**UMA APLICAÇÃO DA ANÁLISE CUSTO-EFETIVIDADE PARA MINIMIZAR OS IMPACTOS DA POLUIÇÃO NO RIO TAQUARI-ANTAS PELO SETOR INDUSTRIAL DE CAXIAS DO SUL**

**Maria Carolina Rosa Gullo,**

**Universidade de Caxias do Sul** [**mcrgullo@ucs.br**](mailto:mcrgullo@ucs.br)

**Sabino da Silva Porto Junior,**

**UFRGS sportojr@gmail.com**

**RESUMO**

Uma área ainda é bastante polêmica dentro da relação entre economia e meio ambiente: a da valoração econômica. Os métodos usualmente propostos tendem a valorar os recursos naturais através da revelação das preferências. Normalmente, os recursos naturais não possuem um mercado real, fazendo-se necessário recorrer-se a um mercado hipotético para revelar a preferência dos agentes econômicos. Como alternativa à Análise Custo Benefício, usualmente utilizada, propõe-se neste artigo usar a Análise Custo Efetividade. Para tanto, utilizou-se a situação dos recursos hídricos de Caxias do Sul para um exercício aplicando a ACE. Foram realizados dois exercícios: no primeiro, apenas o setor industrial e seus principais resíduos, no segundo, utilizou-se o setor industrial, o setor doméstico (esgoto) e a produção de suínos e como parâmetro a demanda bioquímica de oxigênio- DBO. Ao considerar-se apenas o setor industrial, tem–se que uma tarifa incitativa seria, no mínimo, de R$ 636,68 ton/ano representando o custo marginal para tratar a matéria orgânica medida pela demanda química de oxigênio. Ao acrescentar outros setores tem-se que a tarifa diminui para R$ 572,32 ton/ano devido ao custo marginal menor do setor doméstico. Pelos exercícios propostos a análise custo efetividade se mostra viável para valorar os recursos naturais sem, necessariamente, os precificar diretamente.

**Palavras-chave: Economia Ambiental, Valoração dos Recursos Naturais, Análise Custo Efetividade.**

**ABSTRACT**

One area is still very controversial within the relationship between economy and environment: the economic valuation. The methods proposed usually tend to value natural resources through the revelation of preferences. Typically, natural resources do not have a real market, making it necessary to resort to a hypothetical market to reveal the preferences of economic agents. As an alternative to Cost Benefit Analysis, normally used, this article proposes to use the Cost Effectiveness. For this, we used the water resources situation of Caxias do Sul for financial year by applying the ACE. Were performed two exercises: first, only the industrial sector and its key residues; in the second, we used the industrial sector, the domestic (sewage) and pig production as a parameter and the biochemical oxygen demand. When considering only the industrial sector, which has an incentive fee would be at least R$ 636.68 ton/year representing the marginal cost to treat organic matter as measured by chemical oxygen demand. By adding other sectors has been that the rate decreases to R$ 572.32 ton/year due to lower marginal cost of domestic sector. By the proposed practices the Effectiveness Cost Analysis presents itself proper for valuing natural resources, without, necessarily, price them directly.

**key-words: Environmental Economics, Natural Resources Valuation, Cost-Efectiveness Analysis.**

Área 10 - Economia Agrícola e do Meio Ambiente

**JEL CLASSIFICATION: Q52, Q53,**

1. **INTRODUÇÃO**

Dentre as discussões sobre meio ambiente, um dos pontos mais controversos tem sido o da valoração econômica. Isto porque encontrar o valor econômico ou o preço de um bem ambiental é uma tarefa complexa e, na maioria dos casos, isso se deve à falta de um mercado real para usar-se como referência. Os métodos usualmente utilizados se servem de mercados hipotéticos e acabam valorando as preferências individuais por determinado bem através da disposição a pagar por um bem ou serviço ambiental, ou ainda a disposição a aceitar determinada situação.

Uma das alternativas adotadas e que tem encontrado espaço na literatura a respeito do tema trata-se da “Análise Custo-Efetividade” (ACE). Nas situações em que a externalidade negativa é o parâmetro para valoração econômica é possível inverter o pensamento vigente de que se devem internalizar os custos e aplicar o Princípio do Poluidor Pagador[[1]](#footnote-2).

Portanto, este ensaio tem como objetivo analisar o método ACE no contexto do Princípio do Usuário Pagador, como uma alternativa de valoração econômica dos recursos naturais, realizando um exercício de aplicação para o município de Caxias do Sul com objetivo de encontrar curvas de custos que incitem os setores econômicos a minimizar as externalidades causadas ao meio ambiente.

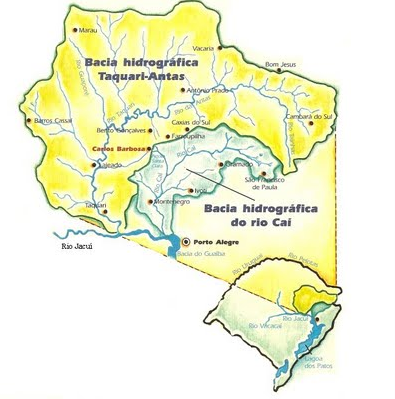
Para tanto, através de uma pesquisa bibliográfica e uma consulta aos órgãos ambientais competentes, é estimada a geração de dejetos do setor industrial de Caxias do Sul, em especial utilizando-se de parâmetros como a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e a Demanda Química de Oxigênio (DQO) para poluição de origem orgânica, bem como as técnicas para tratamento e seus respectivos custos de implantação e manutenção. De posse dessas informações será possível encontrar as curvas de custos do setor industrial. E a partir dessas curvas é possível construir uma tarifa incitativa a ser cobrada desses agentes induzindo-os à realização do tratamento de resíduos.

Com os resultados espera-se poder provar que a ACE é uma alternativa viável para valoração dos recursos naturais, uma vez que busca o menor custo para alcançar objetivos previamente estabelecidos, sem necessariamente precificar diretamente o recurso natural. O método ACE, portanto, utilizado na tentativa de minimizar os impactos da poluiçãohídrica poderá ser uma alternativa à simples precificação do bem ambiental em questão: a água.

**2. ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O RIO TAQUARI-ANTAS E SUA RELAÇÃO COM O MUNICÍPIO DE CAXIAS DO SUL**

O Rio Taquari-Antas forma uma bacia hidrográfica de mesmo nome que se situa na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, com uma área de 26.428 km2, equivalente a 9% do território estadual. A bacia é formada por 119 municípios, que possuem, no mínimo, parte de seus territórios dentro desta. Limita-se ao Norte com a bacia do rio Pelotas, a Oeste e ao Sul com a bacia do rio Jacuí e a Leste com as bacias dos Rios Caí e Sinos. Trata-se do principal afluente do rio Jacuí, maior formador do Lago Guaíba (FEPAM, 2009). Assim, o rio Taquari nasce no extremo leste do Planalto dos Campos Gerais, com a denominação de rio das Antas, até a confluência com o rio Carreiro, nas imediações do rio São Valentim do Sul, a partir de então, chama-se rio Taquari, desembocando no rio Jacuí, junto à cidade de Triunfo.

Dada a magnitude desta bacia têm-se características físicas e antrópicas diferenciadas. É possível encontrar zonas com alto índice de industrialização, áreas de predomínio agrícola, zonas intensamente urbanizadas e riscos de ocorrência de enchentes.

Do ponto de vista econômico, a bacia do rio Taquari-Antas concentra 24% do PIB estadual (FEE, 2006) com forte base na indústria. Por outro lado, encontram-se diferenças significativas no Índice de Desenvolvimento Social. Em termos de população, em torno de 16% do total do estado residem nos municípios que compõem a bacia apresentando elevado grau de urbanização com uma densidade demográfica de 40hab/km2 e por uma taxa de crescimento populacional próxima à média do Estado.

