Coral Reef Ecosystems. *Ecological Economics*, 29. 1999.

MOGAS, J.; RIERA, P.; BENNETT, J. A comparison of contingent valuation and choice modeling with second-order interactions. *Journal of Forest Economics* 12, p. 5–30, 2006.

MORGENSTERN, H. Uses of ecological analysis in epidemiologic research. Am. J. Public Health, v. 72, p. 1336-44, 1982.

MOTTA, R. S. Manual para valoração de recursos ambientais. Brasília: DF: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1998.

_____. Economia Ambiental. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2007.

MUNDA, G. Multicriteria Evaluation in a Fuzzy Environment. Physica-Verlag Heidelberg. Alemanha. 1995.

MURGUERITO, E.; IBRAHIM, M.; RAMIREZ, E.; ZAPATA, A.; MEJIA, C.; CASASOLA, F. Usos de la Tierra em Fincas Ganaderas: Guía para el pago de servicios ambientales em el proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas. 2ª Ed., Apótema, Medellín, Colômbia, 2003.

NOGUEIRA, J.M.; MEDEIROS, M.A.A. Quanto vale aquilo que não tem valor? Caderno de Ciência e Tecnologia Brasília, v.16, n.3, p. 59-83, set/dez. 1999.

NOGUEIRA, J. M.; MEDEIROS, M. A. A. E ARRUDA, F. Valoração econômica do meio ambiente: ciência ou empiricismo? Caderno de Ciência & Tecnologia. Brasília, v. 17, n. 2, p.81-115, 2000.

NORBERG, J. Linking Nature's services to ecosystems: some general ecological concepts. Ecological Economics 29, 183-202. 1999.

O GLOBO. Poluição provocada por vazamento de inseticida pode chegar à cidade de Campos. Disponível on line: [http://oglobo.globo.com/rio/mat/2008/11/22/poluicao provocada por vazamento de inseticida pode chegar cidade de campos-586510692.asp](http://oglobo.globo.com/rio/mat/2008/11/22/poluicao%20provocada%20por%20vazamento%20de%20inseticida%20pode%20chegar%20cidade%20de%20campos-586510692.asp). Acesso em 30/10/2009.

ODUM, H.T. Environmental Accounting. Emergy and Environmental Decision Making. J.Wiley & Sons. NY, 1996.

ODUM, H.T. Emergy Evaluation of Salmon Pen Culture. Proceedings of the International Institute of Fishery Economics (on line), 2001.

ORTEGA, E., ANAMI, M., DINIZ, G. Certification of food products using emergy analysis. Proceedings of III International Workshop Advances in Energy Studies, Porto Venere, Itália, 227-237, 2002.

ORTEGA, E., CVALETT, O., BONIFACIO, R., WATANABE, M. Brazilian Soybean Production: Emergy Analysis With an Expanded Scope. Bulletin of Science, Technology & Society 25 (4): 323-334, 2005.

ORTEGA, E. Análise sistêmica e energética da aquicultura. In: II Seminário de Aquicultura Sustentável, CA – UNESP. Jaboticabal, São Paulo, 2008.

ORTEGA, E. Contabilidade e diagnóstico de sistemas usando os valores dos recursos expressos em energia. Arquivos da FEA/UNICAMP. Disponível online: <http://www.unicamp.br/fea/ortega/extensao/resumo.pdf>. Acesso em 12 set. 2010.

PEARCE, D. W.; TURNER, R.K. Economics of natural resources and environment. Londres: Harvester Wheashealf, 1990.

PEARCE, D. Economic Valuation and the Natural World. WPS, 988, Washington DC: World Bank. 1992.

_____. W. Economic Values and the Natural World. London: Earth scan Publications, 1993.

PEREIRA, L. G. Síntese dos métodos de pegada ecológica e análise emergética para diagnóstico da sustentabilidade de países: o Brasil como estudo de caso. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Alimentos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, 2008.

PIEROBOM, J. L. Estudo da Sustentabilidade Ambiental em diferentes sistemas de criação de tilápias. Dissertação de Mestrado em Engenharia da Produção. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista. 2009.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D.L. Microeconomia. 4ª ed. São Paulo: Makron Books, 1994.

POLANYI, K. A Grande Transformação. Rio de Janeiro: Campus, 1980.

PUGLIESI, A. C. V. Valoração econômica pelo método do custo de reposição do efeito da erosão em sistemas de produção agrícola. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola. Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, 2007.

RAWLS J. A theory of justice. Oxford: Oxford University Press, 1971.

RIBEIRO, F.L. Avaliação contingente de danos ambientais: o caso do rio Meia Ponte em Goiânia. Dissertação de Mestrado em Economia Rural - Universidade Federal de Viçosa, 1998.

ROMEIRO, A R. Economia ou economia política da sustentabilidade? Texto para Discussão. IE/UNICAMP, Campinas, n. 102, set. 2001.

_____. Economia e Biodiversidade. Megadiversidade. V.2. Nº 1-2. Dez/2006.

ROSSANO, E. M. Diagnosis of stream environments with index of biological integrity for Japanese streams. Sankaido, Tokyo, Japan, 1996

SALDIVA, P.H.N.; POPE III, C.A.; SCHWARTZ, J.; DOCKERY, D.W.; LICHTENFELS, A.J.; SALGE, J.M.; BARONE, I.; BÖHM, G.M. Air pollution and mortality in elderly people: a time-series study in São Paulo, Brazil. Arch. Environ. Health., v. 50, p. 159-63, 1995.

