

## V-126 - VALORAÇÃO DOS BENEFÍCIOS DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO: ABASTECIMENTO DE ÁGUA, COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTOS EMBASAMENTO TEÓRICO, CASOS DE APLICAÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA

**Lissa Maria Nocko<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Especialista em Meio Ambiente pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). Tecnologista em Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ).

**Ronaldo Seroa da Motta<sup>(2)</sup>**

Professor da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Doutor em Economia pela University College London.

**Renatah da Fonseca Correia<sup>(3)</sup>**

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Pós-graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida Brasil, 4365 - Mangunhos – Rio de Janeiro - RJ - CEP: 21040-900 - Brasil - Tel: +55(21) 2209-2175 - e-mail: [lissa.nocko@fiocruz.br](mailto:lissa.nocko@fiocruz.br)

### RESUMO

O presente trabalho é resultado de um amplo levantamento bibliográfico que envolveu consultas a livros, teses, periódicos, anais de eventos e sítios eletrônicos, apresentando estudos que valoram benefícios do tratamento de água, coleta e tratamento de esgoto, utilizando métodos da função da produção, de mercado para bens complementares e de valoração contingente, com foco nos trabalhos que comparam tais benefícios com o custo de prover estes serviços (análise custo-benefício – ACB), com sucinta descrição de como o problema foi considerado. Os trabalhos apresentam casos de valoração que representam cada um dos diferentes tipos de benefícios provenientes dos serviços de saneamento. Nessa apresentação buscou-se mostrar brevemente (i) o tipo de serviço; (ii) cobertura espacial (país, região, município) (iii) cobertura temporal; (iv) base de dados; (v) estimativa dos valores de benefícios; (vi) análise custo-benefício. À medida que os casos foram apresentados, buscou-se discutir sua relação com o embasamento teórico e as grandezas dos valores discutidos, bem como sua importância relativa. Apesar da importância dos benefícios advindos da melhoria dos serviços de saneamento, a literatura é escassa com relação à valoração monetária destes. A valoração de tais benefícios e sua análise comparativa com os custos de investimento são ferramentas de grande valor para a orientação de Políticas Públicas e seus programas e planos decorrentes, de forma a melhor alocar recursos para maximizar o bem-estar da população.

**PALAVRAS-CHAVE:** Valoração Econômica, Saneamento.

### INTRODUÇÃO

A economia é um sistema complexo que organiza a produção de bens e serviços, bem como sua distribuição entre as pessoas. Como tal, está intrinsecamente ligada ao sistema natural (atmosfera, geosfera, hidrosfera e biosfera) e ao sistema social (leis, costumes, tradições, organizações e redes de comunicação). Nesse sentido, todos os fenômenos naturais ou sociais estão diretamente ou indiretamente ligados ao sistema econômico. Uma economia coordena produção, consumo, poupança e investimento, dados a escassez de recursos, as limitações tecnológicas, as necessidades e os desejos dos cidadãos e o sistema de propriedade. Um estudo econômico, portanto, pode ser compreendido como um estudo para escolhas em uma situação de escassez ambiental. Sem escassez, não há razão para escolhas, e dada a escassez, cada escolha implica em um custo. A sociedade que faz boas escolhas aumenta a possibilidade de proporcionar novas futuras escolhas a seus cidadãos (Randall, 1987).

Desse modo, não há mais como conceber qualquer mecanismo de gestão que prescindia de um conhecimento profundo da dinâmica dos processos econômicos em que o recurso ambiental se insere, nem como utilizar os recursos financeiros disponíveis da forma mais eficiente possível, sem identificar que conjunto de intervenções resultará em maior bem-estar social (Debeux, 1998). Assim, entende-se a valoração como um processo pelo

qual se dimensiona o valor social dos bens e serviços afetados por um determinado projeto. Ainda segundo Debeux (1998), as falhas de mercado podem levar à alocação equivocada de recursos na economia, particularmente às externalidades – não computação de custos pelo sistema de preços – quando se trata de questões que envolvem recursos ambientais e custos sociais. Portanto, a essência do processo de valoração econômica é achar a medida da disposição a pagar dos consumidores em circunstâncias onde o mercado falha em revelar tal informação (Pearce *et al*, 1994). Este trabalho apresenta diversos exemplos em que o custo da implantação de sistemas de saneamento é comparado a um custo existente, como por exemplo, gastos com saúde, este último, portanto, refere-se a um custo pelo qual já há disposição a pagar. O valor dos serviços de saneamento é expresso monetariamente para que, por intermédio de um padrão comum, possam ser comparados ganhos e perdas de bem-estar quando há alteração na disponibilidade da oferta destes mesmos serviços.

Segundo OECD (2011), o acesso à água e ao saneamento contribuiu para importantes melhorias nas condições de vida, com correspondentes reduções em mortalidade e morbidade, o que pode ser historicamente observado nos países desenvolvidos e constatado atualmente no mundo em desenvolvimento. O provimento de acesso à água é frequentemente percebido como a função mais relevante dos serviços de água e saneamento e considerado como a área em que a maioria dos benefícios se materializa. O acesso à água e aos serviços de saneamento é o foco dos Objetivos do Milênio (UN – Nações Unidas): “Reduzir pela metade, até 2015, a proporção da população sem acesso sustentável à água potável segura e ao saneamento básico”. O acúmulo de evidências tem demonstrado que a melhoria de acesso à água potável segura e às instalações de saneamento, associadas à melhoria do comportamento higiênico, resulta em significativo impacto positivo na saúde. Além do mais, o acesso aos serviços supracitados confere muitos benefícios adicionais, que variam desde os facilmente identificáveis e quantificáveis, como economia de tempo de coleta de água, até os intangíveis e de difícil mensuração, como conveniência e bem-estar. Em termos financeiros, estima-se que os benefícios não relacionados à saúde são mais significativos que os benefícios referentes à saúde. Isto deve-se, em parte, ao fato de que a mensuração do impacto da água, do saneamento e das intervenções em saúde é difícil e altamente específica para cada local. A OMC (Organização Mundial do Comércio) estima que os benefícios econômicos totais provenientes da consecução das Metas do Milênio para a maioria dos países subdesenvolvidos chegam a US\$ 35 bilhões, dos quais 90% devem-se à dispensa da necessidade de viajar longas distâncias e permanecer em filas para obter água ou defecar (Hutton e Haller, 2004).

No Brasil, os dados do SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) indicam que 57% dos brasileiros ainda não têm esgoto coletado e 19% da população não conta com abastecimento de água; no que se refere à população urbana, estes números são, respectivamente, 49,4% e 5,3%. Extrapolando esses dados para as cidades não contempladas pelo SNIS, constata-se que apenas 77,4% da população brasileira tem acesso aos serviços de abastecimento de água e apenas 39,6% tem acesso aos serviços de esgotamento sanitário. Dessa forma, estima-se um déficit em esgotamento sanitário para aproximadamente 114 milhões de habitantes e em abastecimento de água para 43 milhões. O Instituto Trata Brasil faz anualmente um levantamento sobre a situação das 81 cidades do país com mais de 300 mil habitantes e estabelece um ranking com as melhores e piores posições, considerando um conjunto de indicadores selecionados. Os índices de atendimento no abastecimento de água e na coleta de esgoto da população desses municípios são superiores à média observada pelo conjunto abrangido pelo SNIS, atingindo 94% e 64% de atendimento respectivamente. Em média, 72% do esgoto coletado é tratado, entretanto, há grandes disparidades entre as cidades consideradas. Com base nos dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), estima-se que seriam necessários R\$ 49,8 bilhões de investimento para combater o déficit de 23,6 milhões de novas ligações de esgoto, sem levar em conta a manutenção da rede; considerando-se o déficit do SNIS, de 39,9 milhões de moradias, o investimento necessário seria de R\$ 84,1 bilhões (FGV, 2010). As estatísticas do IBGE são distintas das do SNIS. Isso se dá porque o dado colhido pelo IBGE refere-se a uma declaração do entrevistado sobre o que ele acredita ser o seu sistema de esgotamento sanitário. No caso do SNIS, as informações são fornecidas pelos responsáveis pelo saneamento nos municípios, que apontam o número exato de ligações de residências à rede geral de coleta de esgoto – o que implica maior precisão e detalhamento técnico. Porém, a base do SNIS, por ser recente, não permite uma perspectiva histórica mais longa.

Embora o acesso à água e ao saneamento tragam benefícios significativos, o lançamento de esgotos sem tratamento no meio ambiente pode afetar os usuários à jusante e causar danos ambientais. A coleta e o tratamento de esgotos e águas pluviais é pré-requisito para garantir a disponibilidade em longo prazo da água em qualidade adequada para o uso humano e para as demandas ambientais. Apesar da sua importância, os

investimentos em tratamento de efluentes são frequentemente inferiores aos níveis requeridos para garantir benefícios sustentáveis. Quando comparados aos serviços de abastecimento de água e coleta de esgotos, os benefícios do tratamento de efluentes sanitários são menos óbvios aos indivíduos e mais difíceis de mensurar em termos monetários (Wolff, 2003). O consenso quanto à necessidade pelo crescente tratamento de efluentes urbanos, bem como quanto à disposição adequada de seus resíduos, tem se desenvolvido mais lentamente, provavelmente devido aos relativamente altos custos referentes a estas intervenções (Rodríguez, 2009 e Jouravlev, 2004). Os benefícios do tratamento de efluentes ainda são insuficientemente documentados, resultando em baixa prioridade e baixos investimentos em sua infraestrutura.

A escolha do estudo da valoração dos benefícios dos serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos neste trabalho deve-se ao fato de que isolar os respectivos impactos de cada um desses serviços é um trabalho muito difícil, pois as relações entre os serviços e seus impactos estão profundamente interligadas.

## OBJETIVOS

A proposta deste trabalho é reunir e analisar informações referentes à valoração dos benefícios de investimento em serviços de saneamento de abastecimento de água, coleta e tratamento de efluentes domésticos. As informações apresentadas têm por objetivo exemplificar a forma de valoração de diferentes tipos de benefícios dos serviços de saneamento, apresentar estimativas de valores de custo e benefício dos serviços de saneamento para compreensão das grandezas dos valores monetários associados a estes serviços, promover uma discussão para relacionar o embasamento teórico, os casos de aplicação e seus valores.

## MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se um amplo levantamento bibliográfico que envolveu consultas a livros, teses, periódicos, anais de eventos e sítios eletrônicos, apresentando estudos que valoram benefícios do tratamento de água, coleta e tratamento de esgoto, utilizando métodos da função da produção, de mercado para bens complementares e de valoração contingente, com foco nos trabalhos que comparam tais benefícios com o custo de prover estes serviços (análise custo-benefício – ACB).

Os trabalhos descrevem casos de valoração que representam cada um dos diferentes tipos de benefícios provenientes dos serviços de saneamento, seguidos por discussão com relação à teoria, às grandezas dos valores discutidos e à sua importância relativa. Ao final, apresenta-se uma conclusão referente aos principais pontos apresentados e discutidos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A discussão referente à valoração econômica ambiental tem início no entendimento de seus conceitos. Neste texto não serão apresentados detalhes da metodologia de cálculo, mas avaliações críticas com relação ao seu uso, de forma que este conteúdo possa ser útil para a tomada de decisão. Os conceitos referentes à Análise Custo-Benefício e à Valoração Econômica Ambiental utilizados neste trabalho são apresentados e discutidos em Debeux (1998), May *et al.* (2003), Motta (2006), OECD (2011), Pearce (1983).

A análise custo-benefício (ACB) pode ser considerada como um procedimento que atribui um valor social a tudo que é afetado por um projeto, seja positivo (benefícios) ou negativo (custos). A comparação destes é uma técnica que permite identificar decisões que maximizem o benefício líquido dos investimentos dentre as diversas alternativas de projeto. A ACB pode ser realizada tanto sob a ótica econômica quanto financeira. A análise de viabilidade financeira tem por objetivo verificar se a receita proveniente do investimento será superior ao custo de investimento. A análise de viabilidade econômica tem uma perspectiva pública (social), que compara benefícios sociais a custos sociais resultantes de um investimento, de forma a verificar o diferencial do nível de bem-estar para a sociedade. Em um mercado hipotético de concorrência perfeita, ambas as análises apresentariam o mesmo resultado. Entretanto, além da necessidade de calcular os preços de eficiência para uma ACB econômica, deve-se também verificar os valores das variações de bem-estar social decorrentes da variação da oferta da quantidade e qualidade do recurso em questão, que são externalidades ao sistema de preços. Quantificar os benefícios significa mensurar todos os ganhos de bem-estar obtidos pela

sociedade com o projeto, enquanto quantificar os custos significa mensurar todas as perdas de bem-estar advindas do projeto.

Um aspecto a ser considerado na ACB é o fato de que esta não discrimina quais grupos de indivíduos obterão ganhos de bem-estar e quais sofrerão perdas. Uma forma de neutralizar este efeito indesejável ou até contribuir para a reversão da má distribuição de renda é a utilização de pesos distintos para cada grupo social em questão. A não adoção de pesos corresponde à adoção de um peso unitário para todos os grupo sociais, considerando a distribuição de renda como ótima. Para garantir que a alocação do recurso seja eficientemente distribuída ao longo do tempo, utiliza-se uma taxa de preferência no tempo (custo marginal de oportunidade de consumo). Também chamada de taxa de desconto, trata-se de um instrumento de política econômica que procura agregar ao resultado a preferência dos indivíduos pelo consumo presente ao consumo futuro. Países com economia desenvolvida apresentam taxas de desconto menores. O nível de desenvolvimento alcançado reduz a demanda por investimentos e a oferta de fundos é grande. A pressão desenvolvimentista é bastante menor e projetos cujos benefícios se observam em prazos maiores que os custos apresentam melhores condições de competitividade por recursos com outros projetos. Pela mesma lógica, nas economias em desenvolvimento a demanda por investimentos é relativamente superior e os recursos para investimento são escassos, o que eleva a taxa de desconto (Debeux, 1998). Segundo Seroa da Motta (1988), em economias ricas a literatura sugere a utilização de taxas mais baixas, que variam entre 2 e 5%, enquanto em economias em desenvolvimento esta taxa deve situar-se entre 8 e 17%.

O valor econômico dos recursos ambientais (VERA) pode ser decomposto em valor de uso (VU) e valor de não uso (VNU) em que:

- Valor de Uso Direto (VUD) é o valor que os indivíduos atribuem a um recurso do qual se utilizam diretamente;
- Valor de Uso Indireto (VUI) é aquele derivado de uso ex-situ ao ambiente do recurso, cujo valor atribuído pelo indivíduo deriva de funções ecossistêmicas;
- Valor de Opção (VO) é o valor que o indivíduo atribui para a preservação de recursos para usos direto e indireto no futuro próximo;
- Valor de Não-Uso ou Valor de Existência (VE) é o valor que os indivíduos atribuem a recursos dos quais não farão uso, valor dissociado do uso, que deriva de uma posição moral, cultural, ética ou altruística em relação aos direitos de existência de outras espécies que não a humana ou de outras riquezas naturais, sem que o indivíduo tenha vantagem direta ou indireta dessa existência.