**Figura 1 – Mapa Político da Bacia do Taquari-Antas**

Fonte: Comitê Taquari Antas, disponível em [www.comitetaquariantas.com.br](http://www.comitetaquariantas.com.br)

As nascentes do rio Taquari-Antas estão nos municípios de Cambará do Sul, Bom Jesus e São José dos Ausentes, numa região de baixa densidade populacional, onde predomina a criação extensiva de gado. No entanto, a paisagem se modifica perto da cidade de Antônio Prado, com predomínio da pequena propriedade com uso intensivo e densidade populacional mais elevada. Já no próximo trecho, situado entre Antônio Prado e Veranópolis, concentram-se 50% da população e 57% das indústrias da bacia. No uso agrícola destaca-se o plantio de milho e soja, além do arroz nas partes mais planas, ao sul da bacia (FEPAM, 2009).

A estrutura industrial na região inicia com a chegada de imigrantes ainda no final do século XIX, sobretudo na parte do rio das Antas. No Século XX, os pequenos artesãos, aos poucos, transformam suas oficinas em manufaturas intensificando o processo de industrialização. Aos poucos, a região monta um significativo polo industrial, sobretudo nos setores metalmecânico, moveleiro e no setor de alimentos e bebidas com alta concentração em Caxias do Sul.

Em relação ao uso da água, destacam-se o abastecimento público, o abastecimento industrial, a irrigação, a dessedentação de animais, navegação comercial, a recreação, a pesca comercial e a geração de energia elétrica. Como principais usos consuntivos[[2]](#footnote-3) têm-se, por ordem de importância: irrigação (concentrada no primeiro trimestre do ano), abastecimento público doméstico a partir de águas superficiais e subterrâneas, e dessedentação de animais (FEPAM, 2009).

O abastecimento público fica a cargo da Companhia Rio-grandense de Saneamento, a CORSAN, na maior parte da bacia, à exceção daqueles municípios onde este serviço é municipalizado como em Caxias do Sul. Já o abastecimento industrial tem como objetivo atender à demanda das indústrias para refrigeração, lavagem, enxaguadura e, em alguns casos, para beneficiamento de alguns produtos.

Os corpos de água, ou os rios e arroios da bacia, servem também como receptor e via de transportes de efluentes das mais variadas origens. Dentre estes, incluem-se os despejos domésticos, na maior parte dos casos sem tratamento, os despejos industriais, as águas pluviais de drenagem urbana, as lixívias de depósitos de resíduos sólidos e as águas de drenagem rural, incluindo lavouras, plantios diversos e criação de animais (FEPAM, 2009).

Caxias do Sul é o maior município da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas em função do tamanho da população, destacando-se, portanto, na geração de carga orgânica, medida pela demanda bioquímica de oxigênio (DBO), com mais de 400.000 habitantes e um PIB, em 2007, de R$ 9.811.991 bilhões (FEE), do qual o setor industrial é responsável por cerca de 40%.

O setor industrial de Caxias do Sul, em números de 2006, fornecidos pela Secretaria Municipal da Fazenda[[3]](#footnote-4), é formado por mais de 5700 empresas que empregam mais de 67 mil trabalhadores. Os setores mais representativos, em número de estabelecimentos são metalúrgico (22,23%), mecânico (11,24%), produtos alimentares e bebidas (11,38%) e moveleiro (9,52%). Em média, a participação do setor secundário no valor adicionado fiscal do município é de 60%.

Em relação ao abastecimento de água no município de Caxias do Sul, este é realizado pelo Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAE). Segundo este órgão, o setor industrial é responsável por cerca de 23% da demanda de água. Registra-se que o abastecimento de água, principalmente na zona urbana, se dá através de cinco bacias de captação. No entanto, o despejo de efluentes ocorre via córregos ou microbacias urbanas que, por fim, possuem interligação com o rio Taquari-Antas.

2.1 A contribuição dos setores industriais de Caxias do Sul para a poluição no Rio Taquari-Antas

Em 2001, um estudo da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) identificou 510 indústrias em Caxias do Sul com uma vazão de efluentes lançados de 10.021 m3/dia. Estas indústrias estão monitoradas por um sistema denominado Sistema de Automonitoramento – SISAUTO, no qual a FEPAM realiza o acompanhamento para fins de licenciamento e fiscalização.

**Tabela 1 -Distribuição das Cargas de DBO5, DQO, Cromo, Ferro e Níquel, em t/ano, em Caxias do Sul, em 2001[[4]](#footnote-5)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Parâmetro** | **Tonelada/ano** | | **Redução\* (%)** |
| **Carga bruta** | **Carga lançada** |
| DBO5 | 3.336 | 226 | 93 |
| DQO | 6.955 | 690 | 90 |
| CROMO | 27 | 1,91 | 93 |
| FERRO | 14 | 2,17 | 85 |
| NÍQUEL | 9,14 | 0,82 | 91 |

Obs: carga bruta diz respeito à carga total gerada e, a carga lançada àquele montante

Residual do processo de tratamento que retorna ao corpo d`água. A redução é o percentual

de eficiência de redução da carga bruta.

Fonte Bruta dos dados: FEPAM, 2001.

Fonte: Elaborada pela autora

A poluição de origem orgânica é avaliada por parâmetros que demonstram a depuração da carga através do consumo de oxigênio dissolvido – DBO e DQO. Já a poluição de origem inorgânica é medida pelos metais pesados, neste ensaio, representados por cromo, ferro e níquel (FEPAM, 2001; VON SPERLING, 2005).

De acordo com a Tabela 7, a maior geração de carga bruta foi medida pela DQO. Entretanto, as maiores reduções possíveis, ou a maior eficiência em termos percentuais, acontecem com a carga orgânica, medida pelo parâmetro DBO5,[[5]](#footnote-6)e com o cromo.

O município está entre os maiores geradores de efluentes do Estado e se destaca na geração de resíduo à base de níquel, ocupando a segunda posição no ranking do Estado. Por outro lado, os percentuais de redução destas cargas brutas, através de tecnologias de tratamento também são altos. À exceção do ferro, com 85%, todos os demais são reduzidos com percentuais acima de 90%.

Considerando como unidade a bacia hidrográfica da carga bruta apurada de resíduos orgânicos parametrizados pela DBO na Bacia do rio Taquari-Antas, Caxias do Sul é responsável por 14% da carga bruta gerada e, da carga lançada, por 11,20%. No parâmetro DQO, estes percentuais são, respectivamente,12,82% e 8,64%.

As empresas situadas no trecho do rio das Antas respondem pela geração de 4.778 ton/ano de DBO5, deste total são lançadas em torno de 693 ton/ano no Rio e apenas 82% dos estabelecimentos estão monitorados pelo SISAUTO[[6]](#footnote-7). No trecho do rio Taquari são 19.023 ton/ano produzidas e 1324 ton/ano lançadas e, neste trecho, o SISAUTO abrange 86% dos estabelecimentos (FEPAM, 2001; p.40 e p. 50). Se o parâmetro for a DQO, no trecho Antas, a carga lançada de matéria orgânica é de 4.609 ton/ano, de uma produção total de 15.217 ton/ano, e, no trecho Taquari, de uma geração de 39.030 ton/ano, 3.377 ton/ano são despejadas. O SISAUTO controla 85% das indústrias localizadas no trecho Antas e 88% das que se encontram no trecho Taquari.

Por outro lado, em relação ao cromo, ferro e níquel, o lançamento de efluentes é pequeno e não chega a uma tonelada/ano para cada um dos metais no trecho Antas, enquanto no trecho Taquari chega a duas toneladas/ano para cromo e ferro e menos de uma tonelada/ano para níquel. Cerca de 80% dos estabelecimentos[[7]](#footnote-8) que produzem estes resíduos estão sob controle do SISAUTO.

No ranking de cem indústrias com maior potencial poluidor hídrico situadas na região hidrográfica do Guaíba que engloba a bacia do Taquari-Antas, seis empresas estão em Caxias do Sul: duas do setor têxtil e quatro do setor alimentício (FEPAM, 2001). Do total destas cem empresas (no Estado) destaca-se que somente duas delas são do setor de metalurgia, ambas do mesmo grupo, mas situadas em municípios diferentes e distantes entre si. O setor de couro lidera este ranking com 39 empresas ou 39% do total de empresas, seguido do setor de alimentos com 36%. Ao agrupá-las por trechos de rios têm-se que no trecho Antas, das cem empresas, três estão nesta região e são responsáveis pelo lançamento de 3.576 ton/ano de DQO com uma vazão de 8.675 m3/dia.