SCHWARTZ J. Air pollution and daily mortality in Birmingham, Alabama. Am. J. Epidemiol., v. 137, p. 1136-47, 1993.

SCHWARTZ, J. Air pollution and daily mortality: A review and meta analysis. Environ. Res., v. 64, p. 36-52, 1994.

SCHWARTZ, J.; DOCKERY, D.W.; NEAS, L.M. Is daily mortality associated specifically with fine particles? J. Air Waste Manage. Assoc., v. 46, p. 927-39, 1996.

Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA). Modelagem de Qualidade da Água – Sub Região B. 1998.

SILVA, R.G. Valoração do parque ambiental "Chico Mendes", Rio Branco – Ac: Uma aplicação probabilística do método *Referendum* com *bidding games*. Dissertação de Mestrado em Economia Aplicada - Universidade Federal de Viçosa (UFV), 2003.

SIMAS, H. S. Aspectos metodológicos em análises de séries temporais epidemiológicas do efeito da poluição atmosférica na saúde pública: uma revisão bibliográfica e um estudo comparativo via simulação. 107 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2003.

SINISGALLI, P. A. A. A eMergia como indicador de valor para a análise econômico-ecológica. Megadiversidade. V. 2. nº 1-2. Dezembro/2006.

SOR, J.L.; CLEVELÁRIO JÚNIOR, J.; GUIMARÃES, L.T.; MORENO, R.A.M. Relatório piloto com aplicação da metodologia IPPS ao estado do Rio de Janeiro: uma estimativa do potencial de poluição industrial do ar. Texto para discussão.Nº 2. Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2008.

SOUSA, G.B. Valoração Econômica de ativos naturais urbanos: o caso do Parque Metropolitano de Pituáçu, Salvador-Bahia. Brasília: UNB, 2004. 176 p. Dissertação de Mestrado (Política e Gestão Ambiental). Universidade de Brasília, 2004.

STERN, A. C.; BOUBEL, R. W.; TURNER, D. B.; FOX, D. L.; Fundamentals of air pollution. 2^a ed. Orlando: Academic Press, 1984.

TEIXEIRA, C. Introdução aos métodos para medir a produção primária do fitoplâncton marinho. Boletim do Instituto Oceanográfico de São Paulo. São Paulo, v. 22, p.59-92, 1973.

TÔSTO, S. G. Sustentabilidade e Valoração dos serviços ecossistêmicos no espaço rural do município de Araras, SP. Tese de Doutorado em Desenvolvimento Econômico. Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2010.

TURNER, M.G.; COSTANZA, R.; SPRINGER, T.M.; ODUM, E.P. Market and nonmarket values of the Georgia landscape. Environ. Management., 12. p. 209-217, 1988.

WRIGHT, J. T. C. A técnica Delphi: uma ferramenta útil para o planejamento do Brasil? In: III ENCONTRO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO EMPRESARIAL – "COMO PLANEJAR 86", 28-29 nov. 1985. São Paulo. *Anais*. São Paulo: SPE – Sociedade Brasileira de Planejamento Empresarial, 1986. p.199-207.

WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A. D. Uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. *Caderno de Pesquisas em Administração*, São Paulo, v.1, n.12, 2^o trimestre/2000.

ULGIATI, S.; BROWN, M. T. Quantifying the environmental support for dilution and abatement of process emissions – The Case of Electricity Production. *Journal of Cleaner Production* 10, 335-348, 2002.

VATN, A.; BROMLEY, D. W. Choices without Apologies. *Journal of Environmental Economics Management* 26, 129-148, 1994.

Anexo I – Métodos Convencionais de Valoração Econômica Ambiental

A) Os Métodos mais utilizados para Valoração Econômica Ambiental³⁸

O desenvolvimento de métodos capazes de atribuir valores monetários aos recursos naturais não constitui uma tarefa fácil, já que os mesmos devem revelar preços para recursos que, muitas vezes, não são transacionados em mercados. Além disso, trata-se de recursos que têm seu valor composto não apenas por valores de uso, conforme exposto anteriormente, mas também por outras parcelas de valores que envolvem questões que vão muito além das evidenciadas pelas relações de mercado.

Suas especificidades e características³⁹ também contribuem para elevar a complexidade envolvida nos estudos de valoração.

Existem diversas classificações para esses métodos⁴⁰. No presente trabalho os métodos de valoração econômica ambiental serão apresentados com base na classificação apresentada por Motta (1998).

Tal autor classifica os métodos em dois grupos: os **métodos da função de produção**⁴¹ e os **métodos da função de demanda**⁴².

Os métodos da função de produção utilizam preços de mercado para atribuir valor aos bens e serviços ambientais, quando estes têm como substitutos bens ou serviços privados. Com base nos preços dos produtos privados estimam-se indiretamente os valores econômicos dos recursos ambientais cuja variação da disponibilidade está sendo analisada.

Os métodos da função de demanda assumem que a variação da disponibilidade do recurso ambiental altera a disposição a pagar ou aceitar dos

³⁸ Seção baseada em Motta (1998) e (2007).

³⁹ Características como exclusividade, rivalidade, falta de direitos de propriedade bem definidos, entre outras. Para maiores detalhes consultar Daly e Farley (2003).