A mensuração dos valores de uso e não uso tem por objetivo aprimorar o processo de escolha entre os diversos usos e não usos dos recursos quando conflitantes e até excludentes. Os métodos de valoração econômica são necessários na determinação dos custos e benefícios sociais quando as decisões de investimentos públicos afetam o consumo da população e, portanto, seu nível de bem-estar. A escolha do método de valoração econômica depende do seu objetivo, das hipóteses consideradas, da disponibilidade de dados e do conhecimento científico a respeito do objeto em questão. Segundo Motta (1998), os métodos de valoração podem ser agrupados em três classes:

a) Métodos da Função da Produção: método da produtividade marginal, método de mercado de bens substitutos e método do custo de oportunidade. Os métodos da função de produção são os mais frequentemente adotados por sua simplicidade. O valor do recurso ambiental em razão de sua contribuição como insumo ou fator de produção de um determinado produto permite o cálculo do valor de sua contribuição em determinada atividade econômica. A adoção destes métodos depende da possibilidade de obterem-se os preços de mercado para variações na quantidade do produto ou de seus produtos substitutos.

b) Métodos de Mercado para Bens Complementares: método dos preços hedônicos e método dos custos de viagem. Bem como no item anterior, estes métodos estimam o valor dos recursos por intermédio do valor de outros bens e serviços com preço no mercado. Para tanto, utiliza-se o valor de bens com valor de mercado que são consumidos proporcionalmente ao recurso sem valor de mercado, dessa forma, pode-se obter o valor do recurso a partir da estimativa de demanda de seus bens complementares.

c) Método da Valoração Contingente: Os métodos descritos anteriormente não podem captar valores de existência na medida em que estão associados ao consumo de outros bens ou serviços privados. O valor de existência é um valor que a sociedade atribui ao não consumo presente ou futuro do próprio bem por

reconhecer seu direito intrínseco de existir. O método de valoração contingente procura mensurar monetariamente o impacto no nível de bem-estar dos indivíduos decorrente de uma variação quantitativa ou qualitativa dos bens por meio de dois indicadores: Disposição a Pagar (DAP) e Disposição em Aceitar (DAA) que representam, respectivamente, quanto os indivíduos estariam dispostos a pagar para obter uma melhoria de bem-estar e quanto estariam dispostos a aceitar como compensação de uma perda de bem-estar.

O uso do Método de Valoração Contingente é polêmico, pois apresenta grande subjetividade e quantidade de vieses (Debeux, 1998), entretanto, segundo Kopp (1992), qualquer decisão política traz em si mesma uma ACB, mesmo que não formalizada, que inclui estes valores de existência. Portanto, quantificar significaria tornar a avaliação o menos subjetiva possível e evidenciar ganhos e perdas de bem-estar social em termos de tamanho e distribuição. Conforme Quiggin (1993), valores éticos e morais não podem ser incorporados à ACB na medida em que esta procura maximizar eficiência e esta maximização em si mesma já se constitui em um valor o qual não necessariamente estaria de acordo com a variedade dos preceitos éticos da sociedade. Somente o processo político democrático oferece um mecanismo que, embora imperfeito, leva em consideração um amplo espectro de visões éticas. Portanto, a ACB constitui-se numa importante variável para a decisão, mas não pode suplantá-la, e assumir que a ACB não deve ser a respeito do valor total.

Além disso, a mensuração de valores ambientais envolve o entendimento profundo dos serviços gerados pelos ecossistemas naturais e ainda a visualização de como as ações humanas podem modificar esses sistemas, o que acarreta um alto grau de incerteza ao cálculo (Quintela, 2003 *apud* Moreira Júnior, 2012). Nesse sentido, a contribuição da valoração ambiental para a tomada de decisões será afetada pela pluralidade de fatores tangíveis e intangíveis e a não neutralidade do valor encontrado deve ser considerada não como um fator que reduza o mérito das técnicas de análise, mas como o reconhecimento de que cada resultado corresponde à perspectiva na qual o pesquisador efetuou seu estudo (Moreira Júnior, 2012; Young e Fausto, 1997). Ainda assim, a valoração econômica dos recursos naturais é uma importante ferramenta de gestão ambiental, com repercussão na pesquisa e nos cenários de tomada de decisão. Pois além de trazer consistência aos resultados, utilizam-se dela diversos atores e instituições que participam dos processos de negociação, o que permite a inclusão de suas respectivas perspectivas aos processos decisórios (Camphora e May, 2006 *apud* Moreira Júnior, 2012).

Uma variedade de benefícios pode ser gerada a partir de investimentos e atividades necessárias para prover serviços de saneamento seguros e sustentáveis em cada passo da cadeia de valor. Esta discussão apresenta trabalhos que valoram monetariamente os serviços de saneamento e comparam o valor dos benefícios destes serviços com seus custos. Os benefícios não são apresentados na totalidade do seu valor, mas exemplificados por parte dos benefícios existentes. Isto se deve à especificidade dos mesmos a cada caso e à dificuldade em encontrar trabalhos com valoração monetária e ACB para cada tipo, de forma a representar o todo. Portanto, este trabalho apresenta casos que exemplificam a valoração de determinados benefícios do saneamento e permitem um melhor entendimento destes com relação ao custo, já que a metodologia propõe traduzir em números, e assim poder comparar, os mais diversos benefícios, tangíveis e intangíveis, provenientes dos serviços de saneamento.

**Tabela 1: Resumo dos trabalhos levantados como base para discussão, parâmetros utilizados para valoração e resultados das análises custo-benefício por tipo de benefício.**

TIPO DE BENEFÍCIO	PARÂMETRO	ANÁLISES CUSTO-BENEFÍCIO	REFERÊNCIA
Saúde	Incidência de infecções gastrointestinais	Economia de R\$ 745 milhões	FGV (2010)
	Despesas médicas com internações	Redução em 65% na mortalidade por doenças gastrointestinais	
	Mortalidade infantil	US\$ 217.000 por criança com acesso ao saneamento x US\$ 840.000 por criança pelo sistema de saúde	Watson (2005)
	Incidência de doenças gastrointestinais de veiculação hídrica e infecções respiratórias		
Redução no Absenteísmo	Incidência de diarreia e febre tifoide	11 a 12 anos de tempo de retorno de investimento	Fadel <i>et al.</i> (2011)
	Anos de incapacidade		
	Custo de tratamento		
	Custo de oportunidade do tempo		
	Dias de trabalho perdidos		
	Afastamento por infecções intestinais	Redução em 57% dos custos com afastamento (R\$ 309 milhões/ano)	FGV (2010)
	Renda dos trabalhadores	Aumento em 3,8% da folha de pagamentos no país (R\$ 41,5 bilhões) x R\$ 49,8 bilhões de custo da universalização do acesso ao saneamento. Tempo de retorno do investimento igual a 1,2 anos	FGV (2010)
Turismo	Geração de emprego e renda	120 mil novos postos de trabalho	FGV (2010)
		Aumento de R\$ 935 milhões/ano na massa de salários do setor	
	Gasto médio per capita/dia por turista	US\$ 6.691.220/ano	Debeux (1998)
	Número de turistas/ano		
	Tempo de permanência		
	Disposição a pagar pela conservação considerando: • Uso recreativo das praias • Valorização dos imóveis na região • Crescimento do turismo e economia	14 meses de tempo de retorno de investimento	Oliveira (2012)
Tempo	Preço da água	Valor do tempo gasto com coleta de água é 1,25x o valor do salário local médio de trabalhador com pouca qualificação O BID adota como critério para fomento em saneamento quando esse valor é de no mínimo 0,5x o valor do salário	Whittington (1990)
	Tempo utilizado na coleta de água		
	Preferência do consumidor		
	Salários locais		
Imobiliário	Valor do imóvel	Valorização média de 3,3% para imóveis no país (R\$74 bilhões), valor 49% superior ao custo estimado para universalização (R\$49,8 bilhões)	FGV (2010)
		R\$ 385 milhões/ano em IPTU	
		R\$ 80 milhões/ano em ITBI	
Ambientais	Número de habitantes	Custo de investimento representa	Motta <i>et al.</i>

TIPO DE BENEFÍCIO	PARÂMETRO	ANÁLISES CUSTO-BENEFÍCIO	REFERÊNCIA
	Grau de acesso ao serviço de esgoto	aproximadamente 0,4% do consumo final das famílias	(1994)
	Volume de esgoto coletado e tratado		
Tratamento de água	Disposição a pagar pela oferta de água	Redução no consumo em 24%	Debeux (1998)
	Volume excedente da racionalização pelo uso de hidrômetro		
	Consumo de produtos químicos	Redução em 5% dos gastos totais com produtos químicos (R\$ 1,5 a 2,0 milhões/ano)	Coelho (2008)
Indústria	Taxas de recuperação de custos de investimento pelo uso do princípio do poluidor-pagador	70 a 100% de recuperação de custos de investimento	François (2010)
Aquicultura	Incremento do volume pescado nas situações com e sem projeto	US\$ 30,6 milhões para o setor em 10 anos	Debeux (1998)
	Valor de mercado de cada espécie		
	Custo de produção da atividade		
Agricultura	Disposição a pagar por água de reúso para irrigação	58% dos entrevistados usariam água reciclada por metade do preço da água potável	Bakopolou <i>et al.</i> (2009)
Subprodutos	Custo do investimento do sistema de conversão energética	Tempo de retorno do investimento de 11 meses	Pecora (2006)
	Gastos com energia elétrica		
	Produção de eletricidade		
Redução no Assoreamento	Custo de dragagem e destinação adequada de lodo	US\$ 43 milhões com dragagem (solução paliativa) x US\$ 50 milhões com sistema de esgotamento sanitário (solução definitiva com outros benefícios)	Coelho (2008), Coelho <i>et al.</i> (2012)
Economia Nacional	Índice de perdas do sistema de abastecimento	Uso de recursos do PAC x Uso de recursos a juros bancários	MCidades (2012)
	Programas, planos, projetos e ações em saneamento	Recebimento dos jogos olímpicos, renda e infraestrutura decorrentes do mesmo	PMRJ (2009)
Intangíveis	Valor necessário em investimentos para oferecer serviços ambientais de não uso	Disposição a pagar (DAP) mínima da população economicamente ativa entre 1,28% e 3,54% do salário mínimo	Debeux (1998)
	População de beneficiados		

A Tabela 1 apresenta trabalhos que, de forma geral, valoram mais de um tipo de benefício para realizar a análise custo-benefício. Assim, os casos apresentados para exemplificar a valoração de determinado tipo de benefício podem conter outros tipos descritos em seu texto, valorados em conjunto para realizar uma ACB consistente.

#### a) Benefícios da Saúde:

O acesso à água potável, à coleta e ao tratamento de esgotos e os hábitos de higiene apresentam um importante papel na redução da ocorrência de doenças de veiculação hídrica e de muitas doenças respiratórias associadas à deficiência em saneamento. Hutton e Haller (2004) estimam que os benefícios diretos da redução da ocorrência destas doenças são: (i) economia em cuidados médicos no tratamento da doença; (ii) custos indiretos à saúde, como o custo de transporte até o local de atendimento e o custo de oportunidade referente ao tempo que

poderia ter sido gasto de forma mais produtiva;(iii) mortes prematuras, em especial de crianças com menos de cinco anos.

Os custos de tratamento das doenças de veiculação hídrica drenam tanto o orçamento público quanto o familiar em gastos com medicamentos ou devido às perdas pela incapacidade de trabalhar. A redução da ocorrência destas doenças libera recursos para outros objetivos. De acordo com Hutton *et al.* (2008), o ciclo desencadeado pela falta de saneamento inicia-se cedo: infecções na primeira infância contribuem para a desnutrição, baixa taxa de crescimento, doenças infantis posteriores, baixa energia e baixos níveis de atividade, prejuízo no aprendizado e no desenvolvimento cognitivo, resultados escolares pobres e baixa produtividade no trabalho. As doenças provenientes da falta de saneamento resultam em perda de dias de trabalho e produtividade reduzida não apenas pela condição de saúde do trabalhador, mas também pela de seus dependentes que requerem cuidados.

O tratamento dos efluentes antes do descarte no meio leva benefícios àqueles usuários da água à jusante do corpo receptor, em especial àqueles cujo consumo é feito sem prévio tratamento. Além da ausência de tratamento, também são problemas de saneamento a operação e manutenção deficientes dos sistemas construídos para tanto. Os esgotos sem tratamento afetam a saúde por diferentes vias, não limitadas à ingestão de água. Jouravlev (2004) sintetiza os riscos à saúde causados por descargas de esgotos sem tratamento de acordo com os seguintes mecanismos de exposição: (i) consumo de água sem tratamento; (ii) consumo de comida produzida com água de irrigação contaminada ou por fazendas de gado que usam desta água; (iii) contato físico direto para recreação, banho ou atividades de trabalho; (iv) esgotos como criadouros ideais para proliferação de moscas e mosquitos que entram em contato com as pessoas que vivem e trabalham em áreas próximas aos corpos d'água e podem contaminá-las com microrganismos.

FVG (2010) analisa os impactos decorrentes do avanço do saneamento, considerando: saúde, produtividade e renda, e qualificação do território. Os efeitos do saneamento sobre a saúde e a qualidade de vida da população são extensos e permanentes, entretanto, a proposta do estudo descrito foi de que os números apresentados por esse pudessem contribuir para o dimensionamento econômico do tema, indicando quanto se gasta a mais do que o necessário com o tratamento de doenças que poderiam ser evitadas com o saneamento. Primeiramente, é analisada a incidência de infecções gastrointestinais no Brasil. Depois, desenvolve-se a investigação sobre os fatores que determinam a incidência dessas doenças nos municípios brasileiros. Nessa etapa, busca-se isolar o efeito do saneamento daqueles relativos a outros fatores. Com base nessas estimativas é possível calcular as despesas médicas que podem ser evitadas com a universalização, no que se refere apenas às despesas com internações.

O estudo mostra que num município sem coleta de esgoto são esperados cerca de 450 casos de internações por doenças gastrointestinais infecciosas por 100 mil habitantes em um ano. Já num município com 100% de coleta de esgotos esse número cai para 229, quase a metade. Em 2009, o custo de uma internação por infecção gastrointestinal no SUS (Sistema Único de Saúde) foi cerca de R\$ 350 na média nacional, o que acarretou despesas públicas de R\$ 161 milhões no ano, considerando apenas os custos hospitalares. Nesse valor não são consideradas outras despesas que as pessoas doentes e a sociedade têm por conta desses eventos, como a compra de medicamentos para o tratamento pós-hospitalização ou a despesa com o retorno ao médico. Considerando a universalização do acesso à rede, a diminuição de 462 para 343 mil casos ao ano possibilitaria uma economia de R\$ 745 milhões em internações para o SUS ao longo dos anos. A análise também identificou que o acesso universal ao saneamento reduziria em 65% a taxa de mortalidade por infecções gastrointestinais, proporção que é expressivamente maior que a incidência de internações. A análise em questão foi realizada com foco no grupo de crianças e jovens com até 14 anos, pois é um grupo etário em que esse tipo de doença é particularmente mais perigoso e que representa mais da metade das internações por infecções gastrointestinais.

Ao comparar os valores referentes aos custos com saúde e a estimativa de custo para universalização do saneamento no Brasil, observa-se que os benefícios econômicos referentes aos custos com saúde não são os que apresentam valores mais significativos dentre os benefícios provenientes.