Se os números evidenciados até esta parte do trabalho são significativos, pode-se concluir que eles representam valores menores do que alguns anos atrás, pois a FEPAM realizou um comparativo das cargas geradas e lançadas em 1996 e em 2001 (FEPAM, 2001). Em média, houve uma redução no lançamento de efluentes dos parâmetros de DBO, DQO, Cromo, Ferro e Níquel de 66,8%. Destaca-se a redução do lançamento de níquel que alcançou o percentual de 80% nestes cinco anos. Porém, a geração de todos os resíduos também aumentou neste período, à exceção do Ferro que apresentou redução de 50%. Em todos os parâmetros, os percentuais de geração aumentaram proporcionalmente menos do que as reduções no lançamento, o que permite deduzir que a eficiência na remoção das cargas aumentou significativamente. Tal eficiência pode estar vinculada ao uso de tecnologias mais modernas para tratamento de efluentes ou ainda a um número maior de empresas que buscaram se adequar às normas ambientais vigentes, incluindo em seus processos de produção um Sistema de Gestão Ambiental.

2.2 Potencial Poluidor das Indústrias de Caxias do Sul

Tendo como referência o trabalho desenvolvido pela FEE em conjunto com a FEPAM (FEE, 2005), cujos órgãos calcularam os Indicadores de Potencial Poluidor da Indústria, abrangendo os municípios, os Conselhos Regionais de Desenvolvimento (Coredes) e os aglomerados urbanos e lidando com duas das dimensões da sustentabilidade, a econômica e a ambiental, identificou-se a situação do município de Caxias do Sul.

Inicialmente é preciso compreender o significado de “potencial poluidor”. Uma atividade é dita potencialmente poluidora quando utiliza intensamente os recursos ambientais, causando degradação ambiental, mas também por sua capacidade de gerar líquidos poluentes (despejos e efluentes), resíduos sólidos, emissões atmosféricas, ruídos e o potencial de risco, como por exemplo, explosões e incêndios[[8]](#footnote-9).

A base para a construção dos indicadores consistiu em qualificar, quanto ao potencial poluidor, as subclasses das indústrias extrativas e de transformação na Classificação Nacional das Atividades Econômicas (CNAE). Para tanto, foi adotada a classificação de potencial poluidor das atividades econômicas utilizadas pela FEPAM no enquadramento dos empreendimentos para fins de licenciamento ambiental. Esses indicadores consistem nos percentuais da produção industrial classificada por nível de potencial poluidor (alto, médio ou baixo), no Índice de Dependência das Atividades Potencialmente Poluidoras da Indústria (Indapp-I), e no Índice de Potencial Poluidor da Indústria (Inpp-I).

O Indapp-I evidencia a dependência dos municípios em relação às indústrias potencialmente poluidoras.



Onde:

é a participação do Valor Adicionado Bruto (VAB) das atividades econômicas da indústria de alto potencial poluidor da unidade geográfica *i* no tempo *t*;

é a participação do VAB das atividades econômicas da indústria de médio potencial poluidor da unidade geográfica *i* no tempo *t*;

é a participação do VAB das atividades econômicas da indústria de baixo potencial poluidor da unidade geográfica *i* no tempo *t*;

Já o Inpp-I foi elaborado com o objetivo de preencher uma lacuna deixada pelo Indapp-I, pois ele apresenta a dependência de uma determinada unidade geográfica quanto às atividades industriais potencialmente poluidoras, mas ela não é indicada de forma absoluta, e sim relativa. Isso significa dizer que podem existir dois municípios que são totalmente distintos quanto ao tamanho de sua produção industrial e, ainda assim, possuírem o mesmo Indapp-I. Como esse é um índice relativo, esses dois municípios podem ter o mesmo nível de dependência das atividades industriais potencialmente poluidoras, sem, no entanto, terem o mesmo potencial poluidor (FEE, 2005).

Portanto, o tamanho da indústria foi mensurado através do Valor Adicionado Bruto da Indústria calculado como um número índice tradicional com base igual ao valor do VAB do Estado em 2001, através da seguinte equação:



Onde:

é o índice do Valor Adicionado Bruto da Indústria da unidade geográfica i no tempo t;

 é o Valor Adicionado Bruto da Indústria da unidade geográfica i no tempo t;

 é o Valor Adicionado Bruto da Indústria do Estado do Rio Grande do Sul no ano de 2001.

Dessa forma, o Inpp-I foi obtido combinando-se o Indapp-I com o IVAB-I. Portanto, o índice computa, de forma conjunta, o tamanho da indústria com o nível de dependência das atividades industriais potencialmente poluidoras de uma determinada unidade geográfica. Assim,



A tabela, a seguir, evidencia a situação de alguns municípios do estado do Rio Grande do Sul, entre eles, Caxias do Sul.

**Tabela 2 - Índice de Potencial Poluidor da Indústria (Inpp-I), Índice de Dependência das Atividades Potencialmente Poluidoras da Indústria (Indapp-I) e VAB da indústria (percentual por potencial poluidor), por municípios críticos, no Rio Grande do Sul ─ 2005.**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ORDEM** | **ESTADO E MUNICÍPIOS** | ***INPP-I*** | ***INDAPP-I*** | **VAB DA INDÚSTRIA (%)** | | |
| **Potencial Poluidor** | | |
| **Alto** | **Médio** | **Baixo** |
|  | **RS** | 88,178 | 0,861 | 69,53 | 26,54 | 3,93 |
| 1 | Triunfo | 10,647 | 1,000 | 99,88 | 0,12 | 0,01 |
| 2 | Canoas | 9,377 | 0,979 | 95,10 | 4,18 | 0,72 |
| 3 | Caxias do Sul | 8,252 | 0,875 | 81,41 | 8,64 | 9,95 |
| 4 | Porto Alegre | 5,135 | 0,847 | 68,93 | 25,06 | 6,01 |
| 5 | Gravataí | 4,886 | 0,949 | 88,40 | 9,76 | 1,84 |
| 6 | Rio Grande | 2,348 | 0,988 | 96,45 | 3,53 | 0,02 |
| 7 | Novo Hamburgo | 1,745 | 0,662 | 35,76 | 55,44 | 8,80 |
| 8 | Sapucaia do Sul | 1,736 | 0,940 | 90,77 | 4,54 | 4,69 |
| 9 | Bento Gonçalves | 1,727 | 0,872 | 76,56 | 16,09 | 7,36 |
| 10 | Charqueadas | 1,641 | 0,996 | 99,06 | 0,83 | 0,11 |
| Fonte: FEE/CIE/NIS; NPE | |  |  |  |  |  |

O município de Caxias do Sul faz parte dos dez municípios considerados de situação crítica pelo estudo FEE/FEPAM. Isso se deve ao fato que o Inpp-I ser alto, bem como o Indapp-I. Em suma, o setor industrial caxiense possui indústrias de alto potencial poluidor, que juntas, representam 81,41% do VAB industrial. Como o setor industrial ainda responde pela maior parte do PIB municipal pode-se afirmar que o Município tem alta dependência econômica dessas indústrias.

Pela importância do setor industrial para a economia do Município e por seu potencial poluidor e pelos problemas de oferta de água, entende-se ser oportuno um exercício da aplicação do Princípio do Usuário Pagador, uma forma mais genérica do Principio do Poluidor Pagador, através da aplicação da ACE, no que diz respeito aos impactos sobre os recursos hídricos.

