

CÁLCULO DE DANO AMBIENTAL DECORRENTE DE UM DEPÓSITO DE LIXO: ESTUDO DE CASO

Josimar Ribeiro de Almeida

Observatório Urbano do Estado do Rio de Janeiro - OUERJ/UERJ/UN-Habitat

✉ jralmeida@usp.br

Gustavo Aveiro Lins

CEDERJ/ Mestre em Engenharia –Professor SEE/RJ/Observatório Urbano Estado do Rio de Janeiro- OUERJ/UERJ/UN-Habitat

Elenice Rachid

Mestranda em Engenharia de Transporte - PET/COPPE/UFRJ. Pesquisadora UFRJ - NASA (CNPq)

Resumo

O presente trabalho teve como foco principal aplicar uma metodologia capaz de estimar o dano ambiental decorrente de atividades antrópicas. Neste artigo foi utilizado como modelo a instalação de um depósito de lixo.

Palavras-chave: dano ambiental, impactos ambientais, economia ambiental

CALCULATION OF ENVIRONMENTAL DAMAGE ARISING AT THE JUNKYARD: CASE STUDY

Abstract

The present work had as main focus apply a methodology able to estimate the environmental damage resulting from antropic activities. This article was used as a template to install a junkyard.

Keywords: environmental damage, environmental impacts, environmental economics

INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi elaborado a partir de uma análise pericial, cujo foco principal foi estimar o dano ambiental decorrente da instalação de um depósito de lixo na região. As partes envolvidas neste estudo de caso são: o município como órgão responsável pela instalação do depósito de lixo e uma cooperativa de agricultores que se sentiram prejudicados por esta iniciativa do município.

O Objetivo deste trabalho é descrever a metodologia utilizada para calcular o dano ambiental na referida situação.

METODOLOGIA

O dano ambiental foi dividido em dano a produção agrícola e dano à água. Para efeito de desvalorização do terreno supomos que o dano ambiental calculado inclui as perdas de desvalorização e produção. Para efeito de produção foi considerada a perda de produção por oportunidade ou Custo de Oportunidade, pelo fato de não poder fazer.

O método utilizado para o cálculo dos danos ambientais à produção agrícola foi feito para o dano a produção vinífera existente e para o custo de oportunidade de produção de viníferas. Salienta-se que o custo de oportunidade é passível de cálculo neste caso, pois a região é de aptidão para o cultivo de viníferas. O valor médio de produção é de 1.698,83 kg/ha, baseado nos dados do município. O valor encontrado é a divisão de produção média de 43.300.000 kg/ano pela área do município que é de 254,88 km².

Para o cálculo dos danos ambientais à água, o método usado é aproximações semi-quantitativas ou também chamado de Lista de Verificação Ponderada. Neste método se avalia o Índice de Qualidade Ambiental (IQA) a partir das amostras coletadas. Os parâmetros do CONAMA serão usados sempre que possível para o índice de qualidade de 100% e, da bibliografia para 0%. Estes limites foram usados como valores limites de interpolação. Com o valor do dano estimado, é calculado o valor dos Custos Ambientais Totais Esperados (CATE) para os danos intermitentes e contínuos.

CÁLCULO DO DANO AMBIENTAL NA PRODUÇÃO DE VINÍFERAS

Características da plantação existente:

- Área plantada: 4 ha
- Produtividade média: 1698,83 kg/ano
- Valor de venda: 0,28 R\$/kg (Fonte: Jornal Gazeta Mercantil)

Caso sem o depósito de lixo:

- Custo de produção: 50% do preço de venda = $0,28 \times 0,50 = 0,14$ R\$/kg
- Custo de formação: 50% do custo de produção = $0,14 \times 0,50 = 0,07$ R\$/kg
- Custo de colheita: 33% do custo de produção = $0,14 \times 0,33 = 0,047$ R\$/kg
- Lucro bruto: 50% do preço de venda = $0,28 \times 0,50 = 0,14$ R\$/kg

Caso com o depósito de lixo:

- Custo de produção: 50% do preço de venda + diferença pelo uso de mais defensivo agrícola
- Custo de formação: $0,07 \text{ R\$/kg} \times 1,4$ (aumento de custo) = $0,098 \text{ R\$/kg}$ (foi considerado um aumento de 40% no custo de formação pelo uso de mais defensivos agrícolas e mão de obra na aplicação)
- Diferença entre o custo normal de formação e manutenção e o custo de formação e manutenção após a instalação do aterro de lixo = $0,098 - 0,070 = 0,028 \text{ R\$/kg}$