Watson (2005) analisou o impacto de 3700 projetos federais norte-americanos em infraestrutura de saneamento nas suas reservas indígenas desde 1960. As intervenções estudadas reduziram substancialmente o custo da água limpa e foram responsáveis por quase 40% da convergência nas taxas de mortalidade infantil das

crianças brancas e das crianças nativas nas regiões das reservas desde 1970. O programa apresentou custo-benefício aproximadamente equivalente, em parte porque apresentou como externalidade a redução de doenças de infecção respiratória entre crianças brancas das regiões próximas às reservas, bem como, em menor grau, a redução da mortalidade. O estudo procurou mostrar que diferenças raciais e socioeconômicas interferem na qualidade da saúde dos indivíduos.

Desde 1960 as obras de saneamento serviram cerca de 33.000 domicílios e foram gastos cerca de US\$ 80 milhões anualmente (em dólares do ano 2000). O período estudado encontra-se entre 1960 e 1988, contando com 3700 intervenções em saneamento. Nesse período houve redução de 29,5 para 4,7 por 1000 na mortalidade infantil e de 7,4 para 0,2 por 1000 em mortes por doenças gastrointestinais entre os índios. Um incremento de 10% na quantidade de casas atendidas por programas de saneamento está associado a uma redução na mortalidade infantil indígena de 0,51 por 1000 nascimentos em cerca de três anos após o final das intervenções. Esse mesmo incremento sobre casas atendidas por abastecimento de água está associado a uma redução de 2,4 mortes por 1000 nascimentos. As reduções na mortalidade infantil apresentavam como principal causa doenças gastrointestinais de veiculação hídrica e doenças por infecção respiratória. Estima-se que a mortalidade infantil seria 50% maior na ausência do programa, o que indica seu ótimo custo-benefício, considerando o valor estimado de US\$ 217.000 para salvar a vida de cada criança, valor esse bem inferior ao estimado para obter tal resultado com investimentos na área da saúde. Conforme esperado, o efeito do saneamento na mortalidade neonatal é pequeno. Um hospital adicional do serviço de saúde indígena está associado à redução da mortalidade infantil na ordem de 1.3 por 1000 nascimentos. No caso do saneamento, a maioria das reduções refere-se à mortalidade pós-neonatal. Estimou-se que a mortalidade infantil relacionada à construção de um novo hospital é equivalente a um projeto de saneamento que afete 25% dos domicílios da área.

As atividades realizadas consistiram em escavação de poços, provimento de latrinas ou tanques sépticos, construção ou aprimoramento de estações de tratamento, expansão de redes de água e de esgoto e ligação domiciliar às redes. A redução do custo de obtenção de água aumentou a quantidade de água consumida para higiene pessoal em geral. Esse comportamento refletiu-se na redução da incidência de doenças contagiosas pessoa-a-pessoa, como as doenças respiratórias. Portanto, o investimento domiciliar em água e esgoto melhora a saúde dos seus membros e gera externalidades positivas na saúde da vizinhança. Há dois mecanismos distintos para explicar o impacto do saneamento nas doenças a ele relacionadas: as doenças gastrointestinais apresentam menor incidência quando há aprimoramento na qualidade da água, as doenças respiratórias dependem mais dos graus de uso da água e de higiene da comunidade. Não é óbvio em quanto tempo deve-se avaliar o efeito de um projeto completo. Para alguns trabalhos com diversos anos de realização, as melhorias em saneamento iniciam mesmo antes da finalização do projeto. Por outro lado, espera-se que alguns benefícios em saúde levem muitos anos para aparecer depois de realizada a intervenção, como projetos que incorrem em uma mudança de hábitos ao longo do tempo em função da nova disponibilidade de infraestrutura. Além disso, externalidades positivas na saúde podem apresentar-se lentamente, considerando que a transmissão pessoa-a-pessoa não é instantânea. Cutler e Miller (2005) concluíram que as reduções na mortalidade que se seguem ao tratamento de água nos Estados Unidos têm resultados em aproximadamente cinco anos após as intervenções. Watson (2005) chegou a um período de três anos para que fossem observados os principais resultados referentes às intervenções.

O efeito dos investimentos em saneamento varia com o nível de infraestrutura em saneamento pré-existente. Quando o local já possui sistemas de água e esgoto, novos projetos tendem a apresentar um diferencial de impacto inferior sobre a mortalidade infantil. Da mesma forma que o saneamento afeta a mortalidade infantil, também afeta outras áreas da saúde, bem como outros grupos etários, que, entretanto, não foram objeto desse artigo. Como externalidade ao objetivo do programa obteve-se que o efeito sobre as doenças respiratórias em brancos foi superior em lugares de área residencial com maior exposição às áreas indígenas. O efeito das intervenções sobre a mortalidade infantil para brancos foi menor que 15% do efeito obtido para os nativos, entretanto, o número de crianças brancas afetadas foi maior que o de crianças nativas, devido ao maior número de crianças brancas na região ser cerca de dez vezes maior.

Nas áreas estudadas, as intervenções foram responsáveis por cerca de 16% da redução total das taxas de mortalidade infantil entre nativos americanos ao longo do período de estudo. Sem o programa, hoje as taxas de mortalidade infantil seriam 51% superiores. Comparando-se os custos de implantação e manutenção de um projeto de saneamento com seus efeitos sobre a mortalidade infantil, pode-se desenvolver uma estimativa

grosseira do custo por criança salva. O custo médio para atendimento de uma residência foi de US\$ 2407 (em dólares de 2000). O custo médio obtido de investimento por criança salva, entre brancas e nativas, foi de US\$ 217.000. Tipicamente, os estudos econômicos estimam o valor de um ano de vida saudável de 75.000 a 150.000 dólares (Cutler e Meara, 1999) e o valor de uma vida entre um e sete milhões de dólares (Viscusi, 1993; Ashenfelter e Greenstone, 2004 apud Watson, 2005). Por essa métrica, o retorno dos investimentos é muito alto mesmo se as reduções na mortalidade infantil forem seu único benefício. Entretanto, estes valores não são apropriados para o caso, pois o valor econômico de uma vida infantil é inferior devido ao menor investimento relativo gasto com essa. Pode-se comparar os custos das intervenções com o custo de outras intervenções na saúde infantil. Cutler e Meara (1999) estimaram que um gasto adicional de 40.000 dólares em nascidos abaixo do peso elevou em 11 anos a sua sobrevivência. Dessa forma, chega-se que o custo por ano de vida é apenas cerca de 11.000 dólares. O custo de intervenções em saneamento parece ser comparável ou até inferior ao custo de cuidados neonatais intensivos para sobrevivência das crianças. E ambas as intervenções em saneamento e em saúde são mais baratas que a cobertura do seguro médico. Currie e Gruber (1996) estimam o custo de sobrevivência de uma criança em US\$ 840.000 quando oferecido pelo governo como seguro saúde, o que é muitas vezes mais caro que o investimento em saneamento.

Para cada nascido que sobrevive, muitas outras crianças obtêm redução em número de dias doentes. Benefícios em saúde em geral são obtidos para outras crianças e adultos, o que aumenta as vantagens econômicas do investimento em saneamento. A redução do fardo de carregar água, bem como as melhorias na qualidade de vida também são benefícios adicionais não considerados neste artigo. Embora os custos de saneamento por criança salva sejam razoáveis se comparados a outros investimentos, esse custo seria de cerca de US\$ 325.000 por criança indígena salva (US\$ 217.000 por criança, entre indígenas e brancas). Ou seja, a comunidade indígena recebe apenas uma parte dos benefícios do investimento. A presença de externalidades significativas sugere que o setor público possui um papel importante na alocação de recursos para o saneamento.

Quanto aos custos relacionados a mortes prematuras, é importante avaliar que seu valor econômico refere-se tanto a custos com saúde quanto a custos com produtividade e absenteísmo. Entretanto, o valor afetivo, imensurável, não está presente nas valorações econômicas.

#### **b) Benefícios em Tempo:**

O principal benefício econômico associado à melhoria do acesso aos serviços de saneamento refere-se à economia de tempo, conforme estimado por Hutton (2007) e apresentado na Tabela 4.3. A melhoria do suprimento de água permite que se economize tempo por não haver mais a necessidade de coletar água em pontos distantes ou esperar em filas para tanto. A maioria das pessoas que não possui banheiro em suas casas gasta bastante tempo todos os dias em filas para o uso de banheiros públicos ou em busca de locais para defecar. A economia de tempo pode ser traduzida em aumento da produção, maior grau de escolaridade e maior tempo lazer.

Whittington *et al.* (1990) propuseram duas abordagens para valorar o tempo gasto na obtenção de água na região de Ukunda (Quênia). Nessa localidade, boa parte do tempo das pessoas, especialmente o das mulheres, é dedicado à busca de água para abastecimento em fontes que, muitas vezes, estão a uma distância considerável da habitação. Os autores consideraram três as fontes de obtenção de água locais, a saber: vendedores, quiosques e poços comunitários; e estabeleceram a utilidade indireta dessas fontes em função do preço da água, do tempo utilizado na coleta e da preferência do consumidor. O universo amostral é constituído de 69 famílias selecionadas aleatoriamente na localidade e para as quais foi aplicado questionário específico solicitando, dentre outras informações, o tempo gasto para a obtenção de água para a família. Os autores também utilizaram os valores médios locais de preços praticados pelos vendedores de água, salários locais, além do tempo médio gasto nas filas dos quiosques e poços.

Os resultados indicaram que ambos os modelos dão um alto valor ao tempo gasto na busca para coletar água. Esse valor, de US\$ 0,31/hora é aproximadamente 25% maior que o salário local médio de um trabalhador com pouca qualificação. Segundo o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), a atratividade dos benefícios econômicos de tempo deve representar, no mínimo, 50% desse salário para países em desenvolvimento. Os autores concluem que os benefícios econômicos de melhorias nos serviços de abastecimento, nesse caso, podem ser muito maiores do que é geralmente assumido pela literatura e que mais pesquisas sobre o tema

podem aferir os resultados obtidos e subsidiar de modo mais objetivo a formulação de políticas públicas de desenvolvimento.

### c) Redução no Absenteísmo:

A condição de ausência de latrinas nas escolas contribui em parte na decisão dos alunos em comparecer ou não às aulas, especialmente para meninas no período de menstruação e crianças afetadas por doenças de veiculação hídrica. A avaliação da consequência deste fato considera que o crescimento econômico acompanha a frequência escolar (Bartram, 2008). Da mesma forma, a falta de instalações sanitárias adequadas nos ambientes de trabalho afeta seu tempo de uso, a produtividade e as decisões de emprego, especialmente para as mulheres.

De acordo com Fadel *et al.* (2011), a morte prematura, principalmente de crianças, e o aumento das doenças transmitidas pela água são registradas e reconhecidas por várias organizações internacionais que contabilizam aproximadamente 3 bilhões de pessoas sem água potável e condições adequadas de higiene. Doenças transmitidas pela água e outras doenças relacionadas incluem diarreia, tifoide e paratifoide, cólera, amebíase entre outras. Em 2004, aproximadamente 1,8 milhões de mortes foram atribuídas à falta de água potável e de saneamento adequado, incluindo falta de higiene, em que 90% desse número corresponde a crianças abaixo de cinco anos. Outros grupos vulneráveis são idosos e grávidas. O autor argumenta que o saneamento inadequado representa um sério custo para a sociedade sob a forma de custos de doenças e ganhos perdidos, associados ao aumento de mortes prematuras, ao custo de medidas preventivas como compra de água engarrafada ou ao custo de transportar água limpa de outras fontes. Uma forma de quantificar esses custos é através de aproximação da carga ambiental das doenças, para a qual se adotou “anos de incapacidade” como unidade de medida.

Com a melhora do abastecimento de água e do saneamento espera-se trazer benefícios socioeconômicos que devem ser considerados na tradicional análise de custo benefício do projeto. Estima-se que cada dólar investido em água e saneamento tem um retorno que varia de 3 a 34 dólares.

Por meio de várias aproximações de valoração econômica, o trabalho examina o custo da poluição da água no alto da bacia do rio Litani, no Líbano, seguida de uma análise de custo benefício. O Rio Litani drena cerca de 1/5 da água do país. Geomorfologicamente, a sua bacia é dividida em duas sub-bacias, a bacia superior vai da planície norte de Bekaa até Quaraoun Dam, onde forma um lago que é utilizado para irrigação, geração de energia e reservatório para o período de seca. Na bacia inferior, a jusante do lago, a bacia é quase inexplorada por razões de segurança e por isso esse trabalho foca apenas a bacia superior, com uma população de aproximadamente 500.000 pessoas. As principais fontes de água da população são de fontes no Rio Litani ou de aquíferos profundos. E a principal questão referente a impactos sobre a saúde relacionada à poluição das águas da bacia nesse estudo de caso é o consumo de culturas frescas irrigadas com água poluída. Devendo destacar que os banhos no rio Litani são pouco frequentes, pois o rio quase seca durante o verão e os impactos sobre a saúde devido aos banhos são desprezíveis. A bacia superior e o lago sofrem com os crescentes problemas de poluição devido a descargas de esgoto “in natura” ao longo do rio e seus afluentes.

A metodologia do trabalho se deu, primeiramente, através de questionários aplicados em hospitais da região cujos resultados permitiram calcular a incidência de diarreia e tifoide na região e estimar o custo das doenças arcado pela sociedade. A etapa seguinte foi para estimar o custo do dano das doenças transmitidas pela água. Esse dano foi agrupado em morte prematura e morbidade. Elas foram expressas em termos de “anos de vida ajustados por incapacidade” (disability-adjusted life year, DALY, em inglês), uma metodologia desenvolvida e aplicada pela Organização Mundial da Saúde e pelo Banco Mundial junto a especialistas para obter uma unidade de medida em comum para a carga de várias doenças e morte prematura. DALY é definido como a medida do “gap” de saúde que se estende ao conceito de anos potenciais de vida perdidos devido à morte prematura e incluem anos equivalentes de vida saudável perdida em virtude de estar doente ou incapaz. Para associar um valor monetário para a morbidade, a abordagem do custo da doença foi usada para estimar custos de tratamento e o custo de oportunidade do tempo passado estando doente ou dias de trabalho perdidos. Para avaliação de custo-benefício, o custo foi composto pelas despesas de implantação e de operação de estações de tratamento de esgoto na bacia. Eles foram comparados a faixas de benefícios em termos de redução de incidência de doenças transmitidas pela água acumulada em um período de 25 anos. O ano base dos estudos é 2004 e a taxa de câmbio é 1500 Liras Libanesas por dólar.

Nos resultados, a pesquisa revelou o total de 6.147 casos de diarreia e tifoide registrados em 2004, sendo 80% casos de diarreia. Evidentemente, a maioria dos casos foi registrada em comunidades distantes, com alto índice de poluição e com esgoto “in natura” lançado no rio. As crianças representam 60% dos casos. A pesquisa também revelou que a média do custo do tratamento de diarreia é de 36 dólares por caso (com uma faixa de 13 a 267 dólares por caso) e para tifoide é 111 dólares por caso (com uma faixa de 46 a 1000 dólares por caso). Através de trabalho estatístico, com dados próprios e de outros trabalhos, o número de casos de doenças transmitidas pela água que podem ser associados a inadequadas condições de saneamento foi estimado numa faixa de 414 e 4170 casos de diarreia e 525 e 1241 casos de tifoide. Em relação à duração da doença, foi estimado um período de três dias para diarreia e dez para tifoide, sendo estimada também uma taxa de salário de 10 dólares por dia e que no caso de doenças em crianças, um dia de trabalho é perdido pelo seu responsável. Sendo assim, o custo total de doenças está entre 22.400 e 225.200 dólares para diarreia e entre 110.800 e 261.900 para tifoide. Para o PIB (Produto Interno Bruto) de 3864 dólares per capita, o custo estimado de anos perdidos devido à diarreia varia de 1400 a 14.600 dólares e à tifoide, 6.100 a 14.500 dólares. Baseado nos dados acima, o custo total anual para as duas doenças varia de 141.000 a 516.000 dólares, com uma média de 328.000 dólares. A maior parte desses custos é associada ao tratamento (55%), tempo (39%) e desconforto (6%), esse último valorado através de DALYs devido à dor e sofrimento decorrente da doença. Em relação à morte prematura, foi considerada uma faixa de 28 a 80 mortes de crianças por ano, com uma média de 54 casos. A perda de DALYs devido à mortalidade infantil é estimada entre 3,6 e 10,2 milhões de dólares, com uma média de 6,9 milhões (0,2 a 0,56% do PIB da região em 2004).