2.3 ANÁLISE CUSTO-EFETIVIDADE: UMA APLICAÇÃO PARA O SETOR INDUSTRIAL DE CAXIAS DO SUL

A análise custo-efetividade pode ser considerada um método de sistematização para encontrar o menor custo para atingir um determinado objetivo (TIETENBERG, 2003). Apesar de guardar semelhanças com a Análise Custo-Benefício, a ACE é bastante utilizada por aqueles que a consideram diferenciada (PHELPS & MUSHLIN, 1991). Porém, um dos motivos para o entendimento de que há diferenças entre os dois métodos é que os resultados encontrados não necessariamente precisam estar quantificados em termos monetários (GARBER & PHELPS, 1997; MILLER et al, 1999).

A utilização do método pode ser realizada em várias áreas, no entanto, a saúde e o meio ambiente têm significativo referencial teórico. Na saúde, estudos na área de incrementos na qualidade de vida ou *Quality Adjusted Life Year* (QALY) tem-se utilizado da análise custo efetividade onde o denominador é o número de anos ganhos com uma determinada solução com o menor custo possível (HLATKY et al, 2003). A equação de aplicação é descrita a seguir:



Chen (2001) fez uma revisão sobre a ACE com exemplos da área da dermatologia. A ACE é, então, uma medida de eficiência e uma ferramenta que fornece informações sobre o valor relativo de uma terapia. De forma geral, a ACE é utilizada na medicina para mostrar como um procedimento médico pode ser mais eficiente do que outro, tendo os custos como parâmetro de decisão. Desta maneira, a ACE é considerada uma ferramenta para auxiliar os *policymakers* na alocação de recursos, visando à utilização de procedimentos médicos eficientes ao menor custo possível (CHEN, 2001). Os resultados da ACE são reportados como uma relação dos custos unitários decorrentes de incrementos de bem estar expressos em mais tempo de vida, melhor qualidade de vida, etc. (ESCOBEDO et al, 2008; GARBER & PHELPS, 1997; HLATKY et al, 2003; BLUMENSCEIN & JOHANNESSON, 1999).

Na área ambiental, os exemplos de uso da ACE remontam há pelo menos três décadas. No início da década de 70 (século XX), Kohn (1972) construiu um modelo de Custo-efetividade para controlar a poluição do ar. O custo total de abatimento é minimizado para um determinado conjunto de metas de qualidade do ar e de graus de confiança para alcançar as metas. Neste modelo, o elemento probabilístico se limita a uma única variável estocástica, a velocidade anual média do vento. Embora este seja um modelo simplificado, os resultados indicam que o custo de uma maior segurança aumenta rapidamente. Isto sugere que as metas de qualidade do ar devem ser expressas, não só em termos de concentrações máximas de poluentes, mas também as probabilidades mínimas que estas máximas não são ultrapassadas.

Na Grande Santiago (Chile), que tem problemas sérios de poluição do ar, Escobedo et al (2008) avaliaram a política de utilização de florestas urbanas (ou reflorestamento) para diminuir a poluição atmosférica, tendo como meta remover as partículas inferiores a 10mm (PM10). Para tanto, compararam o programa de florestas urbanas com outros investimentos públicos alternativos na busca de melhoria da qualidade do ar. Através da ACE, o programa de florestas urbanas se mostrou mais eficiente, ao apresentar menores custos para atingir a meta proposta. Similarmente, Guterman et al (2001) utilizaram a ACE para testar cenários de políticas compostas de subconjuntos diferentes de intervenções políticas e de diferentes previsões de preços de energia tendo como meta a redução das emissões de carbono para os Estados Unidos.

Dentro da área ambiental, os programas de “Pagamentos por Serviços Ambientais[[9]](#footnote-10)” têm conquistado espaço nas políticas públicas visando à preservação dos recursos naturais. Neste sentido, Gauvin et al (2009) utilizaram a ACE para analisar um programa de “pagamento por serviços ambientais” com dois objetivos simultâneos: preservação ambiental e redução da pobreza. Os autores elaboraram um estudo de caso com o programa da China denominado *Grain for Green Program*. Para tanto, utilizaram um conjunto de dados para avaliar os fatores que determinam as áreas a serem priorizadas pelo programa. A partir daí, identificaram a heterogeneidade das famílias participantes e analisaram as correlações entre famílias e seu potencial em termos de benefícios ambientais, custos de oportunidade de participação no programa e o nível de pobreza, medidos através dos ativos das famílias.

Na área agrícola, Matzdorf & Lorenz (2009) usaram ACE para avaliar o programa de medidas agroambientais do governo na Alemanha. Uma das medidas é a manutenção de espécies de gramíneas (*pastagem rica)*. Essas medidas agro-ambientais são um importante instrumento para a conservação e promoção das terras agrícolas ecologicamente adaptadas e fazem parte, por força de lei, dos Planos de Desenvolvimento Rural dos estados membros da União Europeia. Para testar a ACE, as autoras selecionaram 4 regiões do estado de Baden-Wuttenberg e mediram os resultados dos agricultores que usaram diferentes métodos de plantio.

Seja para qual for o fim, a ACE deve ser entendida como um instrumento para definição de ações, uma vez que as prioridades já devem ter sido decididas anteriormente, isto é, as metas já estão preestabelecidas, resta analisar quais as opções e seus custos para atingi-la (TIETENBERG, 2003). Neste sentido, no caso dos recursos hídricos, onde já existem padrões definidos por leis e resoluções, a Análise custo-efetividade pode ser mais eficaz do que uma ACB. Isso porque, necessariamente, a ACB faz uso de métodos como a valoração contingente ou custos de viagem para atribuir valores monetários às preferências, via disposição a pagar ou disposição a aceitar, e, portanto, computando-as na conta benefícios.

É neste momento que este ensaio entende que a ACE assume um papel ímpar nesta discussão. Se a escolha for pela ACE, o caminho será distinto. O resultado da análise será aquele que, discutidas as possibilidades cabíveis para atender determinada norma ou padrão ambiental, apresentar maior eficiência do ponto de vista dos custos incorridos para atingir os objetivos/metas propostos. E, a partir deste resultado, as ações de política ambiental terão maior chance de êxito, além de o agente ter maior transparência no processo.

Via de regra, para os recursos hídricos têm-se utilizado o Principio do Poluidor Pagador (PPP), ou seja, o agente econômico paga pelos despejos ao corpo receptor (paga para poluir) e pelos danos ambientais, quando for o caso, portanto, ocorre a internalização destes custos como acontece com o imposto pigouviano[[10]](#footnote-11) (ALIER; JUSMET, 2001). Glazyrina et al (2006) coloca o PPP como um pagamento por um impacto ambiental negativo, sendo ao mesmo tempo, um instrumento de regulação, utilizado por países como a Rússia, por exemplo.

No momento em que ocorrer na íntegra a aplicação da Lei 10.350/94 no estado do Rio Grande do Sul, outros dois preços serão incorporados ao valor pago pelo uso da água. Além do valor pago pelo serviço de potabilização da água e pela coleta do esgoto, haverá a cobrança pela retirada da água do corpo d’água (preço 3), bem como outro valor pelo despejo dos resíduos neste mesmo corpo (preço 4). Neste momento, estar-se-á aplicando o Princípio do Usuário Pagador (PUP), no qual os agentes pagarão para ter acesso ao recurso natural e serão incitados a preservá-lo usando-o de forma racional, através de tarifas que não simplesmente refletem valores escolhidos aleatoriamente. Este modelo de PUP foi inicialmente elaborado por Baumol & Oates e inspirou o Sistema de Recursos Hídricos Francês (BAUMOL & OATES, 1971; LANNA, 1997).

O PUP pode ser analisado usando-se a Análise Custo-Benefício (ACB), simplesmente quantificando os custos e os benefícios provenientes da implantação dos preços 3 e 4 já mencionados, através da equalização do benefício marginal e do custo marginal[[11]](#footnote-12). Ou, esta análise pode ser realizada via ACE, identificando os custos, para atingir as metas, previamente definidas, para qualidade da água. As metas devem ser atingidas com o menor custo possível.

