

Valoração ambiental por dano aos recursos hídricos ocasionado por falha na operação de estação elevatória de esgotos

Alexandra Fátima Saraiva Soares
Cláudia Lage Michalaros

RESUMO: A paralisação de bombas de estação elevatória e a inércia dos responsáveis pelos serviços de esgotamento sanitário resultaram no lançamento indevido de esgotos *in natura* em curso de água por dezenove dias consecutivos. Esse dano ambiental foi quantificado a fim de obter um valor de indenização e, para a condução dos trabalhos, utilizou-se a metodologia emergética e se procedeu a estudo de autodepuração da matéria orgânica biodegradável. Aplicado o modelo matemático de Streeter-Phelps, que relaciona um dos principais mecanismos que definem os níveis de oxigênio dissolvido em curso de água, chegou-se a um *quantum debeatur* equivalente a R\$ 764.894,04 (setecentos e sessenta e quatro mil oitocentos e noventa e quatro reais e quatro centavos).

PALAVRAS-CHAVE: Esgoto sanitário. Estação elevatória de esgoto. Dano ambiental. Valoração ambiental. Serviços ecossistêmicos. Emergia.

Introdução

Problemas operacionais no sistema de recalque de esgotos (estação elevatória) ensejaram dano ambiental decorrente de lançamento de esgoto sanitário *in natura* nas águas do Córrego Canabrava, tributário do Rio Preto (Figura 1). De acordo com levantamento, foram furtados da Estação Elevatória noventa metros de fio de cobre, que eram utilizados na instalação elétrica, ocorrendo ainda danos ao padrão de energia (Figuras 2 e 3). Com a paralisação das bombas da estação elevatória, ocorreu lançamento indevido de esgotos *in natura* no recurso hídrico por dezenove dias consecutivos. Esse dano ambiental foi quantificado a fim de obter um valor de indenização.