Fazendo-se uma simulação para quatro cenários, sendo estes: (1) “fazer nada”, (2) construção e operação de 4 estações de tratamento de esgotos (ETEs) na parte superior da bacia, (3) construção e operação de 3 ETEs na parte inferior da bacia e (4) construção e operação de todas as 7 ETEs, já planejadas pelo governo, na bacia. A análise do custo-benefício revelou que os cenários 2 e 4 fornecem os melhores resultados e similares, no que diz respeito ao retorno do investimento e custo-benefício acumulado em 2031. O cenário 2 apresenta período de retorno de 12 anos e rendimento acumulado de 180 milhões de dólares, enquanto o 4 apresenta período de retorno de 11 anos e rendimento de 237 milhões de dólares. A poluição excessiva na parte superior da bacia do rio Litani está impondo significativos custos socioeconômicos sobre a população da região em termos de doenças e morte. Esses custos, considerando os levantamentos deste estudo, foram estimados, no total, entre 3,7 e 55,9 milhões de dólares por ano, com uma média de 29,8 milhões de dólares/ano (0,20 a 3,08% do PIB da região em 2004). Sendo assim, melhorando a qualidade do saneamento é esperado o benefício estimado entre 2,1 e 30,7 milhões de dólares por ano, constituindo 0,11 a 1,69% do PIB da região em 2004 e cerca de 55% dos custos calculados.

Vale lembrar que o trabalho considera, além dos custos referentes ao absentéismo, os custos associados ao tratamento (benefícios em saúde) e ao desconforto em sua valoração.

Considerando que as infecções relacionadas ao saneamento precário prejudicam o desempenho escolar e reduzem a produtividade do trabalho, FGV (2010) analisou os impactos econômicos das deficiências de saneamento sobre a produtividade em aspectos como: (1) afastamento das funções usuais; (2) desempenho produtivo menor, por conta de uma saúde mais fragilizada.

(1) Afastamento das funções usuais: A pesquisa do Suplemento da Saúde do PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio) verificou que 7% da população (12 milhões de pessoas) indicou ter se afastado de suas atividades durante ao menos um dia nas duas semanas anteriores à pesquisa. Desse total, 6,4% dos afastamentos (217.000) foram causados por infecções intestinais que geraram afastamentos de 3,1 dias em média. Considerando-se a carga horária média dos trabalhadores de 39,1 horas semanais e R\$ 5,70 o valor médio da hora de trabalho, chega-se a um custo de R\$ 95,76 reais por afastamento, R\$ 21 milhões a cada duas semanas e R\$ 547 milhões ao ano em horas pagas, mas não trabalhadas. A análise do conjunto de variáveis que podem interferir na frequência dos afastamentos mostrou que os moradores de residências com acesso à coleta de esgoto têm uma probabilidade menor de afastamento de suas atividades, sendo 6,5% menor por qualquer motivo e 19,2% menor por diarreia. Com esses dados, levanta-se que o acesso universal à rede de esgoto reduziria o custo de afastamento em R\$ 309 milhões por ano (de R\$ 546 milhões para R\$ 238 milhões).

(2) Desempenho Produtivo: A análise estatística desenvolvida com base nas informações do PNAD isolou o efeito do saneamento na renda dos trabalhadores. Identificou-se que os trabalhadores com acesso à coleta de esgoto ganham salários, em média, 13,3% superiores aos daqueles que moram em locais sem coleta de esgoto.

Considerando-se a renda média mensal de R\$ 930 e que 60% dos trabalhadores da amostra do PNAD têm acesso à rede coletora, estima-se, por extrapolação ao universo brasileiro, que o ganho médio mensal supere R\$ 50 por trabalhador. Estima-se que a massa de salários do país, que hoje está em torno de R\$ 1,1 trilhão, deve se elevar em 3,8%, possibilitando um crescimento da folha de pagamentos de R\$ 41,5 bilhões. Vale mencionar, esse montante é praticamente o custo da universalização do sistema de coleta e tratamento de esgoto no Brasil, estimado em R\$ 49,8 bilhões, levando-se em consideração os dados do IBGE para novas ligações. Isso equivale a dizer que o ganho de renda de 1,2 anos de trabalho seria suficiente para pagar o investimento no saneamento. Com relação ao ensino, um estudo do Centro de Políticas Sociais da FGV, realizado a pedido do Instituto Trata Brasil em 2008, apontou que, em termos de impacto na educação, havia uma diferença de 30% no aproveitamento escolar entre crianças que têm e não têm acesso ao saneamento básico – situação que causará reflexos ao longo da vida, pois os estudantes com pior aproveitamento tendem a ser menos qualificados e, como consequência, terão menores salários. Portanto, a melhoria da produtividade é um benefício ligado à saúde, não em relação aos custos evitados, mas à condição saudável, que permite uma melhor assimilação de conteúdo e um melhor uso do tempo, seja na qualificação, seja na produção.

#### **d) Benefícios em Turismo:**

O turismo é uma fonte importante de empregos e entrada de dinheiro estrangeiro (Bartram, 2008). Considerando que a popularidade dos destinos está parcialmente relacionada com suas condições sanitárias, a deficiência em serviços de saneamento pode representar perdas econômicas significativas (Hutton *et al.*, 2008). A qualidade da água é um fator fundamental para determinadas atividades turísticas, portanto, o tratamento de esgotos leva a uma melhoria da atração turística. Em muitos países, o não atendimento aos padrões de balneabilidade leva ao fechamento de praias e lagos, o que influencia a economia local baseada no turismo (Wilson, 2000).

Conforme apresentado, o turismo é uma atividade econômica que não se desenvolve plenamente em regiões com falta de coleta e tratamento de esgoto, o que reduz o potencial de geração de renda e emprego dessas regiões. Um estudo de 2008 do Centro de Políticas Sociais da FGV, realizado a pedido do Instituto Trata Brasil, analisou a questão do ponto de vista das carências de saneamento em 20 destinos turísticos do Brasil. No estudo de 2010, a FGV realizou uma projeção dos impactos negativos das deficiências em saneamento sobre essa atividade econômica em termos de renda e emprego para o país como um todo. Ao total, espera-se que a universalização do saneamento permita a criação de 120 mil novos postos de trabalho em hotéis, pousadas, agências de viagem, empresas de transporte de passageiros. Considerando o salário médio nessas atividades, a criação dessas oportunidades de emprego redundaria em uma massa de salários de R\$ 935 milhões ao ano, permitindo um crescimento do PIB desse setor de R\$ 1,935 bilhão.

No trabalho de Debeux (1998), os benefícios de turismo na Baía de Guanabara foram calculados a partir das perdas do setor com base no gasto médio per capita/dia na cidade do Rio de Janeiro por turistas estrangeiros (US\$ 86,88) e no número de turistas estrangeiros/ano que visitam o Pão de Açúcar (385.083). Considerou-se que os investimentos em tratamento de esgoto poderiam aumentar a permanência média na cidade do Rio de Janeiro em mais um dia para 50% dos turistas. Já considerados os valores agregados a serem repassados aos setores econômicos, estimou que os ganhos com o turismo seriam de US\$ 6.691.220 ao ano.

O trabalho de Oliveira (2012) buscou estimar o valor dos danos ambientais gerados pela poluição às praias do bairro Rio Vermelho, na cidade de Salvador, capital do estado da Bahia, a partir da mensuração da medida de disposição a pagar dos moradores pela conservação do local.

As praias do Rio Vermelho atraem banhistas desde o século XIX, devido à crença de que suas águas seriam milagrosas, e se tornou o primeiro balneário turístico da Bahia, na época com nove praias. A partir dos anos 30 a localidade passou a perder seu atrativo de ser um local de veraneio devido ao crescimento da população fixa. Na década de 60 passou a ter duas grandes fábricas e na década de 70 houve a construção do emissário submarino, que, segundo a autora, provocou grandes modificações no perfil da costa das praias, o que resulta no fato de que hoje há somente cinco praias no bairro. Com o crescimento desenfreado da população, não houve acompanhamento da infraestrutura necessária, o que pode ser constatado através das ligações clandestinas de esgotos às redes pluviais que chegam ao rio Lucaia, principal da região. A bacia do rio Lucaia é responsável pela drenagem de parte dos esgotos de Salvador, cerca de 11% da população da cidade. A

atividade urbana tem causado evidente dano ambiental ao rio e às praias. Podendo ser destacada a poluição visual, o odor, a propagação de vetores de doenças e o agravamento do nível de poluição, segunda a autora. Um ponto também destacado é o fato de o emissário submarino da região não atender aos parâmetros da legislação. Ele foi construído em concreto, com diâmetro de 1,75 m e comprimento de 2.350m, dos quais 350 m são tubulação difusora, com diâmetro de 1,50 m e 70 orifícios difusores de 15 cm cada, a 27 m de profundidade. Segundo Silva (2011), para que a legislação seja respeitada, é sugerido o prolongamento do emissário em 2000 m, da tubulação difusora em 115 m e o acréscimo de 20 orifícios, entre outras especificações técnicas, que geram uma estimativa de custo de R\$ 58 milhões para adequação do projeto.

Tendo em vista este cenário, a autora aplicou o método de valoração contingente (MVC) para a valoração ambiental. Primeiramente, foi identificado o valor do recurso ambiental estudado. Esse pode ser desmembrado em valor de uso direto, evidenciado pelo uso recreativo das praias; uso indireto, constituído da valorização dos imóveis da região, do crescimento do turismo e desdobramento da economia local; valor de opção, apresentado através do desejo dos moradores de que as próximas gerações aproveitem as praias do local e o valor de existência, expresso pelo desejo das pessoas por melhoria e manutenção da qualidade ambiental. Em seguida foi aplicado o método da valoração contingente (MCV) com questionários respondidos por 270 moradores, sendo 31 pescadores. No questionário do MVC, dentre outras perguntas, os moradores foram questionados sobre sua disposição a pagar pela qualidade ambiental de suas praias e foi determinado que esse pagamento seria feito por taxas para uma ONG que se tornaria responsável por esse serviço. Os valores disponíveis para resposta eram R\$0,50, R\$2,75, R\$5,00, R\$10,00, R\$15,00, R\$20,00, R\$25,00, R\$30,00 e R\$50,00. Com os resultados dos questionários em mãos, a autora aplicou três modelos analíticos (logit, probit e não paramétrico) a fim de se obter resultados monetários. Cada modelo forneceu um valor mensal que, se multiplicado pela população da área de estudo, fornece o valor do prejuízo mensal do bem-estar dos moradores em relação ao estado das praias. Esses valores são: • Logit: R\$256.931,21/ mês = R\$3.083.174,51/ano; • Probit: R\$260.084, 29/ mês = R\$3.121.011,49/ano; • Não paramétrico: R\$254.025, 09/ mês = R\$3.048.301, 04/ ano. Descontando-se esse prejuízo do PIB de Salvador, obtém-se um PIB ambientalmente ajustado pela poluição das praias do bairro, um ensaio para o PIB verde. Assim, seja R\$ 32.824.224.000,00 o PIB de Salvador, o PIB ambientalmente ajustado por esse passivo seria R\$ 32.821.140.820,00 para o ano de 2009.

A autora ainda acrescenta que, considerando que a pluma do efluente lançado pelo emissário atinge a zona de balneabilidade de Salvador, além da área de estudo, toda a população soteropolitana seria beneficiada com a reestruturação desse sistema e, segundo Silva (2011), o custo para essa adequação estaria em torno de 58 milhões. Então se agrupou a população do restante da cidade que se assemelha com Rio Vermelho e expandiu a avaliação estatística o que resultou num benefício anual de R\$ 54. 131. 793,01 e assim, o investimento da adequação do emissário seria recuperado em até 14 meses. Conforme descrito, o trabalho de Oliveira (2012) também considerou outros valores, como o imobiliário e o recreativo, implícitos na valoração elaborada pelo método da valoração contingente.

#### **e) Benefícios Imobiliários:**

As pessoas que vivem nas redondezas dos corpos d'água beneficiam-se desta proximidade quanto mais o tratamento de efluentes garantir uma qualidade mínima à água destes corpos (Dumas e Schuhmann, 2004). A melhoria da qualidade do ambiente local é o principal motivo pelo qual os usuários buscam a adoção do saneamento (Cairncross e Feachem, 1993). É bastante óbvio que a ausência de esgoto à céu aberto melhora a qualidade do ambiente. A qualidade do ambiente reflete-se no valor dos imóveis. Essa melhoria também atrai negócios para a região e beneficia a economia local. Os investimentos em saneamento qualificam o solo urbano, pois agregam valor às construções e aos terrenos, o que implica em aumento do capital imobiliário das cidades.

Com base nos dados do PNAD, FGV (2010) constatou que o valor dos imóveis cresce progressivamente à medida que aumenta o percentual da população com esgoto coletado. Para uma cidade de porte médio, esse valor varia de R\$ 35,5 mil na ausência de coleta de esgoto a R\$ 42 mil para áreas em que todos os domicílios têm acesso à rede. Pode-se afirmar, dessa maneira, que a universalização do acesso à rede de esgoto pode trazer uma valorização média de 18% no valor dos imóveis, o que representa ganho no patrimônio, em especial no que se refere ao principal ativo das famílias de baixa renda. Em termos nacionais, a universalização do saneamento traria uma valorização média dos imóveis no país de 3,3%, embora com efeitos diferenciados nas

unidades da federação. Estima-se que a valorização dos imóveis chegaria a R\$ 74 bilhões, valor 49% superior ao custo estimado para a universalização dos serviços de saneamento (R\$ 49,8 bilhões). Isso sem considerar os outros benefícios proporcionados pelo saneamento, como os de saúde e de turismo, explorados pelo mesmo estudo e descritos anteriormente. Outro aspecto a ser considerado é o retorno do investimento em infraestrutura de saneamento aos cofres públicos na forma de impostos. Estima-se que, em longo prazo, o aumento de arrecadação de IPTU (Imposto Predial e Territorial Urbano) na proporção do aumento do valor dos imóveis seria da ordem de R\$ 385 milhões por ano. O aumento esperado de arrecadação de ITBI (Imposto de Transmissão de Bens Imóveis) superaria R\$ 80 milhões por ano.