Dano previsto na produção de viníferas:

- Dano unitário: $0,028 \text{ R\$/kg} \times 1698,83 \text{ kg/ha} \cdot \text{ano} = 47,56 \text{ R\$/ha} \cdot \text{ano}$

Custo de Oportunidade (CO)

$\text{CO} = 1698,33 \text{ kg/ha} \cdot \text{ano} \times 0,14 \text{ R\$/kg} = 237,83 \text{ R\$/ha} \cdot \text{ano}$

$\text{Impostos} = 23,78 \text{ R\$/ha} \cdot \text{ano}$

$\text{Custo de Oportunidade Líquido} = 214,05 \text{ R\$/ha} \cdot \text{ano}$

Não foram consideradas as outras culturas, devido ao fato de ter sido calculado o Custo de Oportunidade para a área onde não existem viníferas plantadas. Observa-se que o CO e o dano às viníferas foram calculados baseados em índices de produtividade média por hectare, que normalmente é abaixo do que uma propriedade produz. Isto se deve ao fato de que, da área do município, deveria ser descontado a área urbana, estradas, galpões, residências rurais, florestas, etc. Portanto, o valor é bastante conservativo.

Dano Direto Total na Produção de Viníferas:

$\text{Cd viníferas} + \text{CO viníferas} = 47,56 \text{ R\$/ha.ano} \times 4 \text{ ha} + 214,67 \text{ R\$/ha.ano} \times 16 \text{ há (área plantada)} = 3.624,96 \text{ R\$/ano}$

Cálculo do dano ambiental à água

O Método escolhido para calcular o dano a partir do Índice de Qualidade Ambiental (IQA) foi o método de aproximação semi-quantitativo – Lista de Verificação Ponderada.

Tabela 1 - Determinação das unidades paramétricas de importância (UPI)

Parâmetro Analisado	Fim da Pilha (UPI)	Córrego na Propriedade (UPI)
pH	10	4
DBO ₅	2	4
Matéria Orgânica	2	4
Nitrogênio Amoniacal	2	4
Nitrito + Nitrato	2	4
Arsênio	20	10
Chumbo	15	10
Cromo Total	10	5
Cádmio	3	5
Mercúrio	20	20
Níquel	2	5
Vanádio	2	5
Coliformes Totais - -	-	-
Coliforme Fecais	10	20
TOTAL	100	100

Tabela 2 - Determinação do (IQA) 0 – 100%, para água potável

Parâmetro Analisado	IQA = 0%	Referência	IQA =100%	Referência
pH	10<pH<4	VPM	7	Neutra
DBO ₅	10	VPM	3 mg/l	Classe 1
Matéria Orgânica	Ausente	VPM	Ausente	
Nitrogênio Amoniacal	0,08 mg/l	VPM	0,02 mg/l	GWQ
Nitrito + Nitrato	10,5 mg/l	VPM	10 mg/l	Classe 1
Arsênio	0,10 mg/l	VPM	0,05 mg/l	Classe 1
Chumbo	0,10 mg/l	VPM	0,03 mg/l	Classe 1
Cromo Total	0,05 mg/ l	VPM	0,04 mg/l	GWQ
Cádmio	0,10 mg/l	VPM	0,01 mg/l	Classe 1
Mercúrio	0,002 mg/l	VPM	0,0002 mg/l	Classe 1
Níquel	0,05 mg/l	VPM	0,025 mg/l	Classe 1
Vanádio	0,10 mg/l	GWQ	0,1 mg/l	Classe 1
Coliformes Totais	1000	CONAMA	Ausente	
Coliforme Fecais	200	CONAMA	ausente	

VPM – Valores máximos permissíveis; GWQ – A Guide to Water Quality –

FONTE: Agência EPA Canadá, 1979; Classe 1 – RESOLUÇÃO CONAMA

CÁLCULO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA POTÁVEL E PARA DESSEDENTAÇÃO ANIMAL

Tabela 3 - Para Água Potável

Parâmetro Analisado	IQA = 0%	IQA =100%	Existente
pH	10<pH<4	7	8,6
DBO ₅	10 mg/l	3 mg/l	4,0
Nitrogênio Amoniacal	0,08 mg/l	0,02 mg/l	1,1
Nitrito + Nitrato (N2 Total)	10,5 mg/l	10 mg/l	1,1
Arsênio	0,10 mg/l	0,05 mg/l	ND*
Chumbo	0,10 mg/l	0,03 mg/l	ND
Cromo Total	0,05 mg/l	0,04 mg/l	ND
Cádmio	0,10 mg/l	0,01 mg/l	ND
Mercurio	0,002 mg/l	0,0002 mg/l	ND
Níquel	0,05 mg/l	0,025 mg/l	ND
Vanádio	0,10 mg/l	0,1 mg/l	ND
Coliforme Fecais	200	ausente	930