2.4 Metodologia de Aplicação da ACE para o setor industrial de Caxias do Sul

Para comprovar a eficiência da ACE propôs-se a fazer um exercício, a partir de dados obtidos junto à FEPAM (2001), referentes à carga bruta gerada por um universo de 510 indústrias de Caxias do Sul, nos diferentes subsetores (têxtil, mecânico, metalúrgico, alimentos e bebidas, etc.). Este exercício consiste em encontrar os custos incorridos no investimento destas indústrias para abater cinco principais poluentes: demanda bioquímica de oxigênio, demanda química orgânica, cromo, ferro e níquel. Tomando como base as principais tecnologias existentes para abatimento desses poluentes, identificou-se o valor do investimento para aquisição de tais tecnologias, bem como o fator de recuperação do capital, aqui denominado de custo anual equivalente, e os custos operacionais e de manutenção anual, (O&M).

Logo a curva de custo da tecnologia é da seguinte forma (adaptado de Lanna, 1999):



Onde:

Tecnologia

 Custo equivalente

Custos operacionais e de manutenção

Por outro lado, é preciso definir qual a meta de poluição a ser aceita, para isso, é necessário conhecer as tecnologias disponíveis para abatimento, bem como o percentual de eficiência delas. Buscaram-se, então, referências na literatura e entrevistas com engenheiros químicos e ambientais[[12]](#footnote-13). Com base nestas informações faz-se algumas observações:

1. Para abatimento de DBO e DQO usa-se lodo ativado. O tratamento pode ser realizado conjuntamente, portanto, compartilhando uma planta de lodo ativado. A eficiência desse processo implica em um abatimento de 90% da carga bruta;
2. Existem duas tecnologias disponíveis para tratamento dos metais cromo, ferro e níquel, a saber: sedimentação ou resinas trocadoras de íons. A primeira tem um valor de investimento para implantação em torno de metade do valor da segunda. Por isso, no exercício optou-se por utilizar a primeira, ou seja, por sedimentação. Para qualquer um dos processos, a eficiência de abatimento fica em torno de 90%;
3. Ferro e níquel podem compartilhar a mesma planta para tratamento, diferentemente do Cromo. Isso significa dizer que se uma indústria gera esses três resíduos, necessariamente terá que investir em duas plantas para tratamento por sedimentação.

Com base nas curvas de custos, pode-se calcular o valor para uma tarifa por despejo de resíduos que incite os agentes econômicos a investir em tecnologias que possibilitem maior eficiência no abatimento. Serão dois exercícios: um com apenas o setor industrial, e outro incluindo outros setores para investigar as variações nas tarifas.

Logo, a ACE neste ensaio estará sendo aplicada ao perceber os custos, através das tecnologias disponíveis e as tarifas a serem cobradas com o objetivo de incitar os agentes a investirem no tratamento de seus resíduos.

**3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Na Tabela 9 estão sistematizadas as informações sobre a geração de poluentes, através da carga bruta, bem como a carga abatida, depois de tratada por tecnologia adequada e seus respectivos custos.

**Tabela 3 - Carga poluidora do setor industrial de Caxias do Sul, tecnologias disponíveis e custos de investimento e manutenção**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Parâmetro** | **Carga Bruta (ton/ano)** | **Solução Técnica** | **Eficiência adotada** | **Parâmetro abatido**  **(ton/ano)** | **Valor Investimento**  **(R$)** | **Custo anual equivalente (R$)** | **Custo anual de O&M (R$)** | **Custo anual**  **Total**  **(R$)** |
| DBO5 | 3.336 | lodos ativados | 90 | 3.002,4 | 28.506.375,17 | 2.485.315,69 | 1.500.000,00 | 3.985.315,69 |
| DQO | 6.955 | lodos ativados | 90 | 6.259,5 | 28.506.375,17 | 2.485.315,69 | 1.500.000,00 | 3.985.315,69 |
| CROMO | 27 | sedimentação | 90 | 24,3 | 500.000,00 | 43.592,28 | 19.440,00 | 63.032,28 |
| FERRO | 14 | sedimentação | 90 | 12,6 | 500.000,00 | 43.592,28 | 10.080,00 | 53.672,28 |
| NÍQUEL | 9,14 | sedimentação | 90 | 8,226 | 500.000,00 | 43.592,28 | 6.580,80 | 50.173,08 |

Fonte: Elaborada pela autora

Obs: os valores referentes a investimento, custo equivalente e custo anual foram elaborados tendo como referência bibliográfica Jordão & Pessoa (2005) e sob a supervisão do Profº Dr. Eng. Lademir Luis Beal.

O custo anual total compreende a soma dos custos anual equivalente e dos custos de operação e manutenção. O valor do investimento está representado pelo custo anual equivalente que significa a depreciação da tecnologia calculado para uma vida útil de 20 anos e uma taxa de juros de 6% ao ano (Taxa de Juros de Longo Prazo-TJLP). O custo de operação e manutenção, seguindo orientação de Jordão e Pessoa (2005), foi calculado levando-se em consideração os custos com mão-de-obra, análises químicas e custos diversos e o dimensionamento da estação de tratamento.

Percebe-se que a eficiência dos tratamentos já ameniza o despejo de resíduos uma vez que possibilita o tratamento de 90% dos resíduos gerados pelo setor industrial. Contudo, há que se considerar o nível tóxico dos poluentes no que tange aos metais, por isso, a importância do investimento nas tecnologias de tratamento. Estes metais em contato com a água em níveis altos ou simplesmente por concentração em função das correntes e do clima exigem um tratamento mais delicado e custoso dos recursos hídricos para consumo humano e até animal. Em última instância significa dizer que os custos estarão sendo socializados com toda a população via tarifa do serviço de potabilização da água do Município. Isto claro, sem contar a possibilidade de doenças causadas por possível contaminação com esta água (VON SPERLING, 2005).

Calculou-se também o custo marginal[[13]](#footnote-14) de cada poluente, ou seja, o quociente entre o custo total anual de abatimento e a carga abatida, conforme a Tabela 10.

**Tabela 4 - Custo marginal de cada poluente do setor industrial de Caxias do Sul**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Parâmetro** | **Carga Bruta (ton/ano)** | **Solução Técnica** | **Eficiência adotada** | **Custo total \*** | **Cmg por tipo poluente** | **Ordem crescente de Cmg** |
| DBO 5 | 3.336 | lodos ativados | 90 | R$ 3.985.315,69 | R$ 1.327,38 | (2) |
| DQO | 6.955 | lodos ativados | 90 | R$ 3.985.315,69 | R$ 636,68 | (1) |
| CROMO | 27 | sedimentação | 90 | R$ 63.032,28 | R$ 2.593,92 | (3) |
| FERRO | 14 | sedimentação | 90 | R$ 53.672,28 | R$ 4.259,70 | (4) |
| NÍQUEL | 9,14 | sedimentação | 90 | R$ 50.173,08 | R$ 6.099,33 | (5) |

Fonte: Elaborada pela autora

\* soma dos custos anual equivalente e do custo operacional e de manutenção

Ao produzir uma tonelada a mais de resíduo, os custos de abatimento, por parâmetro, estão representados na tabela 10. O custo marginal de abatimento da DQO é o menor de todos os outros parâmetros, R$ 636,68 a tonelada tratada. Na outra ponta está o custo de tratamento do níquel com o maior valor, R$ 6.099,33 a tonelada.

Na Figura 2, os custos marginais estão dispostos por ordem de valores, do menor ao maior, para melhor visualização.



**Figura 2 ­– Custos Marginais, por parâmetros, em ordem crescente de valores**

Fonte: Elaborada pela autora

No momento, o que induz as indústrias a investirem no tratamento de resíduos são as políticas públicas de comando e controle que estabelecem padrões de emissão e regularizam, via normatização por leis e resoluções, e assim estabelecem um controle direto sobre os poluidores (PERMAN et al, 2003; YOUNG, 1996). Também se pode imputar ao mercado uma participação na tomada de decisão por esses investimentos, dadas às exigências que a competitividade de determinados setores impõem, sobretudo no mercado externo com a criação de barreiras não tarifárias (JIMENEZ, 1999) e também por variações nas preferências dos consumidores, resultado de maior conscientização (LECLAIR & FRANCESCHI, 2006).