⁴⁰ Algumas delas podem ser encontradas em Bateman e Turner (1992), Hufschmidt et al., (1983) e Pearce (1993).

⁴¹ Também chamados de Métodos Indiretos de Valoração.

⁴² Também chamados de Métodos Diretos de Valoração.

agentes econômicos em relação àquele bem ou seu bem privado complementar. Dentro desses grupos encontram-se diversos métodos de valoração (Figura 19).

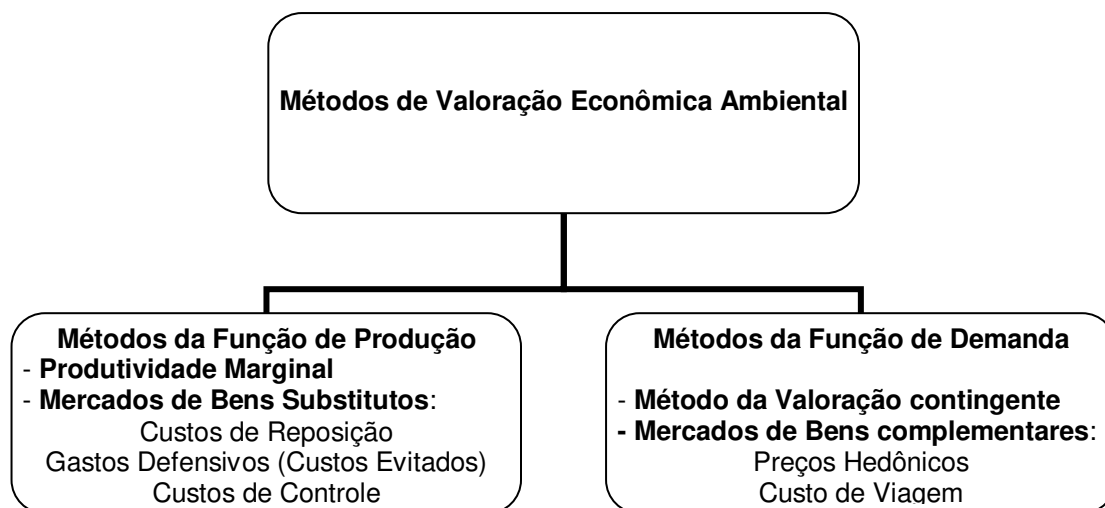


Figura 19 – Classificação dos Métodos de Valoração Econômica Ambiental

Fonte: Baseado em Motta, 1998.

Na próxima seção serão apresentados os referidos métodos, suas aplicações e as principais críticas a eles destinadas.

A) Métodos da Função de Produção

Esses métodos permitem o cálculo da participação do bem ou serviço ambiental em questão em determinada atividade econômica, a partir da função de produção do produto analisado. Através do conhecimento das relações existentes entre os recursos produtivos e o produto gerado tem-se a função de produção do processo em questão e, a partir daí, estimam-se as possíveis variações nas quantidades de produto gerado dadas variações nas quantidades dos recursos produtivos utilizados.

Sendo assim, dada a função de produção $P = f(Y, R)$, onde Y = insumos privados, R = recursos ambientais (preço zero) e P = produto gerado, podem-se analisar variações no produto gerado (P) quando ocorrerem variações na quantidade de recursos ambientais (R) utilizados, sendo a perda ou ganho de receita resultante (excedente do produtor), capaz de ser comparada a contribuição dos recursos (R) para a atividade produtiva.

A.1) Método da Produtividade Marginal

A aplicação desse método consiste na análise de variações geradas na produção, dadas variações na quantidade e/ou qualidade dos recursos ambientais utilizados como insumo em tal produção. Tais variações devem ser observadas a partir de uma função Dose-Resposta (DR). Segundo Motta (1998), as funções DR relacionam a variação do nível de estoque ou qualidade do recurso ambiental (R), com o nível de danos físicos ambientais provocados com a produção do produto P ou outro qualquer, para identificar o decréscimo da disponibilidade de R para a produção de P .

Sendo assim, a utilização de determinado recurso ambiental R , pode gerar redução em seu estoque e qualidade, fazendo com que a continuidade de sua utilização no processo produtivo fique prejudicada. Essa perda na quantidade produzida (avaliada pelo seu preço de mercado) seria comparada ao valor monetário da perda de qualidade e quantidade do recurso ambiental em questão.

Como exemplo pode ser citada a perda da safra (resposta) causada pela erosão (dose).

Esse método é capaz de captar o valor de uso (direto e indireto) dos recursos e serviços ambientais, o que o torna limitado, ao subestimar o valor dos recursos e serviços para os quais são aplicados. Além disso, sua aplicação demanda o conhecimento das complexas relações existentes entre o recurso e o produto em análise, podendo ser essas, em muitos casos, incertas.

A.2) Métodos de Mercados de Bens Substitutos

O método exposto anteriormente utiliza as variações marginais na produção como base para o cálculo do valor de determinado recurso ambiental. De outra maneira, os métodos apresentados nesta seção consideram ações que possam evitar essas variações na produção, através do controle (da qualidade e quantidade) dos insumos de produção utilizados.

Com o objetivo de evitar as perdas na produção, os produtores tendem a utilizar recursos substitutos àqueles que tiveram seu estoque e/ou qualidade alterados (R), elevando seus custos de produção. Dessa maneira, não existirão perdas de receitas, mas, elevação dos custos de produção, já que os recursos utilizados (a preço zero) deverão ser substituídos por outros transacionados nos mercados.