#### **f) Benefícios Ambientais:**

Entre os benefícios do tratamento de esgotos prévio ao lançamento no ambiente estão a redução da eutrofização, com todos os seus impactos negativos (Howarth *et al.*, 2001), e a atenuação dos impactos no ambiente aquático, em especial variações na concentração de oxigênio dissolvido e de sólidos suspensos (entrada de luz solar), que podem levar a um prejuízo na qualidade ecológica como uma redução significativa na biodiversidade (Crouzet *et al.*, 1999; AESN, 2007; Howarth *et al.*, 2001; Wilson, 2000). O lançamento de esgotos sem tratamento também pode ser responsável por assoreamento e presença de tóxicos no ambiente aquático. Os lançamentos supracitados podem influenciar negativamente “stewardship”, bem como os valores de existência, de altruísmo e de “bequest” referentes a um ecossistema específico (Dumas e Schuhmann, 2004).

Os custos ambientais decorrentes da utilização dos bens e serviços ambientais não são geralmente incorporados nas medidas convencionais de renda. No estudo realizado por Motta *et al.* (1994), são estimados os custos relativos do uso doméstico do recurso água nas áreas urbanas do país e sua relação com as medidas de consumo das famílias. Para tanto, o trabalho apresenta um método de estimação que calcula os gastos de investimentos necessários para evitar essas perdas ambientais. A análise dos resultados permite avaliar a economicidade das ações de saneamento básico no Brasil.

A água, como recurso natural, possui valor de uso em virtude do esgotamento por ser recurso finito e apresenta decréscimo corrente do nível de utilidade devido às externalidades geradas pela degradação ambiental. A utilização dos recursos ambientais em um sistema produtivo implica duas formas distintas nas relações econômicas: (a) A utilização dos recursos ambientais como insumos pelo setor produtivo corresponde a serviços ambientais que o meio ambiente presta. No caso de não ocorrer um respectivo pagamento, então trata-se de subsídios que deveriam ter seu valor imputado ao produto. Quando a comercialização desse serviço ocorre, o serviço resultante já está considerado na medida de renda. (b) A utilização de recursos ambientais por agentes econômicos pode implicar perdas ambientais que, quando ocorrem entre contemporâneos (intratemporal), impõe custos adicionais para solucionar problemas por elas desencadeados ou resultam em decréscimo de produção em setores dependentes destes recursos e, porque vedam outros possíveis usos dos recursos naturais, reduzem o nível de utilidade dos agentes econômicos afetados. Na dimensão intertemporal, a perda ambiental resume-se ao custo de uso que as gerações presentes devem pagar, ou deduzir de sua renda, de forma que compensem as gerações futuras pelo esgotamento deste recurso. Essas perdas ambientais representam, portanto, um custo de uso, um sacrifício de outros usos possíveis dos recursos naturais exauridos ou degradados pela ação humana, devendo, portanto, ser consideradas no produto.

Cada uma das formas de utilização da água demanda um padrão de qualidade diferenciado, geralmente não compatível com a qualidade da água devolvida após seu uso para um determinado fim. Quando um agente econômico serve-se da água e a devolve ao meio ambiente sem proceder a tratamentos que a mantenha com um nível de qualidade compatível para outros usos, está gerando externalidades negativas que reduzem o desempenho do sistema econômico como um todo. Dessa maneira, o agente causador da degradação da água apropria-se de uma renda que equivale ao serviço ambiental prestado pelo meio ambiente. No caso da poluição hídrica doméstica, seria possível estimar o consumo final sustentável das famílias que considerasse os respectivos serviços ambientais do recurso água. Nesse estudo, foi analisado o uso da água pelas comunidades urbanas que, posteriormente, é devolvida aos corpos d'água sob a forma de esgoto.

A premissa fundamental desse trabalho está em considerar o meio ambiente como um agente privado que deveria ter recebido uma remuneração de mercado equivalente àquela recebida pelos demais agentes. Essa remuneração deveria igualar-se ao custo de oportunidade desses serviços. Assim, o serviço ambiental prestado

pela água enquanto receptora do esgoto doméstico urbano seria mensurado pelo custo em que os agentes incorreriam caso tivessem que evitar o uso do recurso água para recepção de seu esgoto. Os autores usaram como aproximação desse custo de oportunidade os gastos em coleta e tratamento do esgoto doméstico, os quais poderiam ser obtidos pelo custo de capital necessário para que a carga de despejos domésticos potencialmente poluidora dos corpos d'água fosse ligada à rede e tratada adequadamente. Esse valor representa, então, um limite superior dos serviços, na medida em que se supõe que, uma vez realizados os investimentos, todo tipo de externalidade seria eliminado.

Como medida das quantidades de esgoto produzidas empregou-se o número de habitantes das regiões urbanas, classificados de acordo com o serviço de esgoto a que têm acesso, sejam estes: precário ou inexistente, fossa séptica e rede geral, entende-se por esse último como coleta de esgoto, o que não implica necessariamente no seu tratamento. De acordo com o nível de tratamento utilizado, o esgoto lançado aos recursos hídricos é gerador de externalidades ou não. Foi considerado, para efeito de estimação, que o tratamento secundário seria adequado e que 1/3 do tratamento realizado no país encontrava-se neste estágio e os 2/3 restantes somente realizavam tratamento primário. Como as fossas sépticas podem ser comparadas a um tratamento primário em certos casos em que condições de permeabilidade do solo e as soluções de depósito da sua depuração não são satisfatórias, o estudo assumiu que metade dos serviços de fossa séptica era adequada e equivalente a um tratamento secundário e a outra metade equivalente a um tratamento primário. A população urbana foi classificada em (a) população não poluidora, com rede de coleta e tratamento secundário; (b) população poluidora I, com rede de coleta e tratamento primário e (c) população poluidora II, com rede de coleta sem tratamento ou sem rede de coleta ou fossa séptica. O estudo considerou que o valor total dos investimentos necessário para que todo o esgoto doméstico fosse atendido por tratamento secundário seria igual ao somatório dos diversos custos de investimento, em função da sua condição de atendimento atual, multiplicados pelas variações das respectivas parcelas da população atendidas.

As estimativas desse estudo foram realizadas com base nos dados sobre condições sanitárias dos domicílios divulgados pelo IBGE e disponíveis nos Censos Demográficos e nas Pesquisas Nacionais por Amostra de Domicílios (PNAD) de 1970 a 1989 e em dados dos catálogos da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), que informam o volume de esgoto coletado e tratado por estado, declarado pelas companhias estaduais de saneamento básico. Os dados de custo de coleta foram estimados pela Caixa Econômica Federal (Bio, 1990) em US\$ 120/habitante (1988). Os custos de tratamento em nível primário e secundário foram obtidos junto a uma empresa especializada, dividindo-se o custo do tratamento primário e, da mesma forma, seu complemento para tratamento secundário pelo número de habitantes atendidos. Os valores obtidos para custos de tratamento primário e custos adicionais para tratamento secundário foram, respectivamente, US\$ 32,5/habitante (1988) e US\$ 97,50 (1988). Os dados observados de investimentos totais realizados em esgoto foram obtidos do Plano Nacional de Saneamento (Planasa). A partir desses valores foram adotados procedimentos para calcular o estoque de capital total necessário para coletar e tratar toda a carga poluidora em cada ano. O serviço ambiental foi obtido aplicando-se valores alternativos para o custo de oportunidade do capital (5, 10 e 15%) sobre o valor médio das estimativas desse estoque.

Os resultados dos serviços ambientais variaram segundo o valor de custo de oportunidade do capital, ou seja, da taxa de retorno do capital. Assumindo uma taxa de 5%, os valores dos serviços ambientais da poluição hídrica doméstica, em termos absolutos, cresceram de US\$ 357 milhões para US\$ 600 milhões (1980) entre os anos de 1970 e 1989, o que representava nesses anos, respectivamente 0,495 e 0,345% do consumo final das famílias. Entretanto, a partir de 1973 esse percentual manteve-se razoavelmente constante, devido ao início da realização dos investimentos do Planasa. Por um lado, esses resultados permitem questionar a opção tecnológica de saneamento adotada no país, uma vez que os montantes de investimentos parecem ultrapassar a capacidade de financiamento do setor público. Por outro, sua relevância em termos de proporção do consumo final das famílias, que são as próprias geradoras dessa poluição, revela que as formas de financiamento podem ser desenhadas de modo que estes poluidores assumam totalmente os custos de controle.

#### **g) Benefícios para o tratamento de água:**

O tratamento de efluentes resulta em custos de tratamento de água inferiores para os usuários à jusante. O não tratamento de efluentes pode trazer prejuízo para a saúde pública, bem como aumento de custos pelo uso de mananciais mais distantes ou pelo racionamento (Jouravlev, 2004).

No estudo de Debeux (1998) para a bacia contribuinte à Baía da Guanabara, os investimentos em água pretendem setorizar os sistemas de abastecimento de forma a reduzir perdas ao compartimentar o abastecimento. Dessa forma, pode-se ainda aumentar a oferta referente ao volume que deixará de ser perdido, além de investir na instalação de hidrômetros de forma a induzir o uso racional da água ao pagar pela quantidade consumida e não mais por estimativa. Os benefícios da expansão da oferta de água foram calculados com base nos gastos com abastecimento incorridos pelas famílias da população a ser beneficiada pelo projeto antes do projeto ser implementado, representando uma estimativa da disposição a pagar pelo consumo. O volume excedente, resultado da racionalização induzida pela instalação de hidrômetros, foi obtido por meio de cálculo a partir dos valores de custo da empresa de saneamento relativos à produção, distribuição de água, coleta e tratamento de esgoto doméstico. A estimativa desse benefício baseou-se na diferença entre o consumo médio estimado sem o hidrômetro e o consumo extraído do hidrômetro, resultando em uma redução no consumo da ordem de 24%.

Em seu trabalho, Coelho (2008) apresenta dados de custo de produtos químicos para tratamento de água para abastecimento proveniente de um manancial poluído. A Estação de Tratamento de Água Guandu (ETAG) produz cerca de 43 m<sup>3</sup>/s de água potável para abastecimento da cidade do Rio de Janeiro e Região Metropolitana. A poluição doméstica e industrial oriunda dos rios afluentes ao rio Guandu (Queimados e Ipiranga) há bastante tempo preocupa os responsáveis pelo abastecimento de água da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). O consumo de produtos químicos na ETAG é exorbitante, com custos na ordem de R\$ 3.500.000,00/mês (Oliveira, 2007 *apud* Coelho, 2008). O custo adicional de produtos químicos (sulfato, cloro e cal) no tratamento da água bruta da ETAG é de R\$ 1,5~2,0 milhões por ano, devido ao alto grau de poluição advinda dos afluentes da lagoa Guandu que escoam para a tomada d'água da estação, segundo a Companhia Estadual de Água e Esgoto (CEDAE) (COPPE, 2001). Tal valor equivale a aproximadamente 5% dos gastos totais com produtos químicos na ETAG.

#### **h) Benefícios para a indústria:**

A água tem muitos usos na indústria, ela pode ser incorporada no produto final ou ter outros usos intermediários no processo, como diluição, resfriamento e limpeza. Em algumas indústrias a qualidade da água necessária para o processo produtivo é bastante alta (Bingham *et al.*, 2000). Se a qualidade da água for baixa devido ao não tratamento de efluentes, a água deve ser tratada antes do uso. Os custos de pré-tratamento reduzem a margem de benefícios econômicos associados ao uso desta água (Dumas e Schuhmann, 2004), podendo inclusive inviabilizar o empreendimento. Os benefícios para a indústria geralmente são mensurados por custos evitados. Além disso, o reuso e a reciclagem interna de água industrial podem atingir até 85% do consumo total, o que limita o impacto na qualidade da água (AESN, 2007 *apud* OECD, 2011).

Segundo François *et al.* (2010), os setores de abastecimento de água e esgotamento sanitário são formados por muitos fatores. Na Europa, a Urban Waste Water Directive e a Water Framework Directive tem uma significativa influência na organização desses setores. A WFD estabelece diretrizes para a proteção de águas superficiais continentais, águas costeiras e águas subterrâneas. Um dos mais importantes elementos da WFD é a introdução da recuperação de custos pelos serviços relacionados à água; segundo o artigo 9º da diretiva, os custos de serviços de água (incluindo custos ambientais e de recurso) devem ser recuperados através do princípio do poluidor pagador. Esses custos deveriam ser separados pelo menos nos níveis de indústria, domicílio e agricultura. Desde 2010, as políticas de precificação da água têm fornecido incentivos para os usuários usarem a água de forma eficiente e ainda contribuírem com os objetivos ambientais da diretiva. A razão por trás da introdução do poluidor pagador é mitigar problemas ambientais através da confiança nos conceitos econômicos da eficiência. Acredita-se que consumo e produção envolvem mais níveis de sustentabilidade internalizando os custos de efeitos externos.

O preço da água pode ser definido como “a marginal ou total quantidade monetária paga pelos usuários por todos os serviços de água que eles recebem (e.g. distribuição de água, tratamento de esgoto), incluindo o meio ambiente”. Os custos podem ser de vários tipos:

- Custos financeiros: incluem os custos de operação e manutenção dos sistemas;
- Custos de capital: representam o investimento.
- Custos ambientais: representam os danos, decorrentes do uso da água, sobre o meio ambiente, os ecossistemas e os usuários do ambiente;

- Custos de recurso: são os custos de oportunidades precedentes, que outros usos sofrem quando o recurso é esvaziado além da sua taxa natural de recarga.

A bacia hidrográfica é considerada uma importante unidade para quantificação de custos ambientais e de recurso, mas a escala de abastecimento de água é o nível ideal para a recuperação de custos financeiros. Apesar da ênfase dada aos custos ambientais e de recurso, raramente eles são vinculados ao preço da água, em muitos casos, nem o custo financeiro é recuperado.

O grau de quanto dos custos são recuperados mostra grandes diferenças entre os estados membros da comunidade europeia. Os relatórios fornecidos pelos estados membros sobre a análise econômica do uso da água mostra uma taxa de recuperação de custos entre 70 e 100%. Cerca de metade dos países membros não forneceu informações ou as forneceu incompletas. Para a indústria e para a agricultura, os menores valores de recuperação de custos foram de 40% e 1%, respectivamente, ainda que poucos países tenham fornecido dados. Essa análise foi feita baseando-se em custos financeiros. Somente alguns países fornecem dados referentes a custos ambientais. Na Holanda, por exemplo, a política de água tem sido baseada no princípio do poluidor pagador, antes mesmo da WFD adotar. Custos relacionados à produção e ao fornecimento de água foram totalmente recuperados. Para o setor de esgotamento, a recuperação de custos é quase totalmente recuperada através do uso de carga de efluentes, que é uma taxa ou imposto a ser pago por descargas de efluentes no meio ambiente (OECD). A situação holandesa é totalmente oposta à da Irlanda, onde a carga direta pelos domicílios é proibida. A recuperação global de custos financeiros recuperados através dos setores varia de 28% para sistemas públicos de abastecimento sanitário, 71% para fornecimento público de água e 96% para instalações privadas, na Irlanda.

#### **i) Benefícios para pesca e aquicultura:**

A água limpa é o ambiente de vida de diversas espécies de peixes. O sucesso da pesca comercial é relacionado à saúde dos estoques de espécies de peixes comercialmente exploráveis, a baixa qualidade da água pode resultar no aumento dos custos de pesca e de preços do pescado (Bingham *et al.*, 2000; Dumas e Schuhmann, 2004). A existência de populações de peixe também traz benefícios a atividades recreativas (Church *et al.*, 2008). A aquicultura depende da boa qualidade da água, independente das espécies escolhidas. Peixes, crustáceos e moluscos dependem da água para viver, comer e crescer. O sucesso da aquicultura depende da habilidade em garantir a qualidade necessária para a água (Buttner *et al.*, 1993).