No Rio Grande do Sul, a Lei Estadual 10.350/94 versa sobre o Sistema Estadual de Recursos Hídricos e lá se encontra a estrutura deste sistema com a figura dos comitês de bacias hidrográficas, formados por representantes dos diversos setores da sociedade e que em, última instância, podem ser considerados guardiões dos recursos hídricos. Como já mencionado neste ensaio, é nesta Lei também que aparece a possibilidade de cobrança pelo uso da água. Ou seja, a cobrança pela retirada de água dos diversos corpos de água e o despejo de dejetos tratados ou não. Os comitês de bacia têm a função de definir um Plano de Desenvolvimento para a sua respectiva bacia hidrográfica, no qual, entre outras coisas, devem estar indicadas as classes de uso para cada trecho dos rios que pertencem à bacia, este processo denomina-se *enquadramento*. Portanto, os padrões de emissão são definidos pela sociedade, através do Comitê de bacia e esta mesma sociedade tem que se organizar para atingir esses padrões. No caso do setor produtivo, a adequação se dá via absorção de tecnologias que resultem em menos poluição[[14]](#footnote-15).

No contexto de ACE, uma possibilidade é a indução dos agentes, via tarifação, a alcançarem os padrões desejados. Esta tarifação tem um valor monetário e pode ser calculada a partir do custo marginal do tratamento dos poluentes.

Então, supondo o setor industrial de Caxias do Sul formado pelas 510 empresas do estudo da FEPAM, e com base nos parâmetros da tabela 10,tem-se a seguinte situação:

1. Se não existe nenhuma lei ou situação que obrigue as empresas a tratarem seus resíduos, elas lançam toda a carga gerada;
2. Em adotando-se a eficiência de 90%;
3. Dadas as informações constantes na Tabela 4 e na Figura 7 o custo marginal mais baixo é o da DQO, R$ 636,68 ton/ano;
4. Se, além das leis ambientais, principalmente as que contemplam as licenças de operação, a sociedade decidir pela cobrança pelo uso da água – na prática significa a aplicação do PUP – o correto será a utilização de uma tarifa que incite os agentes econômicos a realizarem os investimentos necessários para o tratamento correto dos resíduos. Logo, para encontrar a tarifa utiliza-se o custo marginal como referência e, neste caso, o valor teria que ser acima de R$ 636,68 ton/ano para garantir que a carga de resíduos inorgânicos seja tratada com eficiência de 90%.

**Tabela 5 - Exercício de tarifa sobre carga de DBO e DQO em Caxias do Sul**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Parâmetro** | **Carga Bruta (ton/ano)** | **Eficiência adotada** | **Parâmetro abatido (ton/ano)** | **Resíduo** | **R$ 637,00/ton por carga residual** | **R$ 637,00/ton por carga bruta** |
| DBO 5 | 3.336 | 90 | 3002,4 | 333,60 | R$ 212.503,53 | R$ 2.125.035,34 |
| DQO | 6.955 | 90 | 6259,5 | 695,50 | R$ 443.034,20 | R$ 4.430.341,96 |
| CROMO | 27 | 90 | 24,3 | 2,70 | R$ 1.719,90 | R$ 17.199,03 |
| FERRO | 14 | 90 | 12,6 | 1,40 | R$ 891,80 | R$ 8.918,01 |
| NÍQUEL | 9,14 | 90 | 8,226 | 0,91 | R$ 582,22 | R$ 5.822,19 |

Fonte: Elaborada pela autora

Assim, as indústrias vão preferir investir no tratamento dos resíduos inorgânicos (DQO), pois o custo de tratamento será menor do que pagar a “tarifa cheia” ou seja, R$ 636,68 por cada tonelada de resíduo inorgânico gerado, restando o pagamento apenas da carga residual. No entanto, destaca-se que como o tratamento para os resíduos de DBO5 e DQO são realizados pelo mesmo método e podem ser realizados conjuntamente, então haveria um ganho de escala ao aplicar a tarifa com base no custo marginal da DQO. Da mesma forma com ferro e níquel, pois podem compartilhar a mesma planta de tratamento. Apenas o cromo tem que ser tratado em separado.

O órgão responsável pela arrecadação, pela Lei no caso do Rio Grande do Sul, seria a agência hidrográfica, que teria uma receita de R$ 655.207,38 provenientes da soma das cargas residuais multiplicadas pela tarifa mínima, R$ 636,68. Este recurso pode fomentar um fundo para financiamento das novas tecnologias a ser oferecido aos agentes econômicos, uma vez que a própria Lei proíbe o uso desses recursos para outros fins que não os que venham a beneficiar a própria bacia hidrográfica em questão[[15]](#footnote-16).

A análise realizada até o momento leva em conta apenas o setor industrial de Caxias do Sul, no entanto, uma economia é formada também por outros setores e igualmente poluidores, como o setor primário e o doméstico (formado pelos esgotos e pela demanda de água). De qualquer forma, a poluição hídrica é resultado de vários poluentes de todos os setores da sociedade.

Por isso, propôs-se realizar outro exercício acrescentando os esgotos domésticos e a produção de dejetos pela suinocultura[[16]](#footnote-17) em Caxias do Sul, porém usando apenas um parâmetro para a análise, a DBO5.  As informações de carga poluidora são do mesmo estudo da FEPAM (2001), à exceção da suinocultura que foi fornecida pelo Banco de Dados do Instituto de Saneamento Ambiental da Universidade de Caxias do Sul, com dados de 2009.

Neste novo exercício, ao utilizar mais de um setor, é preciso destacar que as tecnologias são distintas para cada setor, isso implica em eficiências diferentes. Por isso, optou-se por trabalhar com o limite, em termos de eficiência, de cada setor. Os dados estão disponíveis na Tabela 12.

**Tabela 6 - Carga bruta de DBO, em Caxias do Sul, para os setores industrial, doméstico e suinocultura, em anos selecionados**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Carga Bruta (ton/ano) p/ setor** | **Solução Técnica** | **Eficiência adotada** | **Parâmetro abatido** | | | **Valor Investimento (R$)** | **Custo total (R$)** | **Cmg por setor**  **(R$)** |
| Industrial\* 3336 | lodos ativados | 90% | 3.002 | | | 28.506.375,17 | 3.985.315,69 | 1.327,38 |
| Doméstica\*\* 7330 | lodos ativados | 95% | 6.964 | | | 28.506.375,17 | 3.985.315,69 | 572,32 |
| Suínos\*\*\* 579,13 | tratamento anaerobico c/ pós tratamento | 80% | 463 | | | 1.577.216,00 | 361.766,72 | 780,84 |
| \* Fepam 2003 (p/ 510 industrias) | | | |  |
| \*\* Base 1997 atualizada via população (IBGE) p/ 2003 | | | | |
| \*\*\* Base banco de dados ISAN 2009 | | | |  |

Fonte: Elaborada pela autora

Obs: os valores referentes a investimento, custo equivalente e custo anual foram elaborados tendo como referência bibliográfica Jordão & Pessoa (2005) e sob a supervisão do Profº Dr. Eng. Lademir Luis Beal.

A suinocultura, através da tecnologia disponível, consegue uma eficiência de 80%. Aqui cabe uma ressalva: não está computado um possível aproveitamento dos resíduos como insumo para geração de energia limpa através de biodigestor. Isso poderia aumentar a eficiência e ainda fornecer uma receita.

Em relação ao custo marginal, nesta simulação, o custo marginal do tratamento da DBO proveniente do setor suinícola é de R$ 780,84, mas o tratamento da DBO do setor doméstico é que apresenta o menor valor, R$ 572,32 ton/ano.

Supondo então que o objetivo fosse alcançar a eficiência de 80% e, com isso, garantir uma determinada classe de uso para o corpo d’água, por exemplo classe 2, para todos os setores:

1. O setor industrial trataria 2668,8 ton/ano e poderia lançar até 667 ton/ano;
2. O setor doméstico trataria 5864 ton/ano e poderia lançar até 1466 ton/ano;
3. O setor suinícola trataria as 463,30 ton/ano e lançaria 115,83.