ND* - Não detectado

Tabela 4 - Para Água de Dessedentação dos Animais

Parâmetro Analisado	IQA = 0%	IQA =100%	Existente
pH	10<pH<4	7	8,6
DBO ₅	10 mg/l	3 mg/l	4,0
Nitrogênio Amoniacal	0,08 mg/l	0,02 mg/l	1,1
Nitrito + Nitrato (N2 Total)	10,5 mg/l	10 mg/l	1,1
Arsênio	0,10 mg/l	0,05 mg/l	ND
Chumbo	0,10 mg/l	0,03 mg/l	ND
Cromo Total	0,05 mg/l	0,04 mg/l	ND
Cádmio	0,10 mg/l	0,01 mg/l	ND
Mercurio	0,002 mg/l	0,0002 mg/l	ND
Níquel	0,05 mg/l	0,025 mg/l	ND
Vanádio	0,10 mg/l	0,1 mg/l	ND
Coliforme Fecais	200	ausente	930

CÁLCULO DA QUALIDADE DA ÁGUA POTÁVEL

A partir das equações de função de qualidade ambiental associadas aos gráficos mostrados na seção de valoração ambiental, temos para cada parâmetro:

pH

Função: $(I Q A)_{pH} = 0,111 pH^2 + 1,56 pH - 4,44$

Para o valor de $pH = 8,6$, temos $(I Q A)_{pH} = 0,7156$, ou seja, 71,56%

DBO₅

Função: $(I Q A)_{DBO5} = - (1/22025,2) x e^{DBO5} + 1,00095$

Para o valor de $DBO5 = 4,0$, temos $(I Q A)_{DBO5} = 0,99847$, ou seja, 99,84

Nitrogênio Amomical (N_{amomiacal})

Função: $(I Q A)_{N \text{ amomiacal}} = - 16,67 N_{\text{amomiacal}} + 1,333$

Para o valor de $N_{\text{amomiacal}} = 1,1$ é $>$ que 0,02 e 0,08, $(I Q A)_{N \text{ amomiacal}} = 0$, ou seja, 0%

Nitrogênio Total (N_T)

Função: $(I Q A)_{NT} = - 2 NT + 21$

Para $NT = 1,1$ como é $<$ que 20 e 12, $(I Q A)_{NT} = 1$, ou seja, 100%

Metais Pesados (Ar, PB, Cd, Cr, Hg, Ni, Va)

Não foram detectados, logo, $(I Q A)_{METAIS} = 100\%$

Coliformes Fecais (CF)

Função: $(I Q A)_{CF} = - (1/8,984) x e^{-(CF)} + 1,1113$

Para $CF = 930$, como $930 > 200$, logo $(I Q A)_{CF} = 0$, ou seja, 0%

CALCULO DO IMPACTO AMBIENTAL (UIA)

Por definição, $UIA = (UPI) x (I Q A)$

Parâmetro Analisado	UPI	I Q A	UIA
pH	4	0,71568	2,86272
DBO ₅	4	0,99840	3,99360
Matéria Orgânica	4	0,00000	0,00000

Nitrogênio Amoniacal	4	1,00000	0,00000
Nitrito + Nitrato (N ₂ Total)	4	1,00000	4,00000
Arsênio	10	1,00000	10,00000
Chumbo	10	1,00000	10,00000
Cromo Total	5	1,00000	5,00000
Cádmio	5	1,00000	5,00000
Mercúrio	20	1,00000	20,00000
Níquel	2	1,00000	2,000000
Vanádio	3	1,00000	3,000000
Coliforme Fecais	25	0,00000	0,000000
TOTAL	100		65,8563

Logo, a qualidade da água para potabilidade encontrada acima é de 65,85%, portanto, o dano a água é igual a, **DANO A ÁGUA: $1 - 0,6585 = 0,34144$, ou seja, 34,141%**