De acordo com Debeux (1998), o setor pesqueiro possui grande importância para aproximadamente 6.000 pescadores distribuídos em sete colônias de pesca ao longo da Baía de Guanabara. As perdas desse setor foram estimadas a partir de informações obtidas junto às colônias de pescadores para a identificação do volume de pescado há uma década. Obteve-se que a baía ainda oferece mais de 100 espécies de peixes e que a produção média é de 13 toneladas/dia de pescado comercial, uma tonelada/dia de mexilhão e 0,4 toneladas/dia de camarão, equivalentes a 33% do volume de peixe e 17% do volume de camarão de há 10 anos. Para o cálculo dos benefícios foram considerados o incremento do volume pescado nas situações com e sem projeto, o valor de mercado de cada espécie e o custo de produção da atividade. Para um crescimento gradual da quantidade de pescado ao longo de dez anos, obteve-se benefícios estimados no valor de US\$ 30,6 milhões para o setor.

#### **j) Benefícios para a agricultura:**

A água poluída por atividades antrópicas pode tornar-se imprópria para consumo animal e irrigação. Isto se aplica a água retirada de corpos d'água poluídos ou ao reuso direto de efluentes. A irrigação com água bruta aumenta os riscos para a saúde da população, o tratamento da água bruta possibilita o uso desta para a agricultura, beneficiando a irrigação, pelo uso da água tratada, ou o corpo d'água, pela qualidade da água que retorna a ele. Estes benefícios resultam em aumento da área irrigada, melhoria do crescimento (devido aos nutrientes remanescentes) e aumento das oportunidades de mercado (Jouravlev, 2004). O lodo residual, subproduto do processo de tratamento de esgotos, também pode ser usado na agricultura, desde que adequadamente manuseado. Os benefícios do reuso podem ser mensurados pela redução da necessidade do uso de fertilizantes (Andersen, 2001 *apud* OECD, 2011). O reuso de efluentes tratados também pode ser usado na irrigação de áreas verdes e permite o uso eficiente da água em áreas com escassez deste recurso (AESN, 2007 *apud* OECD, 2011).

O objetivo do estudo de Bakopolou *et al.* (2009) foi investigar a disposição de fazendeiros a pagar por água de reuso para irrigação na região da Thessaly, Grécia. O estudo foi baseado em dados coletados de 107 questionários, que foram respondidos por fazendeiros de Thessaly. A região é localizada na parte central-leste da Grécia e sua principal característica é a relativamente alta percentagem de sua população ser parcialmente ou totalmente empregada na agricultura. Mais especificamente, 38,7% da força de trabalho da região vêm da agricultura e esse setor representa 35,5% do PIB da região. Além disso, a região da Thessaly sofre com a escassez de água no verão, que é parcialmente atribuída ao aumento das atividades na agricultura. A área irrigada na região é de 240.000 ha, que é parcialmente irrigada com 750 Mm<sup>3</sup> de água, enquanto a irrigação total demandaria 1600 Mm<sup>3</sup> de água.

O grupo escolhido para o estudo foi aleatório e o questionário foi respondido através de entrevistas individuais. Esse questionário foi dividido em três sessões. A primeira trata de dados pessoais para investigar correlações entre características socioeconômicas do entrevistado e sua disposição para usar água reciclada e pagar por isso. A segunda sessão tem o objetivo de descobrir se fazendeiros estão dispostos a usar água reciclada para irrigação. E, por fim, a terceira sessão trata da disposição dos fazendeiros a pagar por esgoto tratado.

Na primeira sessão, a primeira questão se referia a sexo; a segunda à idade, oferecendo três faixas etárias de repostas; a terceira em nível de educação, oferecendo também três opções de respostas; a quarta era referente aos rendimentos mensais dos fazendeiros, oferecendo quatro opções de respostas e a quinta se referia à área de cultivo, oferecendo duas opções. A segunda sessão visava apresentar aos fazendeiros os termos “esgoto municipal”, “tratamento de esgoto” e “reciclagem de esgoto”. Referente a “esgoto municipal” e “tratamento de esgoto”, foi explicado aos entrevistados o que o esgoto contém e como essa água pode ser tratada para ser reutilizada. Em relação à “reciclagem de esgoto” foram explicados os potenciais riscos e os benefícios. Foi dada ênfase especial ao risco potencial de poluição do esgoto quando esse não é bem gerenciado. Além disso, foi explicado aos fazendeiros que esgoto tratado pode reduzir a necessidade de fertilizantes porque contém nutrientes em si mesmo. Finalmente, alguns exemplos de projetos de reuso de esgoto em outros países foram apresentados. A única questão dessa sessão foi “Se você tivesse disponível água reciclada, você usaria essa água na sua plantação?”. E havia três possíveis respostas: “Definitivamente não”; “provavelmente sim” e “sim, claro”.

A terceira sessão foi designada para descobrir a aceitabilidade dos fazendeiros para pagar por água de reuso, que foi medida como percentagem da tarifa de água potável local. A primeira questão era “Se você tivesse disponível água potável e água reciclada, qual escolheria?”, oferecendo três respostas referentes a preços: “água potável ainda que a água reciclada custasse 0”; “água reciclada se custar a metade do preço da água potável” e “água reciclada se custar um pouco menos que a água potável”. A segunda questão dizia “Se você não tivesse água potável por causa da seca, usaria água reciclada?”, oferecendo 4 respostas também referentes a preço: “Eu não usaria água reciclada”; “Eu pagaria por água reciclada a metade do preço da água potável”; “Eu pagaria por água reciclada o mesmo preço da água potável” e “Eu pagaria por água reciclada um pouco mais do que por água potável”. A análise dos dados mostra que a maioria dos fazendeiros (57,9%) da região da Thessaly estão dispostos a pagar metade do preço da água potável para comprar água reciclada para irrigação. Uma relativamente alta percentagem deles (33,6%) não pagaria por água reciclada se tivessem água potável disponível, enquanto uma pequena percentagem (8,4%) pagaria pela água reciclada um pouco menos do preço da água potável.

#### **k) Benefícios do uso de subprodutos:**

Tanto as fezes quanto a urina podem ser usados como fertilizantes na agricultura e como fonte de biogás. O processo de tratamento de esgotos pode ser indiretamente usado para a produção de energia. A digestão anaeróbia da matéria orgânica gera biogás. Este pode ser usado na produção de energia elétrica, energia térmica ou combustível para veículos. Estudos mostram que os benefícios econômicos destes usos podem participar na amortização do investimento e na redução dos custos de operação, entretanto não são suficientes para cobrir todo o investimento de implementação do sistema produtivo. Quando os sistemas de recuperação de biogás utilizam resíduos humanos e animais em conjunto a taxa de retorno passa a ser atrativa (Renwick *et al.*, 2007). Alternativas energéticas por meio de fontes renováveis de energia têm sido objeto de pesquisas no mundo inteiro. Diminuir a dependência dos combustíveis fósseis, além de encontrar soluções ambientalmente

sustentáveis para colaborar com a matriz energética dos países e reduzir os impactos globais provocados pela queima dos mesmos justificam esse trabalho.

Para a geração de energia elétrica a partir de biogás, o primeiro fator econômico a ser analisado é o da utilização de um gás combustível de baixo custo, uma vez que o biogás é um subproduto de um processo de digestão anaeróbia e que normalmente é desprezado, ora emitido diretamente na atmosfera agravando o impacto ambiental por meio da emissão de gases efeito estufa, ora pela queima em “flares” para minimizar o impacto ambiental. Este insumo pode contribuir sensivelmente para a diminuição do consumo de eletricidade em ETEs, otimizando o uso dos recursos naturais, dada a estreita relação existente entre a geração de eletricidade e os recursos hídricos nacionais. Vale ressaltar, porém, que o volume de biogás gerado no tratamento anaeróbio não permite a autossuficiência da operação da ETE (COELHO *et al.*, 2003b). Em relação aos aspectos econômicos da produção de biogás e da sua utilização na geração de energia elétrica, deve-se ter em mente, inicialmente, que o consumo de energia em um sistema de tratamento de efluente líquido ocorre na construção e na operação do sistema.

O estudo de Pecora (2006) visa avaliar o potencial de geração de energia elétrica a partir do biogás proveniente do tratamento do esgoto do Conjunto Residencial da USP (CRUSP), abordando os aspectos técnicos, ambientais e econômicos do projeto. Para os cálculos do custo de energia elétrica produzida via biogás pode-se utilizar uma taxa de desconto usual de financiamento do governo federal para o setor elétrico e, segundo Souza *et al.* (2004) *apud* Pecora (2006), os gastos com operação e manutenção durante o ano representam 4% do investimento inicial. O cálculo do custo dessa energia considera o custo do investimento do sistema de conversão energética, a porcentagem de custo de operação e manutenção em relação ao investimento total, o consumo de biogás pelo sistema de conversão energética, a potência nominal da planta de geração, o custo do investimento no biodigestor e a produção anual de biogás. Para se verificar a viabilidade de geração dessa energia, determina-se o tempo de retorno do investimento através do custo do investimento do sistema de conversão energética, dos gastos com energia elétrica na ETE e da produção de eletricidade pela planta de biogás. Para comparação entre tecnologias de conversão energética de biogás, pode-se citar o projeto ENERBIOG – Instalação e Testes de uma Unidade de Demonstração de Geração de Energia Elétrica a partir de Biogás de Tratamento de Esgoto, desenvolvido pelo CENBIO (Centro Nacional de Referência em Biomassa). O referido projeto visou analisar a performance de microturbinas e motores ciclo Otto para geração de energia elétrica com biogás e a possibilidade de utilização destas tecnologias em outras ETEs do Estado de São Paulo. Para isso, cerca de 20 m<sup>3</sup>/h do biogás produzido na ETE da SABESP, em Barueri – SP alimentam uma microturbina e um grupo gerador (ciclo Otto), em paralelo, ambos de 30 kW.

Segundo Johansson *et al.* (1993), os custos operacionais para produção de biogás numa planta UASB, de médio porte, situam-se entre US\$ 0,03 e US\$ 0,05/m<sup>3</sup>, para plantas de grande porte esses custos podem baixar para cerca de US\$ 0,02/m<sup>3</sup>. Os grupos geradores possuem custos de implementação, operação e manutenção inferiores aos das turbinas e microturbinas, de 350,00 a 1.500,00 US\$/kW instalado e de 3.000,00 a 4.000,00 US\$/kW instalado (CENBIO, 2004e). Considerando esses custos, o investimento inicial e outros parâmetros econômicos, como taxa de juros e a vida útil dos sistemas, foi possível estabelecer os fluxos de caixa de ambas as tecnologias e, aplicando o valor presente líquido, prevalece a viabilidade do projeto que utiliza o grupo gerador em relação ao da microturbina, pois apresenta um menor custo inicial atrelado aos menores custos de O&M. Assim, a vantagem da utilização da microturbina está relacionada diretamente à questão ambiental, pois há menor emissão de NO<sub>x</sub>. A análise completa permite concluir que o problema para ambas as tecnologias são os preços elevados dos equipamentos, em virtude da pequena escala de produção, necessitando maiores incentivos para sua viabilização em maiores quantidades.

Em relação ao consumo de energia elétrica da ETE Barueri, foram levantados o consumo e seu custo, por meio de uma conta apresentada pela mesma, referente ao mês de fevereiro de 2003, época em que o projeto ENERBIOG encontrava-se em andamento. Observou-se que o tipo de tarifação da ETE consiste em uma demanda contratada de potência de 9.400 kW a 10.500 kW, ao custo de 0,059 R\$/kWh a 0,087 R\$/kWh, o que resulta em um total de aproximadamente R\$ 780.000,00 mensais (incluindo os impostos) somente com custos de energia elétrica. Estima-se que usando todo o biogás produzido nessa ETE, atualmente poder-se-ia ter uma capacidade instalada de 2,6 MW, o que corresponde a aproximadamente 25% do consumo energético da estação, e se todo ele fosse utilizado para a geração de energia elétrica, a estação economizaria cerca de R\$ 195.000,00 mensalmente. Para concluir o estudo de viabilidade econômica do projeto, devem-se considerar os investimentos iniciais, além da operação e manutenção do sistema. O preço da energia elétrica varia de acordo

com o tipo de consumidor e com a quantidade de energia comprada. No caso de grandes consumidores, como por exemplo, a SABESP, a energia pode ser comprada no mercado livre ou mesmo no mercado regulado, pagando mais barato o kWh que os pequenos consumidores. Esse fato acaba comprometendo a viabilidade econômica do projeto em questão, uma vez que se torna mais viável comprar eletricidade da rede do que gerar energia com o próprio biogás da estação. Já para pequenos consumidores, para os quais o preço da eletricidade é maior, um projeto de recuperação energética do biogás pode ser viável.

Em relação ao estudo de caso no conjunto residencial da USP, para a implantação do sistema demonstrativo de geração de energia elétrica a partir do biogás, foi utilizado, para o tratamento do esgoto, um reator UASB com 6 metros de altura, 2,3 m de diâmetro e volume útil de 25 m<sup>3</sup>, além de todo o sistema necessário para medição e purificação do biogás e do sistema de conversão em energia elétrica.

Para a análise econômica do sistema, foram escolhidos dois cenários, sendo um a situação real (geração de 2,4 kW) e o outro considerando a potência máxima do grupo gerador e com geração contínua (geração de 14 kW). O cenário 1 apresenta energia gerada igual a 0,4631 MWh/ano, com custo de geração de 6.070 R\$/MWh e custo de operação e manutenção de 3.410 R\$/MWh. Visto que a demanda de energia elétrica da planta de tratamento é cerca de 100.000 kWh/mês, ou seja, 1.200.000 kWh/ano e considerando que toda a energia gerada nesse caso fosse levada à rede, haveria uma redução de apenas 0,039% no consumo de energia elétrica comprada da concessionária, o que resulta em um tempo de retorno do investimento de 187 anos. Já o cenário 2 apresenta energia gerada igual a 96.768,00 kWh/ano, custo de geração de 660,00 R\$/MWh e custo de operação e manutenção de 210,00 R\$/MWh. Considerando que toda a energia gerada nesse caso fosse levada à rede, haveria uma redução de 8,1% no consumo de energia elétrica comprada da concessionária, o que resulta em um tempo de retorno do investimento de 10,74 meses, sendo o sistema de geração de energia viável.

### **1) Redução do assoreamento:**

A descarga de águas residuárias gera sedimentação, devido aos sólidos presentes nos efluentes. Esta sedimentação leva ao assoreamento dos corpos d'água e aumenta o custo de dragagem, além de prejudicar a drenagem natural das águas até o corpo d'água, a vida útil de reservatórios e a operação e manutenção dos empreendimentos que dele se servem (Jouravlev, 2004). Em seu trabalho, Coelho (2008), apresenta uma estimativa de custo para dragagem de um corpo d'água usado para captação por uma Estação de Tratamento de Água. A lagoa Guandu foi formada após a barragem do rio Guandu para a construção da tomada d'água da Estação de Tratamento de Água Guandu (ETAG), nos anos de 1950 e 1960. A vazão do rio foi ampliada com a transposição do rio Paraíba do Sul, para gerar energia hidrelétrica, permitindo à ETA a produção de uma vazão média de cerca de 43 m<sup>3</sup>/s para abastecimento da cidade do Rio de Janeiro e Região Metropolitana.