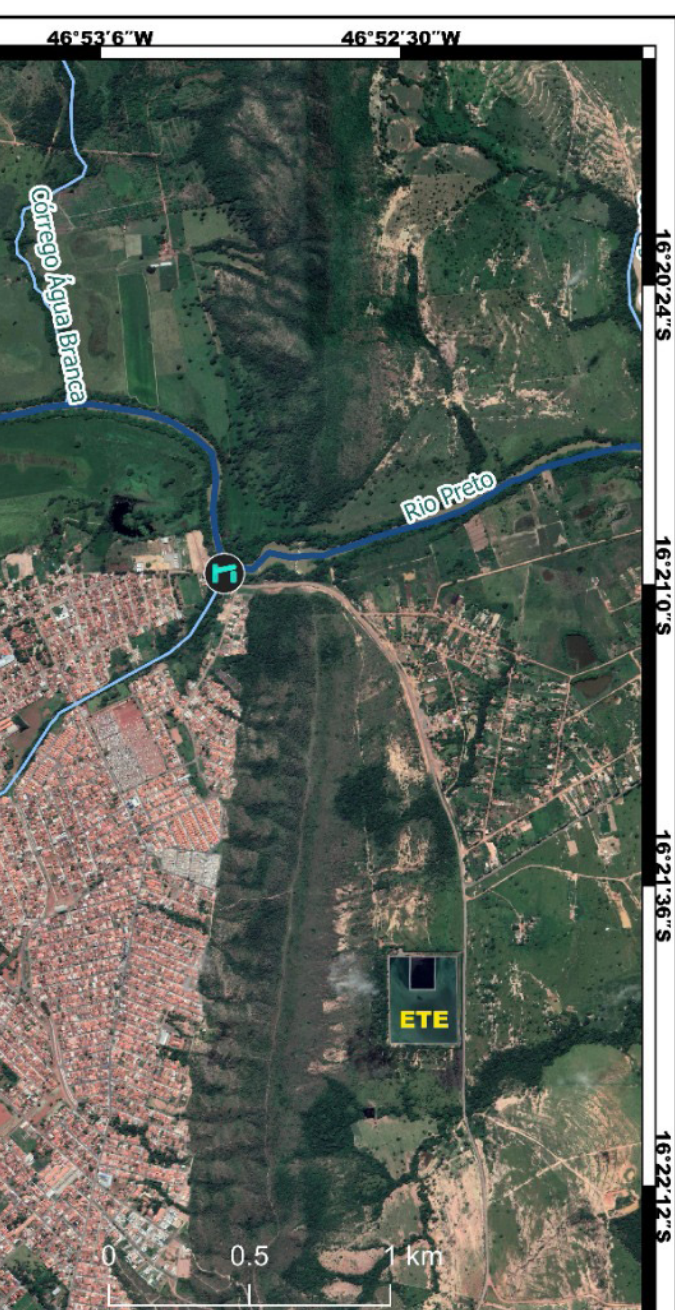


**LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA
CÓRREGO CANABRAVA**



Estação Elevatória - Lançamento do E

DATUM SIRGAS2000 GMS Fonte: IDE-SISEMA Elab. Ge



ÓRIA UNAÍ-MG.

sgoto  Unaí

ógrafo Lucas R.V. Silva, 2017.

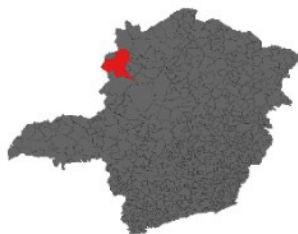




Figura 2. Ponto onde estava ocorrendo o lançamento dos esgotos sanitários no Córrego Canabrava, por ocasião dos problemas operacionais.

Fonte: Polícia Ambiental de Unai.



Figura 3. Aspecto do Córrego Canabrava a jusante do lançamento de esgotos.

Fonte: Polícia Ambiental de Unai.

Metodologia

A avaliação dos efeitos de poluentes nos serviços ecossistêmicos pode ser expressa em termos biofísicos (unidades de energia ou massa) e/ou em termos monetários. Tais serviços estão intimamente relacionados ao equilíbrio ecológico, sem o qual há prejuízos que a sociedade tenta evitar ao estabelecer medidas de controle das emissões e ao monitorar a qualidade dos diferentes meios da biosfera. (ULGIATI, S. & BROWN, M.T., 2002)

A emissão de esgoto sanitário em pequeno trecho das águas do Córrego Canabrava e do Rio Preto, pelas características dos poluentes lançados, concentra matéria orgânica na forma Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Assim, os serviços ecossistêmicos afetados podem ser quantificados em termos da energia necessária à diluição dos efluentes até os níveis máximos permitidos e pelo consumo do oxigênio dissolvido em suas águas devido à decomposição da matéria orgânica, seguindo os seguintes passos:

- ▶ quantificação da carga de DBO emitida;
- ▶ determinação do volume hídrico necessário à diluição das emissões calculadas até as concentrações máximas admissíveis;
- ▶ cálculo da energia da massa de água necessária à diluição do parâmetro crítico;
- ▶ estimativa do oxigênio aquático dissolvido consumido pela decomposição da matéria orgânica lançada pelo empreendimento no curso d'água, para definir as zonas de recuperação e águas limpas.

Para a quantificação dos esgotos sanitários lançados, desconsiderou-se o trecho do Córrego Canabrava entre o ponto de lançamento até a foz no Rio Preto e estimou:

- ▶ concentração de matéria orgânica biodegradável do esgoto sanitário expressa em termos de DBO de 300 mg/L (VON SPERLING, 2005),
- ▶ concentração de matéria orgânica biodegradável das águas do Rio Preto, expressa em termos de DBO de 2mg/L (adaptado de IGAM, 2004),
- ▶ uma população de 47.217 habitantes (Polícia Militar, 2006),
- ▶ consumo *per capita* (QPC) de 200 L/hab./dia (VON SPERLING, 2005),
- ▶ coeficiente de retorno (R) de 80% (VON SPERLING, 2005).