A partir da **substituição** de fatores de produção, a função de produção será dada por: $P = f(Y, R + S)$, onde S = Substituto perfeito de (R). Reduções na qualidade ou quantidade de R podem ser substituídas por S, sem prejuízo ao P. Daí surge uma das limitações desses métodos, pois é muito difícil encontrar substitutos perfeitos para os recursos e serviços ambientais. Mesmo que algumas de suas funções sejam atendidas por substitutos, isso não se dará em sua totalidade (se consideradas as elevadas possibilidades de utilização dos recursos naturais pelo homem e seu papel no ecossistema), o que fará com que as mesmas sejam subvalorizadas.

Um exemplo seriam as estações de tratamento de água, que substituem os ecossistemas no fornecimento de água limpa potável. Apesar de fornecer água para o consumo não supera os impactos da poluição da água em outros componentes dos ecossistemas e seus serviços.

Os métodos de custo de reposição, custos evitados e custos de controle fazem parte desse grupo e serão expostos a seguir.

Método do Custo de Reposição (MCR)

Conforme já discutido, a redução da quantidade e da qualidade dos bens e serviços ambientais pode causar impactos negativos nas atividades produtivas que os têm como insumos. Tais impactos podem ser eliminados ou minimizados através da reposição das condições desejáveis dos bens e serviços ambientais. Isso se faz através da substituição dos recursos degradados por produtos substitutos, comercializáveis no mercado, levando à elevação dos custos de produção. Esses custos seriam chamados de custos de reposição.

O MCR consiste, então, no cômputo dos custos incorridos ao se restaurarem as condições dos recursos naturais através da utilização de produtos substitutos que, sendo transacionados pelo mercado, podem oferecer seus preços como *proxy* dos valores dos bens e serviços ambientais substituídos e, em consequência, dos benefícios que proporciona à sociedade.

Um exemplo da aplicação do método do custo de reposição é o trabalho em que Pugliesi (2007) avalia monetariamente a degradação do solo pela erosão a partir da análise dos gastos realizados para a aquisição de fertilizantes, que seriam responsáveis pela reposição das características originais do solo (especificamente a reposição dos nutrientes perdidos), possibilitando o desenvolvimento das atividades agrícolas no mesmo.

Uma das principais críticas destinadas a esse método se refere à impossibilidade de se substituir recursos naturais de maneira perfeita, o que indica que apesar dos custos incorridos para a restauração do recurso natural em questão, não se consegue restaurar todas as características degradadas. Além disso, o método capta apenas o valor de uso dos recursos ambientais, deixando fora do cálculo os valores de opção e de existência, fazendo com que os resultados obtidos acabem por subestimar o valor dos recursos naturais.

Método dos Custos Evitados (MCE)

Este método estima o valor de um recurso ambiental através da mensuração dos gastos evitados ou a serem evitados com atividades defensivas, substitutas ou complementares para alguma característica ambiental. Tais gastos

poderiam ser considerados como uma aproximação monetária das variações de bem-estar do recurso ambiental (Pearce, 1993).

Dessa maneira, procura-se avaliar os bens e serviços substitutos ou complementares aos recursos naturais (R) adquiridos com vistas a manter os níveis originais de qualidade e quantidade do produto gerado (P) (no caso dos indivíduos pretende-se recuperar os níveis de bem-estar gerado), utilizando-se o resultado como uma *proxy* do valor monetário do recurso ambiental preservado.

Como exemplos de custos evitados poderiam ser citados a compra de água potável com vistas à proteção do indivíduo perante os efeitos causados pela ingestão de água poluída (gastos que seriam evitados caso a poluição não existisse) ou os gastos com tratamentos de saúde que ocorreram em decorrência de doenças causadas pelos efeitos da poluição.

As aplicações mais comuns do MCE estão na avaliação da mortalidade e morbidade humanas e estudos relacionados com poluição e suas implicações sobre a saúde humana.

Um dos problemas encontrados em sua aplicação seria a necessidade de que os recursos substitutos ao recurso natural avaliado seja um substituto perfeito. Caso eles sejam substitutos imperfeitos, os “gastos defensivos” não refletirão todo o desconforto causado pela poluição/degradação e, assim, subestimarão os benefícios de reduzir os seus níveis, subestimando também as mudanças no bem estar humano (Nogueira et. al, 2000).

Esse viés envolve uma questão teórica importante que será objeto de discussões neste trabalho e se relaciona diretamente com seu objetivo. A substitutibilidade perfeita dos recursos naturais envolve a capacidade dos recursos manufaturados em repor uma elevada gama de bens e serviços prestados por eles, o que se faz praticamente impossível.

Deve ser observada ainda a necessidade de utilização do instrumental econométrico para a aplicação deste método, que deve ser feita com base no conhecimento sólido do conjunto de teorias econométricas para que seus resultados possam ser válidos e confiáveis.

Método dos Custos de Controle

Os custos de controle são aqueles em que se incorrem para evitar que os recursos ambientais (R) tenham seu estoque reduzido ou sua qualidade degradada. O método de custos de controle então, se baseia na quantificação desses custos como aproximação do valor monetário dos recursos ambientais preservados.