A poluição doméstica e industrial oriunda dos rios afluentes ao rio Guandu (Queimados e Ipiranga) já preocupa há bastante tempo o abastecimento de água da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). Para mitigar os efeitos de carreamento de poluentes para a ETA, o que reduz a qualidade da água e aumenta os custos de tratamento, considerou-se a dragagem da lagoa Guandu como solução paliativa, porém necessária em qualquer método para despoluir ou parar de poluir o rio Guandu logo à montante da captação. A lagoa, que funcionaria então como um amortecedor da poluição oriunda dos rios afluentes, apresentou elementos químicos em níveis elevados, tais como chumbo disponível e ferro disponível. Devido ao passivo ambiental da poluição industrial, a dragagem dos sedimentos (lodo) da lagoa Guandu seria cuidadosa, para não revolver o fundo composto por metais pesados, que também se acumulam biologicamente nos seres aquáticos. Com isso, o material dragado não poderia ser lançado em qualquer corpo d'água, como costuma acontecer em algumas situações. O destino deveria ser um aterro apropriado, de lodo ou industrial.

Os custos estimados para dragagem da lagoa Guandu e destinação do lodo em aterro apropriado foram orçados em R\$ 32.539.500,00 (para o ano de 2008). Cabe ressaltar que os custos não incluíram a desidratação ou secagem do lodo retirado da Lagoa, nem por métodos convencionais tampouco especiais. Entretanto, previu-se a desidratação ao natural sem leitos de secagem, dentro do próprio canteiro de obras, a ser implantado ao lado da lagoa Guandu, preferencialmente em um ponto a jusante da captação da ETAG, ou seja, o percolado retornaria ao canal de São Francisco, causando maiores impactos na baía de Sepetiba. Os tubos geotêxteis seriam uma boa opção de pré-tratamento do lodo. O efluente dos tubos é filtrado nas malhas existentes no próprio geotêxtil feito de tecido de alta resistência, diminuindo assim significativamente alguns parâmetros de

poluição das águas, principalmente orgânicos e sólidos em suspensão. O sistema de tubos geotêxteis pode ser adotado com os objetivos de acelerar o processo de desidratação e reduzir drasticamente o volume do material contaminado, proporcionando, assim, uma economia nos custos de disposição final do lodo ou dos sedimentos (EPA, 2001). Considerando um custo unitário estimado em R\$ 10 (adotado com base no mercado de janeiro de 2008), para cada metro cúbico a ser desidratado em tubos geotêxteis, o custo total para desidratar todo o lodo removido da lagoa Guandu seria de R\$ 10.000.000,00, para o lodo seco, se a altura da camada de lodo no fundo fosse de um metro. Portanto, além do prazo de execução demorado, o custo para remediar um passivo ambiental na lagoa Guandu é bastante elevado, em torno de 43 milhões de reais, para retirada e disposição adequada do lodo depositado no fundo.

Segundo Coelho *et al.* (2012), uma solução definitiva consiste na implantação de sistema de esgotamento sanitário com tratamento secundário na bacia dos afluentes da Lagoa Guandu (rio Queimados e Ipiranga), antes da captação da ETA Guandu, sendo capaz de remover 90% da carga orgânica (DBO), conforme a concepção do plano diretor (STE, 1994). Para esse cenário, adotaram-se 30% dos custos de implantação do denominado sistema Guandu de esgotamento sanitário, presente no plano diretor de esgotamento sanitário da Cedae de 1994 (STE, 1994), pois a população na bacia dos rios Queimados e Ipiranga, afluentes ao rio Guandu, representa um terço da população total prevista para toda a bacia do Rio Guandu. O custo para implantação do sistema de esgotamento sanitário na bacia dos rios Queimados e Ipiranga foi estimada em cerca de US\$ 50 milhões (para o ano de 2008).

Ao comparar apenas os custos de uma solução paliativa de dragagem com os custos de uma solução definitiva de saneamento, percebe-se quão vantajoso seria implantar um sistema definitivo, que além de evitar o custo com dragagem, também provê toda uma gama de benefícios, como já visto nesse trabalho, cujos valores por certo superariam os custos de investimento.

#### **m) Benefícios para o comércio exterior/ economia nacional:**

A água poluída por lançamento de esgotos tem influência na competitividade do comércio, pois o acesso a diferentes mercados está crescentemente ligado a padrões ambientais do local de origem do produto. Estes padrões funcionam como barreiras não tarifárias para o comércio internacional (Jouravlev, 2004). Agendas de desenvolvimento têm despertado a atenção da sociedade brasileira recentemente. Alinhadas a Políticas Nacionais, tais agendas envolvem planos e programas formalizados por contratos intranacionais, como no caso do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) lançado pelo governo federal, ou por acordos internacionais, a exemplo da tratativa do governo nacional com a Federação Internacional de Futebol Associado (FIFA) e com o Comitê Olímpico Internacional para os eventos esportivos os quais o Brasil sediará até 2016. Esses acordos estabelecem direitos e deveres entre as partes signatárias, cujas expectativas traduzem-se nos diversos benefícios dos planos e programas acordados.

Considerando-se os exemplos supracitados no âmbito do saneamento, é notório o montante que o PAC destina à elaboração de projetos de sistemas de saneamento e suas execuções. Especificamente, o montante da 4ª etapa do PAC 2 destinado às ações de saneamento soma R\$ 10 bilhões, sendo R\$ 5 bilhões oriundos do Orçamento Geral da União (OGU) e os outros R\$ 5 bilhões provenientes das fontes de recursos onerosos, como FGTS/FAT, BNDES e outros agentes financeiros. Entretanto, o recebimento desses recursos é vinculado ao atendimento de diversos requisitos por parte do solicitante. Tomando novamente o caso do PAC 2 como exemplo, para projetos de abastecimento de água, índices elevados de perdas desabonam o projeto requerente, excluindo-os da concorrência. Se o índice de perdas do sistema de abastecimento for superior a 40%, as propostas devem obrigatoriamente apresentar projetos e iniciativas voltadas à redução dessas perdas, tais como: (1) setorização e zonas de medição e controle; (2) macromedição e pitometria no sistema distribuidor; (3) micromedição; (4) ações voltadas ao controle operacional. Propostas que não apresentem programa de redução perdas são consideradas inaptas para o recebimento dos recursos (MCIDADES, 2012).

No caso dos Jogos Olímpicos, o governo brasileiro se comprometeu com o cumprimento de diversos programas, planos, projeto e ações, para a realização do evento. As principais propostas referentes a saneamento realizadas pelo Comitê de Candidatura Rio 2016 estão resumidas na Tabela 2.

**Tabela 2: Principais ações e compromissos de governo na área de saneamento para os Jogos Olímpicos de 2016 (RIO DE JANEIRO, 2009).**

TEMA	AÇÕES PROPOSTAS POR RIO 2016	COMPROMISSOS DE GOVERNO
Gestão e Tratamento de Água	Diretivas de construção para as instalações dos jogos seguindo as normas internacionais de economia de água, como descargas duplas de água, de forma a diminuir a demanda por água potável e produzir economias financeiras na coleta e no tratamento de lixo sólido por agências públicas.	Assegurados pelo Plano Nacional de Saneamento Básico (2008) do Governo Federal, que define os alvos do tratamento no nível nacional, estadual e municipal, com investimentos de US\$ 4 bilhões que já foram alocados aos programas de restauração (Programa de Despoluição da Baía da Guanabara e da Barra - Jacarepaguá) que irão resultar na coleta e no tratamento de 80% de todos os esgotos até 2016.
	Uso extenso de equipamento de águas cinzas e uso secundário de água de chuva para irrigação para o Programa de Construções Verdes Rio 2016.	Qualidade da água na lagoa: <ul style="list-style-type: none"> <li>• US\$ 165 milhões alocados pelo setor privado e pela Cedae para completar a renovação completa da Lagoa Rodrigo de Freitas, que receberá as competições de Canoagem (Velocidade) e Remo; e da Lagoa de Jacarepaguá na Zona da Barra para melhorar a capacidade de drenagem e a qualidade da água para uso dos banhistas.</li> <li>• O índice de qualidade da água das praias, de acordo com as diretivas 274/2000 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, aumentará de 50% a 80% para o contato primário (banho) e o controle será consideravelmente aumentado.</li> </ul>
	As instalações do Centro Olímpico de Treinamento (COT), da Vila Olímpica e Paraolímpica e do Parque Radical, com unidades independentes de tratamento de esgoto.	
	Restauração do curso do Rio Maringá, na Zona Deodoro, através de um programa comunitário.	

Nota-se que para consecução dos benefícios advindos da melhoria da infraestrutura de saneamento, inclusive com benefícios fiscais, as partes requerentes devem cumprir com os requisitos acordados à época da negociação contratual.

#### **n) Valores intangíveis:**

Valores como dignidade, status social, limpeza e bem estar de forma geral são benefícios difíceis de quantificar, mas possuem alto valor aos interessados. O deleite que os humanos obtêm proveniente da estética dos ambientes aquáticos é afetado pelas alterações de quantidade e qualidade da água. As atividades recreativas são diretamente afetadas pelas condições estéticas da água. A melhoria contínua da qualidade da água não incorre necessariamente em aumento contínuo do benefício. A qualidade da água precisa ultrapassar um limiar mínimo para que seu valor seja reconhecido pelos cidadãos. Algumas melhorias na qualidade da água podem, inclusive, não ser percebidas pelos indivíduos. Portanto, a existência de uma DAP positiva para a melhoria da qualidade da água, depende da capacidade das pessoas em perceber as mudanças de qualidade quando elas de fato ocorrem (Rodríguez, 2009; Poulos *et al.*, 2006).

Em Debeux (1998), a estimativa de benefícios para balneabilidade, esportes náuticos e estética na Baía de Guanabara foi realizada com 1.674 famílias de diferentes bairros da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Como resultado, obteve-se que a DAP por investimentos que recuperem as praias é muito superior à dos investimentos que apenas melhoram as condições ambientais e estéticas gerais da BG, sendo estas respectivamente US\$ 7,2 por família/mês e US\$ 0,15 por família/mês. A confirmação da DAP referente à balneabilidade pelo método de custo de viagem considerou o custo operacional do veículo utilizado, a

distância, o número de pessoas da família, a renda familiar e o tempo de viagem e o nível de saturação das praias de 8 m<sup>2</sup> por família. Os valores obtidos situaram-se entre US\$ 6,0 e US\$ 7,0 por família/mês. Adotou-se, portanto, o valor de US\$ 6,5 como sendo o benefício por família/mês no cálculo do benefício das ETEs. Este mesmo estudo identificou a não consideração dos valores de existência da Baía de Guanabara como uma limitação à eficiência das ETEs.

A maior parte das estações de tratamento de esgotos (ETEs) apresentou-se economicamente viável apenas quando analisada em conjunto com a rede coletora e coletores-tronco. Um procedimento adequado seria ampliar o escopo dos estudos de modo que fossem investigados os valores de não-uso da Baía de Guanabara, para se verificar se os benefícios daí advindos justificariam a execução das ETEs. O estudo de viabilidade econômica das ETEs recebeu especial atenção na medida em que se apresenta como o de maior implicação na qualidade dos recursos ambientais da Baía. Verificou-se a pertinência da inclusão do valor de existência (não uso) nos cálculos da análise de custo-benefício dos projetos analisados do Programa de Despoluição da Baía de Guanabara (PDBG). O objetivo do trabalho não foi calcular o valor de não-uso da Baía de Guanabara, mas sim realizar uma simulação para estimar uma aproximação da disposição a pagar mínima total e individual necessária para viabilizar investimentos que oferecem um conjunto de serviços ambientais de não-uso a uma população específica, com base no valor dos investimentos necessários para gerar o fluxo destes serviços (DAP mínima total) dividido pela população de beneficiados (DAP mínima individual).

O programa de despoluição da Baía de Guanabara (PDBG) busca atender a mais de cinco milhões de pessoas com investimentos de US\$ 793 milhões na sua primeira fase, objeto do estudo de Debeux (1998). Os principais investimentos abordados são saneamento básico, drenagem de rios, coleta e disposição adequada de resíduos sólidos, controle de poluição industrial e mapeamento digitalizado, dos quais o sistema de esgotos (coleta e tratamento) e o sistema de abastecimento de água comprometem 64 e 24% do orçamento respectivamente. Em termos globais, os sistemas de esgotamento sanitário propostos pelo programa de despoluição apresentam um benefício de US\$ 582,40 milhões e um custo de US\$ 347,50 milhões. As estações de tratamento de esgotos (ETEs) foram o componente avaliado com maior sofisticação metodológica. Além da análise custo-benefício (ACB), foi realizada uma análise custo-eficiência (ACE) para estabelecer a prioridade nos investimentos com relação à cobertura e ao nível de tratamento. Os resultados da análise custo-eficiência conferem prioridade ao aumento da vazão tratada em nível primário antes da implementação de tratamento secundário nas principais bacias. Apenas quando o nível de recursos disponíveis para tratamento supera US\$ 325 milhões, mais que o dobro da quantidade de recursos disponíveis para esse fim, se justificaria tratar a maior parte do esgoto em nível secundário. Dessa forma, o programa contempla tratamento primário em aproximadamente 95% da vazão resultante dos investimentos.

Os custos para recuperação da Baía foram obtidos a partir de JICA, 1994; BM, 1996 e FEEMA, 1997. A partir de simulações de modelos e do estabelecimento das metas de qualidade ambiental, JICA (1994) propôs a implementação de um conjunto de medidas complementares (plano de investimento) à FASE I do PDBG que melhor atende às metas ambientais, entre várias alternativas estudadas. O custo para implantação das medidas complementares seria de 630% o valor da FASE I do programa. O Banco Mundial (1996), utilizando a modelagem desenvolvida por JICA (1994), conclui, dentre outros, que a eutrofização e a produção de DBO por algas são o maior problema da poluição. Com base nisso, propõe como medida saneadora complementar ao PDBG, um plano de investimento para a remoção de nutrientes por intermédio de tratamento químico. A análise custo-eficiência revela que o custo marginal para a redução de até 80-85% da carga é significativamente menor (US\$ 180 milhões) do que para a redução dos 15-20% remanescentes (US\$ 1,3 bilhões para todo o tratamento previsto), equivalentes a 650% do valor previsto para tanto na fase I do PDBG, e, portanto o Banco Mundial (1996) propõe uma combinação ótima de medidas para redução de carga entre 80 e 84%. O modelo FEEMA (1997) tem por objetivo preparar um “sistema de suporte à decisão” (DSS) que possibilite a definição de estratégias para o desenvolvimento da infraestrutura de esgotamento sanitário da região hidrográfica e para melhoria da qualidade da água da Baía de Guanabara. Suas recomendações (plano de investimento) prevêm custos adicionais ao PDBG de US\$ 502 milhões, equivalentes a um acréscimo de 200% aproximadamente.

Considerou-se a população economicamente ativa (PEA) da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) como a população a ser beneficiada, dado que essa seguramente percebe renda e a dificuldade de definir outros potenciais beneficiários, entretanto essa hipótese é conservadora na medida em que outros indivíduos podem conferir valor de existência à Baía. A vida útil dos investimentos e a taxa de desconto foram consideradas

conforme a fase I do PDBG: 30 anos e 11% a.a. respectivamente. Os valores mínimos simulados para disposição a pagar (DAP) da Região Metropolitana do Rio de Janeiro pelo não-uso da Baía de Guanabara que permitem viabilizar um programa de investimentos encontraram-se entre 1,28% e 3,54% do salário mínimo. Embora sejam baixos com relação ao salário mínimo, apenas uma pesquisa de campo pode afirmar o reconhecimento desse valor pela população beneficiada. Dessa forma, seria plausível afirmar que a consideração de valores de não-uso na análise econômica da recuperação ambiental da Baía de Guanabara garantiria a viabilidade de investimentos de maior porte com impacto ambiental mais positivo.