CALCULO DO DANO A ÁGUA POTÁVEL

- * No de pessoas que habitam a propriedade: 7
- * Consumo de água por pessoa: 200 litros por dia = 0,2 m³ / dia
- * Consumo diário: 7 pessoas x 0,2 m³ / dia = 1,4 m³ / dia
- * Consumo anual: 1,4 m³ / dia x 365 dias = 511 m³ / ano

Como os índices de Nitrogênio amoniacal e de Coliformes Fecais foram maiores que os valores máximos permitidos, a água é considerada não potável, embora, o seu índice de qualidade tenha sido de 65,85%. Portanto, o dano neste caso é total pois a propriedade não dispõe de sistema de tratamento da água contaminada.

Para a faixa de consumo de 42 m³ / mês, R\$ 1,77 / m³, fonte Companhia de Água, portanto o dano direto a água será de, **Dano Direto a Água Potável = 511 m³/ano x R\$ 1,77 / m³ = 902,77 R\$ / ano ; Cd água potável = 902,77 R\$ / ano**

CALCULO DO DANO A ÁGUA DE DESSEDENTAÇÃO E IRRIGAÇÃO

- * No de animais: 15 cabeças de gado, 2 cavalos e 50 galinhas
- * Quantidade de água para beber por cabeça de
 - gado = 10 a 15 litros;
 - por cavalo = 10 a 15 litros;
 - por galinha = 0,12 a 1,2 litros.

* Consumo de água: (15 cabeças x 15 l/dia + 2 cavalos x 15 l / dia + 50 galinhas x 0,2 l / dia)
= 265 litros / dia

*Consumo anual: 265 l / dia x 365 dias = 96,725 m³ / ano

* Limpeza de curral/ potreiro/galinheiro = 100 l / dia, neste caso não será considerado como dano pois a qualidade da água se presta ao serviço de limpeza.

* Consumo de água sujeita ao dano: 96,725 m³ / ano

Dano Direto Água Dessedentação: 96,725 m³/ano x R\$1,77/m³ = 171,20 R\$/ano

Cd água dess. = 171,20 R\$ / ano

Cd Total da Água = (902,77 + 171,20) R\$ / ano = 1.073,97 R\$ / ano

CUSTOS DE DANOS JÁ EXISTENTES

Período considerado: de dezembro de 1992 à abril de 2001 = 8 anos e quatro meses.

Custo dano direto anual: Cd vinífera+CO viníferas+Cd água potável+Cd água dess.

Custo do dano direto anual = 47,56 R\$ / ano x 4 + 214,67 R\$ / ano x 16 + 902,77

R\$ / ano + 171, 20 R\$ / ano = R\$ 4.698,93

CUSTO DO DANO DIRETO ANUAL = R\$ 4.698,93

Custo do Dano Indireto: Conforme valores apresentados na Tabela 2.4.6 do método CATES, (Fi/d) = 2 é um índice razoável, considerando a redução do bem estar da população em relação apenas a custo de dano da água.

CUSTO AMBIENTAL ANUAL

Custo Ambiental Total = Custo do Dano Total às Viníferas + Custo Total Dano Água

Custo Ambiental Total = 3.624,96 R\$ / ano + 1.073,93 R\$ / ano x 2 = 5.772,82 R\$ / ano

Número de anos com degradação na propriedade: 8 anos e 3 meses

DANO AMBIENTAL À PROPRIEDADE ATÉ 29 DE MARÇO DE 2001

8 anos x 5.700,90 R\$ / ano = R\$ 47.032,42

CUSTOS AMBIENTAIS TOTAIS ESPERADOS (CATES)

Os custos totais esperados são divididos em intermitentes e contínuos.

Caso 1 – Custos Intermitentes

Supondo que a partir de maio não haverá mais degradação significativa do sítio, ou seja, a usina irá funcionar dentro dos padrões com impacto tolerável, com taxa de juros 4% ao ano e $n = 25$ anos (uma geração) temos,

$$\text{CATE} = (V_d + C_d - F_{i/d}) * (1 + J)^n / (1 + J)^n - 1 = (5.772,90 \text{ R\$ / ano} \times 2,6658) / 1,6658 = \text{R\$ } 9.238,44$$

Caso 2 – Custo Contínuo: Supondo que a partir de maio não entre em operação a usina de lixo, teremos,

$$\text{CATE} = (V_d + C_d - F_{i/d}) [(1 + J)^n - 1] / j - (1 + J)^n = (5.772,90 \text{ R\$/ano}) \times 1,6658 / 0,1066 = \text{R\$ } 90.211,03$$