Método do Custo de Oportunidade

O método do custo de oportunidade estima o custo de preservar o recurso através de sua preservação. Ao não se utilizar o recurso ambiental para nenhuma atividade concorrente sacrifica-se uma renda potencial, que poderia ser auferida ao se desenvolver tal atividade. Esse sacrifício (renda perdida ou qualquer benefício gerado pela atividade) consiste no custo de oportunidade, que seria uma aproximação do valor do recurso ambiental em questão.

Um exemplo poderia ser os ganhos que deixariam de ser auferidos com um empreendimento imobiliário que não se realizou para que determinada área de preservação ambiental fosse mantida.

B) Métodos da Função de Demanda

Os métodos baseados na função de demanda partem do princípio de que a variação da disponibilidade do recurso ambiental altera a disposição a pagar ou a aceitar dos agentes econômicos em relação àquele recurso ou seu bem privado complementar. Portanto, para que se possam estimar valores para os recursos ambientais a partir desses métodos devem-se analisar funções de demanda para esses recursos derivadas de mercados de bens ou serviços privados complementares ao recurso ambiental (Método dos Preços Hedônicos ou Método dos Custos de Viagem) ou de mercados hipotéticos construídos especificamente para o recurso ambiental em análise – Valoração Contingente - (Motta, 1998).

B.1) Métodos de Mercado para bens complementares

Esses métodos utilizam os preços de mercados para bens privados para determinar o valor dos recursos ambientais, a partir da observação dos preços de mercado dos produtos complementares aos recursos ambientais em análise.

Dada uma função de utilidade $U = f(Q, X)$, onde Q = recurso ambiental complementar a X (preço zero) e X = vetor de quantidades de produtos transacionados nos mercados, tem-se que, sendo X e Q complementares, poder-se-ia calcular Q a partir da estimativa de demanda de X para vários níveis de Q .

Método dos Preços Hedônicos (MPH)

A base desse método consiste na determinação de valores para os bens e serviços ambientais a partir análise da variação dos preços de mercado dos bens privados complementares a eles.

Tomando-se como exemplo dois bens complementares, A e B , sendo A um recurso ambiental (preço zero) e B , um recurso privado transacionado no mercado, pode-se dizer que o valor de A seria determinado através da variação no preço de B dada em função dos atributos do bem A .

Os bens A e B poderiam ser, no caso da valoração ambiental, um parque ecológico e um imóvel, respectivamente. O valor monetário do parque ecológico poderia ser determinado através da comparação entre preços dos imóveis com as mesmas características físicas, mas tendo como diferencial a proximidade ou não do parque ecológico. Os imóveis mais próximos dos recursos ambientais possuem os preços mais elevados, captando a disponibilidade do indivíduo a pagar pelo recurso ambiental e tornando possível sua valoração. Imóveis próximos a áreas poluídas (poluição sonora, visual, atmosférica, hídrica), de outra forma, teriam seus preços reduzidos perante outros, mesmo que possuíssem as mesmas características.

Esta estimativa se daria através de uma função chamada função hedônica de preço. Seja P o preço de uma propriedade, expresso da seguinte forma:

$$P_i = f(a_{ij}, a_{ij}, \dots, E_i) \quad (3)$$

Onde a_j representa os vários atributos da propriedade i e E_i representa o nível do bem ou serviço ambiental E associado a esta propriedade i .

De acordo com a função, o preço implícito de E , P_e , será dado por $\frac{\partial P}{\partial E}$, assim, P_e será uma medida de disposição a pagar por uma variação de E .

Um dos problemas relacionados a esse método seria a dificuldade encontrada ao se realizar o levantamento de dados referentes às outras características que também viessem a contribuir para a variação nos preços dos imóveis, já que não apenas o provimento dos recursos ambientais de qualidade seria responsável pela determinação dos preços dos imóveis. Informações como facilidades de serviços, qualidade do local e informações socioeconômicas sobre os proprietários das propriedades da região seriam utilizadas para a realização da análise.

Deve-se ainda considerar a inexistência de comportamento oportunista por parte dos agentes que comercializam os imóveis (o que poderia subvalorizá-los) e, ainda, existir a clara definição do bem ou serviço ambiental em questão.

Além disso, o método não é capaz de captar o valor total do recurso ambiental, sendo responsável apenas pela captação do valor de uso (direto e indireto) e valor de opção.

Método do Custo de Viagem (MCV)

Segundo Pearce (1993), a idéia do MCV é que os gastos efetuados pelas famílias para se deslocarem a um lugar, geralmente para a recreação, podem ser utilizados como uma aproximação dos benefícios proporcionados por essa recreação. Assim, o recurso ambiental seria valorado com base nos preços obtidos em mercados de bens complementares a eles.

Com o objetivo de captar valor de uso direto e indireto do ativo ambiental, o MVC estimaria a demanda por tal ativo através da construção de sua curva de demanda baseada nos custos de viagem ao ativo ambiental.

As informações necessárias à operacionalização do MVC deveriam ser obtidas através da realização de entrevistas no próprio local, com a amostra selecionada, com vistas a levantar informações sobre os custos da viagem e outras variáveis socioeconômicas que possam ser úteis para a determinação da demanda do indivíduo pelo ativo ambiental.

Dessa forma, tem-se que:

$$Q_i = f(CV, X_1, \dots, X_n) \quad (4)$$

Onde:

Q_i = a quantidade de visitas mensais ao bem ambiental; CV = custo médio de viagem (deslocamento, entrada, etc); os X s serão utilizados para representar as variáveis socioeconômicas como a renda mensal do indivíduo e seu nível de escolaridade; outros fatores como a distância da residência do indivíduo até o ativo ambiental e o tempo médio gasto no percurso também devem ser considerados.