A partir do custo marginal de R$ 572,32 referente ao tratamento da DBO doméstica, tem-se a tarifa que incita os setores a investir em tecnologias para abater os resíduos gerados. Mas diferentemente do outro exercício, aqui se tem três setores diferentes e um mesmo parâmetro (DBO5):

1. O setor industrial vai abater, no mínimo, 80% da carga bruta de DBO, portanto 2668 ton/ano e vai pagar R$ 381.737,44 referente a carga residual a ser lançada;
2. O setor doméstico vai abater, no mínimo, 80% da carga bruta de DBO, portanto 5864 ton/ano e vai pagar R$ 839.021,12 referente a carga residual;
3. E, por fim, o setor suinícola vai abater seus 80%, pagando R$ 66.291,82 pelo restante.

Algumas considerações são pertinentes neste momento. As tecnologias disponíveis para as indústrias e para o saneamento básico podem alcançar uma eficiência maior que os 80% propostos e caberá aos agentes analisar a viabilidade econômica de tratar um percentual maior e, portanto, pagar menos pelo lançamento. Entende-se que o abatimento de 100% da carga poluidora é um resultado impossível, o que induz a buscar um percentual técnico e economicamente viável, pois percentuais muito altos podem indicar uma ineficiência de aplicação do PUP.

Uma outra ressalva diz respeito a problemas de escala para todos os setores. No setor industrial, têm-se empresas de pequeno, médio e grande porte; o mesmo vale para o setor agrícola, com estabelecimentos que variam de tamanho e, portanto, de capacidade de produção e geração de resíduos. No setor doméstico, tem-se uma situação um pouco diferente: no caso especifico do estado do Rio Grande do Sul, o saneamento pertence ao setor público. Cabe a ele o investimento no tratamento dos resíduos domésticos, no entanto, quer por cultura, quer por recursos financeiros insuficientes, os valores investidos são pífios, para não dizer insignificantes. Basta uma análise no Banco de Dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e é possível confirmar esta afirmação ou identificar os percentuais de tratamento de esgoto das principais cidades gaúchas e brasileiras. Caxias do Sul trata cerca de 8% dos esgotos domésticos, embora tenha planos de chegar a 30% até a Copa do Mundo, em 2014 (SAMAE, 2009).

Em relação ao custo marginal, o valor vai depender de quais os setores estão envolvidos, quais tecnologias estão disponíveis para estes setores e suas respectivas eficiências de abatimento e qual o volume de geração de resíduos. Ao inserir o setor suinícola no exercício, a tarifa mínima (incitativa) aumentou por conta do volume de geração de resíduos, pequeno em relação aos demais e, em função da eficiência de até 80%, menor do que os demais setores. Por isso pode-se inferir que o setor industrial ainda é o com menor custo para tratamento e onde as tecnologias estão mais avançadas e mais acessíveis economicamente.

As análises realizadas até este momento dão conta de realidades diferentes para cada setor e para cada tipo de resíduo. Mas, ao evidenciar as metas que se deseja alcançar, o caminho é buscar as alternativas disponíveis para contemplar a meta. A análise das diferentes soluções inclui custos implícitos, levando os *stakeholders* a uma solução única que contemple as metas estabelecidas ao menor custo possível. Quando se trata de recursos naturais e de cobrança via taxas, impostos ou simples contribuições são necessários que essas tenham um caráter incitativo, caso contrário será apenas mais uma taxa/imposto/contribuição, sem necessariamente apresentar resultados em relação aos objetivos propostos.

Especificamente no caso dos recursos hídricos, colocar um valor por metro cúbico igual para todos os setores, através de uma Análise Custo-Benefício, reflete uma simples precificação de um recurso natural escasso. Ao utilizar a ACE encontra-se o valor que efetivamente leve os *stakeholders* a otimizar o uso do recurso e assim atingir as metas estabelecidas. Portanto, a ACE, neste contexto, pode ser inserida como instrumento de política pública para a área ambiental.

**4. CONCLUSÃO**

Com a tendência de escassez dos principais recursos naturais, vêm se utilizando os métodos de valoração econômica desses recursos. Normalmente estes métodos acabam precificando os recursos naturais através da criação de mercados paralelos que valoram as preferências individuais sobre determinado recurso, ou seja, valoram a utilidade. Neste ensaio propõe-se uma alternativa a estes métodos com um exercício aplicado aos recursos hídricos do município de Caxias do Sul, dada a importância econômica deste setor, bem como pelos problemas de abastecimento de água.

Dentro de uma lógica baseada na Lei 10.350/94 do estado do Rio Grande do Sul, o princípio do Poluidor Pagador pode ser substituído pelo Princípio do Usuário Pagador, uma vez que a cobrança pelo uso da água deve ser implantada em breve. Neste contexto, a ACE aparece com um instrumento alternativo para alcançar os objetivos propostos pela Lei ao menor custo possível e com a maior eficiência.

Dos resíduos produzidos pelo setor industrial, analisou-se o volume de geração de resíduos de metais pesados como o ferro, cromo, níquel e de matéria orgânica como DBO5 e DQO. A partir desta identificação, elaborou-se um exercício quantificando a carga produzida, a carga abatida, as tecnologias disponíveis com suas respectivas eficiências, os custos para implantação, recuperação do capital e de operação e manutenção. Com essas informações, obteve-se o custo marginal para abatimento de cada poluente: R$ 636,68 para DQO; R$ 1.327,38 para DBO; R$ 2.593,92; R$ 2.593,92 para Cromo, R$ 4.259,70 para ferro e R$ 6.099,33 níquel. Dessa forma, o custo marginal mais baixo é o da DQO (R$ 636,68) e este seria o valor de referência para uma política pública que incitasse os agentes a investir nas tecnologias e diminuir o despejo de efluentes nos corpos d’água.

Se outros setores, porém, fossem acrescentados a este exercício e, para simplificar, apenas se utilizasse a DBO como parâmetro, a tarifa diminuiria, passando para algo em torno de R$ 572,32, em virtude do custo marginal menor para o abatimento da carga de DBO doméstica. Este é o valor que incitaria os agentes a tratar os resíduos, e não despejá-los no corpo d’água.

Ao se utilizar da ACB, via de regra, empregam-se técnicas como a valoração contingente, que revelam as preferências dos indivíduos e assim, encontram o “preço” do recurso natural. Esses métodos podem levar a vieses que acabam não atingindo o objetivo inicial, qual seja, o do uso mais racional para que não haja a escassez completa. Já a ACE, mostra-se como uma alternativa para encontrar a melhor solução, com o menor custo para atingir os objetivos e metas previamente propostos.

Pelos resultados encontrados neste ensaio, a ACE é um instrumento viável para uso em políticas públicas que desejam preservar os recursos naturais, levando ao uso mais eficiente desses recursos.

**5. REFERÊNCIAS**

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *A Implementação da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos e Agência de Água das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí.* Dezembro de 2007. Disponível em [www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br).

ALIER, J. M. & JUSMET, J. R. *Economia Ecológica y Política Ambiental*. México: Fondo de Cultura Econômica, 2001.

BAUMOL, W. J. & OATES, W. E. *Economics, Environmental and the Quality of Life.* New Jersey, mass: Prentice Hall, 1979.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. *The Theory of Environmental Policy*, Second Edition. Cambridge:Cambridge University Press, 299 pp. 1988.

BIFANI, P. *Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Madrid:IEPALA. 1999.

BLUMENSCHEIN, K. & JOHANESSON, M. Contemporary Issues Use of Contingent Valuation to Place a Monetary Value on Pharmacy Services: An Overview and Review of the Literature. *Clinicaltherapeutics* vol. 21, nº 8,1999. Disponível em [www.periodicos.capes.gov.br](http://www.periodicos.capes.gov.br), acesso em 21/11/2009.