DANO AMBIENTAL TOTAL

O município mantém em sua administração uma área degradada pela disposição de lixo durante oito anos e quatro meses. O dano ambiental é muito maior que o calculado conforme os quesitos acima. O balanço social não foi calculado e incluído por não ter sido solicitado. A propriedade avaliada sofreu uma externalidade ambiental, o que significa que alguém tem um benefício e outro sofre um dano. No caso o benefício foi adquirido pela comunidade e o dano foi imposto às pessoas que moram no entorno do aterro de lixo. É importante salientar que este cálculo de dano ambiental foi realizado exclusivamente para a propriedade dos Autores. O dano foi portanto tratado tecnicamente de interesse individual homogêneo, e por isso passível de direito ambiental com a formulação matemática para dano ambiental. Por isto todas as desvalorizações da propriedade já estão inclusas.

Devido a este fato, conclui-se que o dano ambiental total de origem ambiental causado à propriedade dos Autores é o seguinte:

Caso 1 – CATES (intermitente)

Dano Total = Dano Passado + CATES (intermitente)

$$\text{Dano Total} = \text{R\$ } 47.032,42 + \text{R\$ } 9.238,44 = \text{R\$ } 56.270,86$$

Caso 2 – CATES (contínuo)

Dano Total = Dano Passado + CATES (contínuo)

$$\text{Dano Total} = \text{R\$ } 47.032,42 + \text{R\$ } 90.211,03 = \text{R\$ } 137.243,45$$

CONCLUSÃO

O depósito de lixo da Prefeitura é responsável pelo dano ambiental à área. Os benefícios auferidos pela comunidade não foram avaliados, mas sim o dano no caso existente à propriedade dos autores. A metodologia usada é bastante conservadora, pois foi calculado o dano ambiental sem considerar a valoração de bens de serviço ambiental realizados pela flora e fauna local, que indiretamente beneficiam o ecossistema. Portanto, pode-se com certa segurança afirmar que estes danos seriam os de menor custo. É importante afirmar que o dano calculado à propriedade dos Autores é parte do dano total e não pode ser usado como base para outras propriedades vizinhas e de diferentes variáveis ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMAZÉM DE DADOS – INSTITUTO PEREIRA PASSOS. **Indicadores de Qualidade Ambiental**. Disponível em <<http://www.armazemdedados.rio.rj.gov.br/http://portalgeo.rio.rj.gov.br/website/apas/viewer.htm?usu=> >, s.d. Acesso em 20 de janeiro de 2013

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução Nº 420/2009**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/conama/> >, s.d. Acesso em 13 de junho de 2013

KOLSTAD, C.D. **Environmental Economics**. Nova Iorque: Oxford, 2000.

MARTÍNEZ ALIER, J.. **The environmentalism of the poor : a study of ecological conflicts and valuation**. Northampton: Edward Elgar Publishing, 2002.

MAY, P. Comércio Agrícola e meio ambiente na América Latina. In: MAY, P.; LUSTOSA, M.C.; VINHA, V.. **Economia do Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Campus, 2003, pp 197-218.

MAY, P. H.; MOTTA, R.S. (org.). **Valorando a Natureza: a análise Econômica para o Desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

MAY, P.H. (org.). **Economia Ecológica**. Rio de Janeiro: Campus, 1995.

MOTTA, R. S. (ed.). **Environmental economics and policy making in developing countries : current issues**. Cheltenham: Edward Elgar Pub., 2001.

PILLET, G.. **Economia ecológica: Introdução à economia do ambiente e dos recursos naturais**. Lisboa: Instituto Piaget, 1993.

ROMEIRO, A.R.; REYDON, B. P; LEORNARDI, M.L.A.. **Economia do Meio Ambiente**. Campinas: Unicamp, 1997.

SACHS, I.. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SERÔA DA MOTTA, R.. **Manual de Valoração Econômica de Recursos Ambientais**. Brasília: MMA, 1998.

TOMMASI, LR.. **Estudos de Impacto Ambiental**. São Paulo: Terragraph Artes e Informática, 1994.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Water pollution control: A guide to the use of water quality management principles**. Disponível em http://www.who.int/water_sanitation_health/resources/watpolcontrol/en/index.html, 1997 Acesso em 09 de outubro de 2013