A vazão média diária de esgoto sanitário lançada às águas foi assim estimada:

$$Q \text{ med-diária esgoto} = (\text{Pop.} \cdot \text{QPC} \cdot \text{R}) / 1000 = 7.554,72 \text{ m}^3 / \text{dia}$$

Consequentemente, a carga de DBO₅ lançada por dia foi:

$$\text{Carga DBO}_5 = 7.554,72 \cdot 1000 \text{ L/dia} \times 300 \text{ mg/L} = 2.266,42 \text{ KgDBO}_5 / \text{dia}$$

Assim, a estimativa da carga de DBO₅ lançada em 19 dias foi de:

$$\text{Carga DBO}_5 \text{ esgoto período} = 2.266,42 \text{ KgDBO}_5 / \text{dia} \cdot \text{Em 19 dias} = 43.061,90 \text{ Kg de DBO}$$

Determinação da massa de água necessária à diluição das emissões

A massa total de água comprometida na diluição de cada um dos parâmetros até a concentração máxima permitida pela legislação, conforme valores máximos possíveis para Classe 2 na Resolução Conama 357/2005 e DN Copam-CERH 01/2008, foi obtida por meio da equação 1:

$$M = d \times W_{\text{DBO}_5} / c \quad \text{Equação 1}$$

M = massa de água, em Kg

d = densidade da água ($1\text{g}/\text{cm}^3$)

W_{DBO_5} = carga emitida de DBO_5 em Kg

c = concentração máxima permitida para cada um dos parâmetros

Cálculo

$$M = 1\text{Kg}/\text{L} \cdot [(2.266.416.000\text{mg}/\text{dia}) / (5\text{mg}/\text{L})]$$

$$M = 4,53\text{E}+08 \text{ Kg}/\text{dia}$$

$$M = 8,61\text{E}+09 \text{ Kg}/\text{período}$$

Cálculo da energia potencial da massa de água

A energia potencial (E_p) da massa de água utilizada na diluição dos poluentes foi calculada, em Joules, por meio da Equação 2:

$$E_p = Mgh \quad \text{Equação 2}$$

M = massa de água para diluir a DBO_5 até os níveis permitidos, em Kg (equação 1)

g = aceleração da gravidade ($9,8\text{m}/\text{s}^2$)

h = diferença de altitude entre o ponto 1 e o ponto 2 é 16,7 metros

$$E_p = 8,61\text{E}+09 \text{ Kg} \cdot 9,8 \text{ m}/\text{s}^2 \cdot 16,7 \text{ m}$$

$$E_p = 1,43\text{E}+12 \text{ J}$$

Para esse cálculo, estudou-se a autodepuração do esgoto no Rio Preto, por meio do modelo Streeter-Phelps. O fim da Zona de Recuperação do Rio Preto e início da Zona de Águas Limpas se deu a aproximadamente 40km da foz do Córrego Canabrava no Rio

Preto. O Ponto 1 (Figura 4) foi registrado na confluência do Córrego Canabrava com o Rio Preto. O Ponto 2 marca o início da Zona de Águas Limpas, sendo determinado por meio da planilha de dados elaborada pela 28.^a Cia de Meio Ambiente da Polícia Militar de Unaí para este caso específico. (POLÍCIA MILITAR, 2006)



Figura 4: Vista da foz do Córrego Canabrava no Rio Preto (Ponto1).

A diferença da altitude nos dois pontos forneceu o valor (h), para calcular a energia potencial necessária ao escoamento gravitacional da massa de água requisitada, a fim de diluir a matéria orgânica até atingir o limite estabelecido pela DN Copam/CERH 01/2008 (DBO igual a 5mg/L – Classe 2).

A autodepuração utilizou o modelo de Streeter--Phelps, que considera as condições do corpo d'água estacionárias, isto é, assume que todas as condições são permanentemente as mesmas, e não simula eventos transientes ou que variem no tempo e características uniformes do trecho simulado: declividade, velocidade, profundidade, etc. (VON SPERLING, 2005)

Conforme o modelo de Streeter-Phelps, a curva de oxigênio dissolvido em um curso d'água permite identificar as zonas de autodepuração (degradação, decomposição ativa, recuperação e águas limpas) advinda do consumo de oxigênio demandado pelos microrganismos para oxidar a matéria orgânica lançada nas águas. Cabe destacar que o oxigênio dissolvido é um parâmetro essencial para a manutenção das comunidades aquáticas e do equilíbrio desse ecossistema.

No cálculo da autodepuração dos esgotos no Rio Preto considerou-se:

- ▶ vazão do Rio Preto de $124,10\text{m}^3/\text{s}$ (POLÍCIA MILITAR, 2006; IGAM, 2004),
- ▶ declividade da calha do Rio Preto de $0,5\text{m}/\text{km}^{66}$.