ESCOBEDO, F. J.; WAGNER, J. E.; NOWAK; DE LA MAZA, D. J. C. L.; RODRIGUEZ, M.; CRANE, D. E. Analyzing the Cost Effectiveness of Santiago, Chile’s Policy of Using Urban Forests to Improve Air Quality. *Journal of Environmental Management*, v.86, p.148–157, 2008.

FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA. *Indicadores Econômico-Ambientais na Perspectiva da Sustentabilidade*. Documentos FEE 63. Porto Alegre, 2005.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. *Qualidade Ambiental na Bacia do Taquari-Antas*. Disponível em [www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade\_taquari\_antas/taquariantas.asp](http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_taquari_antas/taquariantas.asp). acesso em 05/01/2007.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. *Relatório sobre a Geração de Resíduos Sólidos Industriais no Estado do Rio Grande do Sul*. Maio de 2003. Disponível em [www.fepam.gov.br.](http://www.fepam.gov.br.) Acesso em 05/01/2007.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. *Diagnóstico da Poluição Hídrica Industrial na Região Hidrográfica do Guaíba*. Porto Alegre, 2001. Disponível em [www.fepam.gov.br](http://www.fepam.gov.br). Acesso em 01/03/2008.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. Diagnóstico Ambiental da Bacia do Taquari-Antas. Diretrizes Regionais para o Licenciamento Ambiental das Hidrelétricas 2009. Disponível em [www.fepam.rs.gov.br](http://www.fepam.rs.gov.br). Acesso em 05/02/2010.

GARBER, A. M.; PHELPS, C. E. Economic Foundations of Cost-Effectiveness Analysis.*Journal of Health Economics*, v.16, p. 1-31, 1997. Disponível em [www.periodicos.capes.gov.br](http://www.periodicos.capes.gov.br), acesso em 30/08/2009.

GLAZYRINA, Irina; GLAZYRIN, Vasiliy, VINNICHENK, Sergey. The Polluter Pays Principle and Potential Conflicts in Society. *Ecological Economics*, v.59, p.324 – 330, 2006. Disponível em [www.periodicos.capes.gov.br](http://www.periodicos.capes.gov.br), acesso em 09/02/2010.

GUTERMAN, E.; KOOMEY, J.; BROWN, M. Strategies for Cost-Effective Carbon Reductions: a Sensitivity Analysis of Alternative Scenarios. *Energy Policy* v.29, p. 1313–1323, 2001. Disponível em [www.periodicos.capes.gov.br](http://www.periodicos.capes.gov.br), acesso em 21/11/2009.

HLATKY, M. A.; SANDERS, G. D.; OWENS, D. K. Cost-Effectiveness of the Implantable Cardioverter Defibrillator**.***Cardiac Electrophysiology Review*, v.7, p.479–482, 2003. Disponível em [www.periodicos.capes.gov.br](http://www.periodicos.capes.gov.br), acesso em 28/08/2009.

JIMENEZ, Francisco J. B. *Integración Econômica Y Medio Ambiente*. Madrid: Dykinson, 1999.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. *Tratamento de Esgotos Domésticos*. Rio de Janeiro: Segrac, 4ª edição, 2005.

LANNA, A. E.; CÂNEPA, E. M.; PEREIRA, J. S. O Princípio Usuário Pagador e a Legislação de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul.In: *II Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica*. São Paulo, Novembro de 1997.

LANNA A. E.; *Gestão das Águas*. Instituto de Pesquisa Hidráulicas. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. 1999. Disponível em [www.ufrgs.br/iph](http://www.ufrgs.br/iph).

MATZDORF, B. & LORENZ, J. How Cost-Effective are Result-Oriented Agri-Environmental Measures? - An Empirical Analysis in Germany. *Land Use Policy*,2009. Disponível em [www.periodicos.capes.gov.br](http://www.periodicos.capes.gov.br), acesso em 21/11/2009.

MILLER, T. W.; SPICER, K.; KRAUS, R. F.; TAG HEISTER, M. L. S.; BILYEU, J.Cost Effective Assessment Models in Providing Patient-Matched Psychotherapy**.** *Journal of Contemporary Psychotherapy*, v. 29, n. 2, 1999. Disponível em [www.periodicos.capes.gov.br](http://www.periodicos.capes.gov.br), acesso em 21/11/2009.

PERMAN, R.; MA, Y.; MCGILVRAY, J. e COMMON, M. *Natural Resource and Environmental Economics.* 3ª ed. Ed. Pearson, 2003.

PHELPS, C. E.; MUSHLIN, A. I. On the (near) Equivalence of Cost Effectiveness and Cost Benefit Analysis. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, v.7, p. 12-21.

SAMAE. Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto. Disponível em [www.samaecaxias.com.br](http://www.samaecaxias.com.br).

TIETENBERG, T. *Environmental and Natural Resource Economics*. 6.ed. Boston: Addison-Wesley, 2003.

VON SPERLING, M. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 3ª edição. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 452p.

YOUNG, C.E.F. *Economic Adjustment Policies and the Environment: a Case Study of Brazil*. Tese de Doutorado da University of London, 1996.

1. Que significa dizer que quem polui deve pagar por suas consequências. [↑](#footnote-ref-2)
2. Referem-se aos usos que retiram a água de sua fonte natural diminuindo suas disponibilidades quantitativas, espacial e temporalmente. [↑](#footnote-ref-3)
3. Com base em dados do Ministério do Trabalho(RAIS/CAGED), através de pesquisa específica sob demanda da autora. [↑](#footnote-ref-4)
4. DBO5 /DQO– retratam, de uma forma indireta, o teor de matéria orgânica nos esgotos ou no corpo d’água, sendo, portanto, uma indicação do potencial do consumo do oxigênio dissolvido. Efluentes orgânicos são gerados por indústrias do setor de alimentos, como conservas vegetais, por curtumes, matadouros, abatedouros de aves e vinícolas (VON SPERLING, 2005; FEPAM, 2001). [↑](#footnote-ref-5)
5. A DBO5, medida a 20º C por cinco dias, conforme FEPAM (2001). [↑](#footnote-ref-6)
6. As empresas que não estão no SISAUTO são, basicamente, em função do seu porte; da significância do volume de resíduos, baixo potencial poluidor hídrico ou porque ainda não estão totalmente implantadas. [↑](#footnote-ref-7)
7. Resíduos típicos do setor metal-mecânico e couro [↑](#footnote-ref-8)
8. Adaptado da resolução CONAMA 237, disponível em www.mma.gov.br [↑](#footnote-ref-9)
9. Tem como objetivo remunerar os agentes econômicos envolvidos com vistas à preservação dos recursos hídricos, da flora e/ou fauna de um determinado local. [↑](#footnote-ref-10)
10. Definido por Alfred Pigou como um imposto sobre a contaminação ou sobre o dano ambiental , em 1920.(ALIER; JUSMET, 2001; PEARCE;TURNER, 1995). [↑](#footnote-ref-11)
11. Maximização dos resultados, como em qualquer aplicação da teoria da firma. [↑](#footnote-ref-12)
12. Referência bibliográfica: Jordão & Pessoa (2005) e consulta à Professores da Universidade de Caxias do Sul, doutores na área ambiental [↑](#footnote-ref-13)
13. Nomeou-se de custo marginal nesta tese a variação dos custos totais decorrentes da variação na carga abatida de resíduos, embora também poderia ser considerado como custo unitário. Mas o objetivo é evidenciar o incremento nos custos dado o aumento na geração de resíduos, sobretudo se houver uma tarifa sobre a carga gerada de resíduos e não tratada. [↑](#footnote-ref-14)
14. Para maiores informações sobre os comitês de bacia e a Lei 10.350/94, acessar www.sema.rs.gov.br/sema/jsp/rechidro.jsp. [↑](#footnote-ref-15)
15. LANNA et al (1997) E CÂNEPA & PEREIRA (2001) já haviam feito esta sugestão em seus estudos no rio dos Sinos para a bacia hidrográfica de mesmo nome. [↑](#footnote-ref-16)
16. Usou-se apenas a suinocultura por uma questão de disponibilidade de informação. [↑](#footnote-ref-17)