Através de instrumentos econométricos (regressão múltipla) seria estimada a curva de demanda por visitas a partir de uma função de geração de viagens. A partir da curva de demanda estimada, podem-se estimar os benefícios gerados pelo ativo ambiental aos seus visitantes, através da variação do excedente do consumidor marshalliano, dado por:

$$EC = \int_P^{CV} f' \partial CV \quad (15)$$

Onde p é o valor da taxa de admissão de entrada no parque ($p=0$ caso a entrada seja gratuita).

Uma das principais limitações desse método seria o cálculo do custo de viagem. Devem ser calculados os custos de transporte, que dependem dos diferentes meios de transporte utilizados para a locomoção; os custos do tempo

também são importantes e também divergentes, já que as pessoas, dependendo do meio de transporte e de outros fatores, levam mais ou menos tempo para fazer o trajeto até o sítio ambiental.

Método de Valoração Contingente (MVC)

O MVC é um método que busca valorar bens e serviços ambientais através da captação da disposição a pagar do indivíduo por tais ativos, diante da apresentação de um mercado hipotético a esses indivíduos.

Diferentemente do MPH e do MCV, apresentados anteriormente, que captam a demanda dos indivíduos pelo ativo ambiental a partir do seu efetivo comportamento em mercados de bens complementares, o MVC busca captar as preferências dos indivíduos através de sua disposição a pagar ou disposição a aceitar por variações nas quantidades e qualidades do ativo ambiental, a partir de um mercado simulado⁴³.

Diante da exposição de um mercado hipotético, simulado com base em características reais de mercado e a partir da variação ambiental em análise (melhoria ou piora), os indivíduos deveriam responder, através de entrevistas, qual seria sua disposição a pagar (DAP) para obter melhoria do bem-estar ou qual seria sua disposição a aceitar (DAA) como compensação por uma perda de bem-estar.

A simulação de um mercado deve ser feita de maneira mais próxima da realidade para que o indivíduo expresse sua preferência da maneira como faria de fato diante de uma situação real.

Os cenários criados devem ser capazes de representar fidedignamente as características dos ativos e serviços ambientais e os efeitos da variação em sua disponibilidade.

A pesquisa apresentada aos entrevistados normalmente contém uma quantidade de informações novas e técnicas, bem além do que é típico na maioria

⁴³ Esse método se baseia na Teoria do Bem-Estar, mais precisamente na escolha do consumidor e nas medidas de excedente do consumidor. Para formalização dessas teorias consultar Pindyck e Rubinfeld (1994), Freeman III (1993), entre outros.

das pesquisas. Isto requer um trabalho piloto cuidadoso, para que fique claro o entendimento dos entrevistados sobre o questionário (Arrow et al., 1993).

O Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente (Motta, 1998) descreve os estágios para a aplicação do MVC resumidamente da forma como se segue⁴⁴:

No 1º estágio define-se a pesquisa e o questionário, determinando-se: a) o objeto de valoração; b) a medida de valoração; c) a forma de eliciação; d) O instrumento de pagamento; e) a forma da entrevista; f) O nível de informação; g) os lances iniciais; h) pesquisas focais e i) o desenho da amostra.

O 2º estágio consiste na realização da pesquisa piloto e pesquisa final, no cálculo da medida monetária e na agregação de resultados.

A determinação do valor da DAP dependerá da variação do método a ser aplicada. Pode-se oferecer apenas um valor ao entrevistado (Método *Referendum*, onde a pergunta feita ao entrevistado visando captar essa DAP seria: “Você estaria disposto a pagar R\$ X para obter uma melhora na qualidade ambiental?” Ou o modelo *Referendum* com *follow-up*, em que sua aplicação consiste em oferecer um valor ao entrevistado. Caso ele se negue a pagá-lo, o entrevistador oferece um segundo valor, mais baixo que o primeiro (esses valores pertencem a uma escala de valores pré-determinada) e, após o segundo lance, caso ele ainda se negue a pagar, não são oferecidos mais lances. Caso o indivíduo aceite pagar o primeiro lance, o entrevistador oferece um segundo lance, maior que o primeiro, que o indivíduo pode aceitar ou rejeitar (Freeman III, 1993).

A execução dos estudos de valoração contingente deve ser realizada de maneira criteriosa a fim de se alcançarem resultados confiáveis, evitando a ocorrência de vieses. Como as preferências são captadas através do comportamento do consumidor perante um mercado hipotético, são vários os problemas encontrados em sua operacionalização.

Michell e Carson (1989) apontaram doze vieses que podem ocorrer em estudos de valoração contingente, que podem ser originados: a) do incentivo

⁴⁴ Alguns cuidados e orientações adicionais para a operacionalização do método serão apresentados no capítulo 2.

indevido para desvirtuar a DAP, b) do incentivo indevido para responder ao questionário, c) da má especificação do cenário, d) da amostra inadequada e agregação incorreta dos benefícios. Pearce e Turner (1990) citam como os principais vieses o viés estratégico, o viés do desenho do questionário (que origina três tipos de vieses: o do ponto de partida, do veículo e informativo), o viés hipotético e o viés operacional.