## CONCLUSÕES

Em concordância com o que diz o próprio bom senso, os estudos apresentados consideram vantajoso o investimento em saneamento, quando considerado de uma forma geral. Uma série de benefícios, quando analisada separadamente, não apresenta valor suficiente para justificar seu custo de investimento. Por outro lado, alguns deles, mesmo quando considerados separadamente, apresentam uma ACB positiva. Portanto, se considerarmos que muitos benefícios por si só justificam os investimentos em saneamento, podemos inferir que, de forma geral, o valor do conjunto dos benefícios também justificará.

É clara a dificuldade em mensurar valores intangíveis, como a dignidade proveniente dos benefícios dos serviços de saneamento e como o valor afetivo de uma vida. Os métodos de valoração abordam estes temas de uma forma extremamente simplificada e, embora o Método da Valoração Contingente seja o que possui melhor condição de mensurar tais valores, nenhum o faz em sua totalidade. Os métodos de valoração abordam os valores intangíveis de forma relativa, com referência a situações existentes, sem considerar que, no caso da situação existente ser indigna, encontra-se apenas um valor de condição a pagar pela substituição da situação existente pelo serviço de saneamento. Se o serviço de saneamento obtiver o valor de uma situação sem dignidade, então os benefícios deste serviço não obtiveram seu valor pleno, mas sim o valor que se pode pagar por eles. Numa sociedade em que o saneamento não é o único serviço cuja privação implica prejuízo da dignidade, mesmo alocando os recursos desses serviços com eficiência para que se obtenha um máximo de bem-estar, não se obtém uma condição mínima aceitável, digna.

Dessa forma, os resultados deste trabalho demonstram que a universalização é objetivo desejável do ponto de vista de cálculo econômico objetivo, mas a inclusão de milhões de pessoas no plano de uma vida saudável e plena transcende as cifras apontadas.

Apesar da importância dos benefícios advindos da melhoria dos serviços de saneamento, a literatura é escassa com relação à valoração monetária destes, em especial com relação à sua análise custo-benefício. A valoração de tais benefícios e sua análise comparativa com os custos de investimento são ferramentas de grande valor para a orientação de políticas públicas e seus programas e planos decorrentes, de forma a melhor alocar recursos para maximizar o bem-estar da população.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AESN. Bénéfices de l'assainissement. Raport d'étude. Seine, 2007.
2. ANDERSEN. Revision of Directive 86/278/EEC: Cost Benefit Analysis. Apresentação da Sewage Sludge Conference. Bruxelas: 31/10/2001.
3. ASHENFELTER, O; GREENSTONE, M. Using mandated speed limits to measure the value of a statistical life. *Journal of Political Economy*, vol. CXII, p. S226-S227, 2004.
4. BAKOPOULOU, S; POLYZOS; KUNGOLOS, A. Investigation of Farmers' willingness to Pay for Using Recycled Water for Irrigation in Thessaly Region, Greece. *Desalination* no. 250, p 329 - 334, 2009.
5. BANCO MUNDIAL. Brazil Managing Environmental Pollution in the State of Rio de Janeiro. World Bank Report, no 15488-BR. Rio de Janeiro, 1996.
6. BARTRAM, J. Sanitation is an investment with high economic returns. UN Water Factsheet, no 2. Genebra: WHO, 2008.
7. BINGHAM, T. H. *et al.* A Benefits Assessment of Water Pollution Control Programs Since 1972: Part 1, The Benefits of Point Source Controls for Conventional Pollutants in Rivers and Streams. Washington: USEPA, 2000.
8. BIO. Encarte Especial. Revista da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Ano 2, no 2, 1990.

9. BUTTNER, J.; SODERBERG, R. W.; TERLIZZI, D. E. An Introduction to Water Chemistry in Freshwater Aquaculture. Northeastern Regional Aquaculture Center, Factsheet no 170. Massachusetts, 1993.
10. CAIRNCROSS, S.; FEACHEN, R. Environmental Health Engineering in the Tropics: an Introductory Text. 2a ed. Chichester: John Wiley and Sons, 1993.
11. CAMPHORA, A.L.; MAY, P.H. A Valoração Ambiental como Ferramenta de Gestão em Unidades de Conservação: Há convergência de valores para o bioma Mata Atlântica?. Megadiversidade, 2006. Volume 2, Número 1-2.
12. CENBIO. Projeto Instalação e Testes de uma Unidade de Demonstração de Geração de Energia Elétrica a partir de Biogás de Tratamento de Esgoto – ENERBIOG. Relatório de Atividades. Relatório Técnico. São Paulo, 2004.
13. CHURCH, A. *et al.* Water Framework Directive: Valuation of Recreational Benefits of Improvements in Water Quality – Potential Benefits and Data Requirements. Brighton: Defra, 2008.
14. COELHO, S. T.; VELÁZQUEZ, S. M. S. G.; SILVA, O. C.; VARKULYA JR. A.; PECORA, V. Biodigestor Modelo UASB. V. Relatório de Acompanhamento. São Paulo: CENBIO – Centro Nacional de Referência em Biomassa, 2003.
15. COELHO, F. M. Avaliação de Propostas para a Garantia do Abastecimento de Água da Região Metropolitana Oeste do Rio de Janeiro. 2008. 301p. Dissertação (Pós- Graduação em Engenharia Civil) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2008.
16. COELHO, F. M.; AZEVEDO, J. P. S.; VOLSCHAN JR. I. Análise multicritério de propostas para a melhoria da qualidade da água captada para abastecimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, da Guarda e Guarda-Mirim: Experiências para a gestão dos recursos hídricos, p. 61-78. Rio de Janeiro: INEA, 2012.
17. COPPE. Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica para Desvio dos Rios dos Poços, Queimados e Ipiranga. In: Projeto PROÁGUA – Fortalecimento Institucional, Fase III – Sistema de Gestão da Bacia do Rio Paraíba do Sul, Laboratório de Hidrologia. COPPE/UFRJ: Rio de Janeiro, 2001.
18. CROUZET, P. *et al.* Nutrients in European Ecosystems. Environmental Assessment Report, no 4. Copenhagen: European Environmental Agency (EEA), 1999.
19. CURRIE, J.; GRUBER, J. Saving Babies: the efficacy and cost of recent changes in the Medicaid eligibility of pregnant women. Journal of the Political Economy, vol. CIV, p. 1263-1296, 1996.
20. CUTLER, D.; MILLER, N. G. The role of public health improvements in health advances: the 20th century United States. Demography, vol. XLII, p. 1-22, 2005.
21. CUTLER, D.; MEARA, E. The technology of birth: is it worth it? NBER Working Paper, vol. 7390, 1999.
22. DEBEUX, C.B.S. A Valoração Econômica como Instrumento de Gestão Ambiental: O Caso da Despoluição da Baía de Guanabara. 1998. 89p. Tese (Pós-Graduação em Planejamento Energético) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1998.
23. DUMAS, C. F.; SCHUHMANN, P.W. Measuring the Economic Benefits of the Water Quality Improvement with Benefits Transfer: An Introduction for Non-Economists. Wilmington: USA, 2004.
24. EPA. Proposed Remedial Action Plan – Lower Fox River and Green Bay. Wisconsin Department of Natural Resources, Wisconsin, USA. Wisconsin, 2001.
25. FADEL, M.; MAROUN, R.; ALDEEN, R. B. F.; KHOURY, D. L.; NAJM, M.A. Lebanon: Health Valuation of Water Pollution at the Upper Litani River Basin. p. 436-446, 2011.
26. FEEMA. Guanabara Bay Water Quality Policy Model and Its Application, Versão Preliminar. Rio de Janeiro: Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), 1997.
27. FGV. Benefícios Econômicos da Expansão do Saneamento Brasileiro. 2010.
28. FRANÇOIS, D.; CORRELJÉ, A. F.; GROENEWEGEN, J. P. M. Cost Recovery in the Water Supply and Sanitation Sector: A Case of Competing Policy Objectives? Utilities Policy. no 18, p. 135-141, 2010.
29. HOWARTH, A. *et al.* Valuing the Benefits of Environmental Policy: The Netherlands. London: RIVM Report, 2001.
30. HUTTON, G. *et al.* Economic Impacts of Sanitation in Southeast Asia, A Four-Country Study Conducted in Cambodia, Indonesia, the Philippines and Vietnam under the Economics of Sanitation Initiative (ESI). Jakarta: Water and Sanitation Program, 2008.
31. HUTTON, G.; HALLER, L. Evaluation of the Cost and Benefits of Water and Sanitation Improvements at the Global Level. Water, Sanitation and Health, Protection of the Human Environment. Genebra: WHO, 2004.
32. HUTTON, G.; HALLER, L.; BARTRAM, J. Economic and Health Effects of Increasing Coverage of Low Cost Household Drinking Water Supply and Sanitation Interventions. Genebra: WHO, 2007.
33. JICA. The Study on the Recuperation of the Guanabara Bay Ecosystem, vol. 2. Japan International Cooperation Agency (JICA), 1994.

34. JOHANSSON, T. B; KELLY, H; REDDY, A. K. N; WILLIAMS, R. H. Renewable energy sources for fuels and electricity. Washington: Island Press, 1993.
35. JOURAVLEV, A. Drinking Water Supply and Sanitation Services on th Threshold of the XXI Century. RecursosNaturais y Infraestructura, série 74. Santiago de Chile: Cepal, 2004.
36. KOOP, R.J. Why Existence Value Should Be Used In Cos-Benefit Analysis. Journal of Policy Analysis and Management, vol. 11, no1, p. 123-130, 1992.
37. MAY, P. H.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. (Org).Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática. 1a ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.
38. MOREIRA JÚNIOR, E. Valoração de Passivos Ambientais. 2012. 53p. TCC (Pós-Graduação Executiva em Meio Ambiente) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2012.
39. MOTTA, R. S; MENDES, A. P. F; MENDES, F. E; YOUNG, C. E. F. Perdas e serviços ambientais do recurso água para uso doméstico. Pesquisa e Planejamento Econômico, vol. 24, no 1, p. 35-72, 1994.
40. MOTTA, R.S. Estimativas de Preços Econômicos no Brasil. In: Texto para Discussão Interna no 143. Rio de Janeiro: IPEA/INPES, 1998.
41. MOTTA, R.S. Manual de Valoração Econômica do Meio Ambiente. IBAMA, 1998.
42. MOTTA, R. S. Economia Ambiental. 1a ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006. 228p.
43. OECD. Benefits of Investing in Water and Sanitation: An OECD Perspective. OECD, 2011.
44. OECD. Glossary of Statistical Terms. Disponível em: <https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=751>, em 12/05/2014, às 11h44.
45. OLIVEIRA, E. F. Sistema Guandu (apresentação de março de 2007). Superintendência Guandu Lameirão da Diretoria de Produção e Grande Operação da Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro – CEDAE, Rio de Janeiro, RJ.
46. OLIVEIRA, K. T. L. L. Qual o Valor de um Praia Limpa? Uma Aplicação do Método de Valoração Contingente no Bairro Rio Vermelho, Salvador-BA. 2012. 135p. Dissertação (Mestrado em Economia) - Faculdade de Economia/UFBA, Bahia, 2012.
47. PEARCE, D. Cost-Benefit Analysis.2a ed. Londres: MacMillan, 1983.
48. PEARCE, D; WHITTINGTON, D; GEORGIU, S. Economic Values and the Environment in the Development World. A Report to the United Nations Environment Programme. UNEP, 1994.
49. PECORA, V. Implantação de uma Unidade Demonstrativa de Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás de Tratamento do Esgoto Residencial da USP – Estudo de Caso. 2006. 153p. Dissertação (Pós-Graduação em Energia) – USP, São Paulo, 2006.
50. POULOS, C.; PATTANAYAK, S.K.; JONES, K.A Guide to Water and Sanitation Sector Impact Evaluations.Doing Impact Evaluation Series, no 4. Washington: The World Bank, 2006.
51. QUIGGIN, J. Existence Value and Benefit Cost Analysis: A Third View. Journal of Policy Analysis and Management, vol. 12, no 1, p. 195-199, 1993.
52. QUINTELA, C.E. Overview of Sustainable Financing. In: Building a Secure Financial Future: Finance and Resources – VIUCN World Parks Congress. IUCN/ WCPA/ WCS, 2003.
53. RANDALL, A. Resource Economics – An Approach to Natural Resource and Environmental Policy, 2a ed. Ohio: John Wiley & Son, 1987.
54. RENWICK, M.; SUBEDI, P.; HUTTON, G. Biogas for Better Life: An African Initiative. A Cost-Benefit Analysis of National and Regional Integrated Biogas and Sanitation Programs in Sub-Saharan Africa. Little Rock: Winrock International, 2007.
55. RODRIGUEZ, D.J. The Use of Economic Analysis for Water Quality Improvement Investments.Tese – Rijksuniversiteit Groningen, 2009.
56. SILVA, M. G. S. Otimização do Emissário do Rio Vermelho, Salvador-BA, Via Modelagem Computacional. 2011. 84p. Projeto de Graduação – UFRJ, Rio de Janeiro, 2011.
57. SOUZA S. N. M; PEREIRA, W. C; NOGUEIRA, C. E. C; PAVAN, A. A; SORDI, A. Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura. Maringá, 2004.
58. STE. Plano Diretor de Esgotamento Sanitário da Região Metropolitana do Rio de Janeiro e das bacias contribuintes à Baía de Guanabara – Síntese. Serviços Técnicos de Engenharia S.A. e Governo do Estado do Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 1994.
59. VISCUSI, K. W. The value of risks to life and health. Journal of Economic Literature, vol. XXXI, p. 1912-1946, 1993.
60. YOUNG, C.E.F.; FAUSTO, J.R.F. Valoração de Recursos Naturais como Instrumento de Análise de Expansão da Fronteira Agrícola na Amazônia. Trabalho para discussão no 490. Rio de Janeiro: IPEA, 1997.
61. WADDINGTON, H. *et al.* Water, Sanitation and Hygiene Interventions to Combat Childhood Diarrhea in Developing Countries. International Initiative for Impact Evaluation.Synthetic Review, no 001.New Delhi, 2009.

62. WATSON, T. Public Health Investments and the Infant Mortality Gap: Evidence from federal sanitation interventions on U.S. Indian Reservations. *Journal of Public Economics*, vol. 90, p. 1537-1560, 2006.
63. WHITTINGTON, D; MU, X; ROCHE, R. Calculating the Value of Time Spent Collecting Water: Some Estimates for Ukunda, Kenya. *World Development*, vol. 18, no 2, p. 269-280, 1990.
64. WILSON, S. J. The GPI Water Quality Accounts: Case Study the Costs and Benefits of Sewage Treatment and Source Control for Halifax Harbour. *Measuring Sustainable Development, Application of the Genuine Progress Index to Nova Scotia*. Glen Haven: GPI Atlantic, 2000.
65. WOLFF, G. *Water Resources and Environment. Water Quality: Wastewater Treatment*. Nota Técnica. Washington: Banco Mundial, 2003.