Valoração monetária dos serviços ecossistêmicos

Na economia convencional, o preço de um produto corresponde aproximadamente ao somatório das despesas com insumos, mão de obra, outro tipo de serviço e margem de lucro desejada. De certa forma, o preço econômico agrega o trabalho humano, porém não considera a contribuição da natureza na formação dos insumos utilizados nem o custo das externalidades negativas no sistema regional que a sociedade local paga.

A riqueza dos recursos ambientais é inversamente proporcional aos custos monetários. Assim, quanto maior é o trabalho da natureza na produção de recursos, menor é o preço devido a sua abundância. Da mesma forma, quando se tornam escassos, seus preços de mercado tendem a aumentar e, nesses casos, a pressão da demanda poderá pôr em risco a sustentabilidade do recurso.

66 Obtida a partir do ponto onde ocorreu a autodepuração da matéria orgânica carbonácea – Modelo Streeter-Phelps e por meio do Google Earth Pro®.

A metodologia emergética (escreve-se com M), apresentada pelo pesquisador Howard T. Odum, propõe medir moeda, massa, energia em termos equivalentes, ou seja, a energia incorporada ou eMergia (ODUM, 1996). Em outras palavras, isso significa que o trabalho da natureza deve ser reconhecido e corretamente valorizado no mercado. Assim, os valores expressos em emergia ou eMDólares representam o verdadeiro valor dos recursos, naturais ou antrópicos. A emergia pode ser definida da seguinte forma (ODUM, 1996):

Emergia é a energia disponível (exergia) de um mesmo tipo. Por exemplo, energia solar equivalente, que foi previamente requerida, em forma direta ou indireta, para produzir um certo produto ou serviço.

Para alcançar o objetivo, a teoria de sistemas, da termodinâmica, da biologia e de novos princípios do funcionamento de sistemas abertos converte os recursos usados em um sistema produtivo em termos de emergia e na forma de fazer a contabilidade em eMDólares ou em dólares emergéticos. A emergia por unidade monetária mede a capacidade de compra de riqueza real. O índice converte os fluxos de emergia em fluxos de eMDólares, ou seja, a emergia associada a dinheiro ou a valor econômico equivalente. Essa medida, expressa em eMDólares, consegue indicar a verdadeira contribuição da natureza e da economia humana no recurso. (ORTEGA, 2000)

A emergia dos serviços ecossistêmicos afetados estimou o valor monetário da capacidade de autodepuração do corpo d'água por meio dos seguintes passos:

a) conversão dos serviços ecossistêmicos previamente calculados em uma medida emergética equivalente, no caso energia solar incorporada, adotando-se índices de transformidade que avaliam a qualidade do fluxo de energia dos serviços ambientais associados a determinado recurso natural ou antrópico. Tais índices são calculados por pesquisadores em todo o mundo, sendo

amplamente divulgados em periódicos científicos e *sites* da internet especializados;

b) conversão da energia calculada em valores monetários por meio do índice de equivalência energia/dólar calculado para o Brasil. Tal índice permite comparar a energia do serviço afetado à energia do dinheiro que circula no país em determinado ano.

c) conversão do valor em dólar para real pelo câmbio atual.

Resultados

Quantificação e valoração dos danos ambientais (Tabela 1)

Tabela 1: Energia, energia, eMdólares e valores monetários em real associados aos esgotos sanitários

Serviços Ambientais afetados	Carga Total, kg	Massa de água para diluição, kg	Energia Potencial, J	Transformidade	Energia Sej	Em dólares, U\$ (e)	Reais, R\$ (f)
Diluição DBO5	43.061,90 (a)	8,61E+09 (b)	2,68E+13 (c)	2,8E+04 sej/J (d)	7,46E+17	248.826,95	764.894,04

a – conforme calculado

b – equação 1

c – equação 2

d – Ortega (2000)

e – EMDólar = energia / Transformidade energia-dólar, onde: Transformidade energia-dólar = $3,0 \times 10^{12}$ sej/U\$

f – U\$1 = R\$3,0740 (em 20/3/2017)

Conclusão

Conforme apresentado, os esgotos sanitários *in natura* lançados no Rio Preto, no período considerado, causaram danos ambientais correspondentes ao valor de R\$ 764.894,04 (setecentos e sessenta e quatro mil oitocentos e noventa e quatro reais e quatro centavos).