A seguir serão discutidos os principais vieses identificados na literatura.

- **Viés Estratégico:** Os indivíduos podem agir de maneira estratégica, de acordo com a percepção que tenham sobre a validade da pesquisa. Caso acreditem que realmente terão que pagar pelo benefício gerado após a recuperação do ativo ambiental, poderão revelar uma DAP inferior ao valor que realmente atribui ao ativo (ou vice-versa). Outro problema seria o chamado “*free-rider*” (“pegar carona”), que ocorre quando um indivíduo não se dispõe a pagar por acreditar que outros pagarão para a recuperação do ativo e todos poderão usufruir tais benefícios, independente de sua contribuição.
- **Viés Hipotético:** Os entrevistados poderão não levar a sério a pesquisa por se tratar de uma simulação.
- **Viés da parte-todo:** Ocorreria devido à dificuldade do entrevistado e distinguir o bem ambiental específico (parte) de um conjunto mais amplo de bens.
- **Viés da Informação:** As informações devem ser dadas ao entrevistado de maneira clara e sem a intenção de induzir suas respostas.
- **Viés do entrevistado e do entrevistador:** A forma de se portar do entrevistador se portar pode influenciar o comportamento do entrevistado.
- **Viés de protesto:** Expressa uma “forma de comportamento político”, pois o entrevistado utiliza suas respostas como meio de protestar contra algo relacionado com a pesquisa ou algo relacionado ao recurso natural. Para identificar e anular esse viés, os questionários devem incluir umas questões que lhe possibilite justificar a sua rejeição ao pagamento da DAP (Sousa, 2004). O indivíduo pode alegar que não se dispõe a pagar por acreditar que

essa não seja uma competência sua e sim do governo, pode alegar que já paga muitos tributos e que esses deveriam ser suficientes para recuperar o ativo ambiental em questão.

- **Viés do veículo de pagamento:** Pode ocorrer quando o indivíduo se negar a pagar por causa do meio de pagamento sugerido.

Apesar da existência de muitas dúvidas quanto a validade dos resultados obtidos pelo MVC, o método vem sendo muito utilizado. O método é também objeto de estudo de diversos autores, que procuram avaliá-lo e fazer recomendações que tornem seus resultados mais completos e confiáveis.

O Painel do National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)⁴⁵, órgão americano designado para definir critérios e procedimentos para mensuração de danos ambientais causados pelo derramamento de óleo do navio Exxon Valdez⁴⁶, reconheceu a validade do MVC como o único capaz de captar o valor de existência, incluindo diversas recomendações para sua elaboração, estando algumas delas listadas abaixo, com base no Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais (Motta, 1998):

- Observar o tipo e o tamanho da amostra;
- Evitar respostas nulas;
- Usar entrevistas pessoais;
- Treinar o entrevistador para ser neutro;
- Os resultados devem ser apresentados por completo com desenho da amostra, questionário, método estimativo e base de dados disponível;
- Realizar pesquisas-piloto para testar o questionário;
- Ser conservador ao adotar opções que subestimem a medida monetária a ser estimada;
- Usar a DAP ao invés da DAA.
- Usar o método *referendum*.

⁴⁵ Ver Arrow et. al. (1993).

⁴⁶ Refere-se ao vazamento de óleo do navio Exxon Valdez, ocorrido em 24/03/1989, na costa do Alasca. Os resultados do estudo de valoração dos impactos causados pelo referido derramamento são apresentados em Carson et. al, (1992).

- Oferecer informação adequada sobre o que se está medindo;
- Testar o impacto de fotografias para avaliar se não estão gerando impactos emocionais que possam enviesar as respostas;
- Identificar os possíveis recursos ambientais substitutos que permanecem inalterados;
- Administrar o tempo da pesquisa para evitar perda de acuidade das respostas;
- Incluir qualificações para respostas sim ou não;
- Incluir outras variáveis explicativas relacionadas com o uso do recurso;
- O veículo de pagamento deve ser realista e apropriado as condições culturais e econômicas;
- Questões específicas devem ser incluídas para minimizar o problema da parte-todo;

Adicionalmente são direcionadas críticas ao fato da captação de valor monetário estar baseada nas preferências individuais expressas e à capacidade do indivíduo em determinar essas preferências. Vatn e Bromley (1994) afirmam que os indivíduos têm dificuldades em observar e ordenar atributos do objeto de escolha, o que prejudica sua tomada de decisão.

Segundo Hanley e Spash (1993), as informações fornecidas ao indivíduo são incompletas, o que dificulta ainda mais o processo de revelação de suas preferências, tornando os resultados dos estudos de valoração pouco eficientes.

Por isso, as informações dadas ao indivíduo no momento da entrevista devem ser claras e retratar bem o objeto, os impactos de sua conservação e também de sua degradação.

Outro ponto a ser destacado seria que as preferências são individuais, sendo que cada ser tem suas preferências influenciadas por determinado grupo de fatores. Deve-se observar de que forma o contexto influencia o comportamento individual e do grupo ou como o juízo de valor dos cidadãos influencia suas preferências. O grau de preocupação da geração presente com as gerações futuras poderia, por exemplo, influenciar na DAP do indivíduo e, em consequência, no valor monetário do ativo objeto do estudo.

Além de diversos fatores influenciarem as decisões de cada indivíduo, tem-se que os atributos e a qualidade dos bens e serviços não são imediatamente ou

intuitivamente apreendidos ou aparentes, dificultando a construção dos cenários e sua compreensão pelos indivíduos.

Mesmo com as orientações feitas pelo painel NOAA e as recomendações feitas por diversos autores, para os economistas ecológicos seria necessária a adoção de outros procedimentos capazes de eliminar ou minimizar os problemas atribuídos ao MVC.

Dentre esses, o de maior destaque seria a adoção de procedimentos capazes de tornar mais eficiente e realista a criação dos cenários, a partir de um estudo que teria como objetivo a determinação das relações dos ativos ambientais entre si e com o ambiente.

A aplicação do MVC também poderia trazer resultados mais eficientes se os cenários contemplassem objetos de estudo bem definidos e limitados, facilitando o entendimento e a tomada de decisão do indivíduo, além de tornar seus resultados mais críveis.

Anexo II – Questionário Aplicado no Estudo de Valoração Contingente



DISPOSIÇÃO A PAGAR PELA MELHORIA DA QUALIDADE DA ÁGUA
DO RIO PARAÍBA DO SUL
VOLTA REDONDA - RJ

I – Identificação

Horário da Entrevista: _____ Data: _____

Bairro: _____ - Volta Redonda

Perguntas:

1. **Sexo:** Resposta () 1- Masculino 2- Feminino

2. **Qual sua idade?** _____ anos

3. **Grau de Instrução:**

Quantos anos você estudou/estuda? _____

4. **Profissão:** () **Resposta**

1. Profissional Liberal 2. Técnico 3. Comerciante 4. Cargo administrativo
5. Operário 6. Pensionista 7. Dona de Casa 8. Funcionário Público

Outros: _____

5. **Qual é sua renda mensal: R\$** _____

6. **Qual é a renda mensal de sua família: R\$** _____

7. **Quantas pessoas residem na casa?** _____

8. **Qual destes problemas ambientais mais preocupa você aqui em Volta Redonda?**

Resposta ()

1 – Poluição Atmosférica 2- Poluição dos rios 3 – Desflorestamentos

4- Nenhum 5- Outros: Quais? _____

9. O Sr (Sra) adquire água mineral para consumo de sua família?

Resposta ()

1- Sim 2- Não

10. O Sr(Sra) adota algum tipo de prática que beneficie o Meio Ambiente?

Resposta ()

1- Sim. Qual? _____ 2- Não

(Exemplo: economia de água, energia elétrica, separação do lixo, reciclagem de materiais, ...)

VALORAÇÃO CONTINGENTE

EXPLICAR O ASSUNTO

As águas do rio Paraíba do Sul são utilizadas para o abastecimento das residências, estabelecimentos comerciais, escolas, hospitais, clubes, etc. Aqui em Volta Redonda, todas as residências são abastecidas pelas águas do rio Paraíba do Sul. Essas águas são utilizadas também para atender as necessidades das indústrias, são usadas para irrigação da produção agrícola e para atividades de lazer.

Apesar de (e por causa de) todos esses usos o rio Paraíba do Sul é um rio poluído, com uma grande quantidade de despejo de esgotos residenciais e industriais sem tratamento. Aqui na cidade, apenas 15% de todo o esgoto que é coletado é tratado antes de ser jogado no rio, ou seja, a maioria do esgoto que sai das residências vai direto para o rio Paraíba do Sul sem nenhum tipo de tratamento. Outro problema encontrado seria o lixo jogado às margens do rio pela população, o que também gera poluição.

Isso faz com que haja piora na qualidade da água do rio, prejudicando aqueles que a utilizam, causando doenças nas pessoas, a morte de peixes, a elevação dos gastos das pessoas com produtos como medicamentos (para o tratamento de doenças causadas pela poluição hídrica) e água mineral ou filtros de água para melhorar a qualidade da água consumida por sua família. Além disso, deve ser lembrado que a perda da qualidade do rio acarreta em prejuízos para a população presente e para as gerações futuras.

Após a explicação do problema:

11. Você entendeu o problema? () **1. Sim** () **2. Não**

Se “Não”, explicar só mais uma vez e fazer a pergunta seguinte:

Sortear	Valor Inicial
1	R\$ 2,00
2	R\$ 5,00
3	R\$ 10,00
4	R\$ 15,00
5	R\$ 30,00
6	R\$ 40,00

12. “O Sr (Sra) concorda que sua família pague R\$ _____ a mais por mês na conta de água por um período de um ano, para financiar um projeto de despoluição do rio Paraíba do Sul, com o objetivo de recuperar a qualidade de suas águas?”

☐	1. Sim	☐	2. Não
--------------------------	--------	--------------------------	--------

Resposta ()

13. Por que o Sr (Sra) não aceita pagar?

☐ 1. O valor é muito alto	☐ 5. Preciso de mais tempo para pensar
☐ 2. O problema é do governo	☐ 6. Já pago muitos impostos e taxas
☐ 3. Não confio no uso dos recursos	☐ 7. Não concorda com a forma de pagamento
☐ 4. Não acho o assunto importante	☐ 8. Outros

14. O Sr (Sra) aceitaria realizar algum tipo de tarefa que tenha como finalidade a recuperação e preservação do Rio Paraíba do Sul? (Por exemplo: Passeatas, Mutirão de limpeza, Trabalhos de conscientização da população ...)

Resposta () - 1- Sim 2- Não

Assinatura do **Entrevistador:** _____