

## IV-176 - ANÁLISE DA PEGADA HÍDRICA CINZA DO RIO SUBAÉ EM FUNÇÃO DO LANÇAMENTO DE EFLUENTES DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO SUBAÉ

**Jacqueline Flores Martins<sup>(1)</sup>**

Engenheira Química pela Universidade Federal da Bahia. Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Estadual de Feira de Santana.

**Carine Teixeira da Silva**

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Recôncavo Baiano. Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Estadual de Feira de Santana.

**Eduardo Henrique Borges Cohim Silva**

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal da Bahia. Mestre em Tecnologias Limpas e Mestranda em Doutor em Energia e Meio Ambiente pela Universidade Federal da Bahia. Professor Adjunto da Universidade Estadual de Feira de Santana.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida Transnordestina, S/N, Prédio do LABOTEC II, Módulo III – Novo Horizonte – Feira de Santana - BA - CEP.: 44.036-900 - Brasil - Tel: (75) 3161-8310 - e-mail: [jackie.eq@gmail.com](mailto:jackie.eq@gmail.com)

### RESUMO

A capacidade de assimilação de matéria orgânica por um corpo hídrico é fundamental no tratamento de efluentes. A autodepuração refere-se à quantidade de materiais orgânicos que um corpo receptor é capaz de suportar sem o comprometimento de sua qualidade, de forma a garantir o equilíbrio e a biodiversidade de seu ecossistema.

Nesse sentido, se objetivou analisar a Pegada Hídrica Cinza (PHC), para o parâmetro qualitativo Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), da bacia do Rio Subaé relacionada ao sistema de esgotamento sanitário (SES) do município de Feira de Santana - BA.

Para tanto, foi considerado como carga poluidora apenas a contribuição do efluente lançado pela estação de tratamento de esgoto (ETE) Subaé, utilizando a vazão de referência associada à permanência de 90%. Os cálculos foram realizados considerando uma mistura completa do efluente com o rio desde o momento do lançamento.

Assim, foi mostrado que durante a permanência de 90% do tempo, a concentração de DBO está acima do permitido pela legislação e que a carga que é lançada no rio pela ETE só é capaz de ser diluída em um período de permanência de 11% do tempo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Esgoto Doméstico, Capacidade de Diluição, Qualidade da Água, Dados Fluviométricos.

### INTRODUÇÃO

A ocorrência de processos poluidores contribui significativamente para a perda da qualidade dos recursos hídricos, caracterizando um desequilíbrio entre a disponibilidade hídrica e a demanda necessária a seus múltiplos usuários.

O lançamento de efluentes não tratados ou com tratamento inadequado nos cursos d'água compõe uma das ações antrópicas que mais contribui para a deterioração da qualidade das águas, comprometendo a capacidade de autodepuração dos corpos receptores.

O fenômeno da autodepuração está vinculado ao restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, no qual os compostos orgânicos do esgoto são convertidos em compostos inertes e não prejudiciais do ponto de vista ecológico (Von Sperling, 1996).

A autodepuração remete-se à quantidade de materiais orgânicos que um rio é capaz de assimilar sem o comprometimento de sua qualidade. Entende-se por autodepuração o processo de degradação da matéria

orgânica no ambiente aquático resultante de uma sequência de fenômenos de natureza microbiológica (decomposição), química (oxidação) e física (diluição, sedimentação e reaeração atmosférica) (Braga et al., 2005).

Assim, após o lançamento da carga orgânica, o equilíbrio da fauna e flora aquática é afetado, resultando num desequilíbrio inicial, mas que tende a retornar as suas condições naturais. Contudo, quando ocorre a entrada excessiva de matéria orgânica, o restabelecimento desta condição de equilíbrio torna-se significativamente comprometida, de forma que a capacidade autodepurativa do rio é ultrapassada.

Em virtude disso, é necessário garantir que o lançamento de efluente no corpo receptor não esteja acima do que este possa suportar, garantindo, o equilíbrio e a biodiversidade de seu ecossistema.

Nesse sentido, a pegada hídrica cinza (PHC) serve como um indicador da poluição da água, uma vez que a PHC refere-se ao volume de água requerido para que a poluição de um processo possa ser assimilada por um corpo de água de acordo com o limite máximo estabelecido pela legislação. (Hoekstra, 2009).

A Política Nacional de Recursos Hídricos, implementada pela Lei 9.433/97 tem como uma de suas diretrizes basais a introdução à gestão sistemática dos recursos hídricos, que determina a associação dos aspectos de quantidade e qualidade da água. Um dos instrumentos legais desta política é o enquadramento dos corpos d'água em classes, cuja utilização mostra-se fundamental para o controle da qualidade ambiental dos mesmos, pois visa combater de forma preventiva a poluição hídrica através do estabelecimento de padrões de qualidade de água segundo os principais usos a que esta se destina. Atualmente, este enquadramento é feito com base na Resolução Conama 357/2005, que dispõe não somente sobre o enquadramento e classificação dos corpos d'água, mas também estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes, sejam eles domésticos ou industriais. Tem-se ainda a Resolução Conama 430/2011, que dispõe condições e padrões de lançamentos de efluentes, que complementa e altera a Resolução Conama 357/2005.

Outro instrumento legal é a outorga, que autoriza o uso das águas em virtude da disponibilidade hídrica. A  $Q_{90\%}$  é a vazão de referência adotada para a outorga pelo Estado da Bahia, isto é, representa o limite superior de utilização da água em um curso de água.

Assim, o objetivo do presente trabalho é analisar a PHC, para o parâmetro qualitativo DBO, da bacia do Rio Subaé relacionada ao sistema de esgotamento sanitário (SES) do município de Feira de Santana - BA, considerando como carga poluidora apenas a contribuição do efluente lançado pela ETE Subaé, utilizando a vazão de referência associada à permanência de 90%.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados dados fluviométricos procedentes de registros oficiais de séries históricas da Agência Nacional de Águas (ANA) através do Sistema de Informações Hidrológicas HidroWeb.

Os dados utilizados foram obtidos da estação fluviométrica Subaé, cujo código é 51060000, localizada no Rio Subaé, próximo ao município de Santo Amaro, nas coordenadas geográficas 12° 31' 0" S e 38° 44' 0" W. A estação fluviométrica possui dados consistidos de vazões para o período de outubro de 1968 à abril de 1989 e área de drenagem de 175 km<sup>2</sup>.

Foram utilizados dados qualitativos obtidos junto ao Departamento de Esgotamento Sanitário da Empresa Baiana de Águas e Saneamento (Embasa), localizada no município de Feira de Santana - BA, do efluente lançado pela Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Subaé, para o período de janeiro à julho de 2014. O ponto de lançamento do efluente tratado da referida ETE no Rio Subaé ocorre na coordenadas geográficas 12° 18' 27,4" S e 38° 55' 6,73" W.

As coordenadas do ponto de lançamento do efluente foram inseridas no [Sistema Georreferenciado de Gestão Ambiental \(GeoBahia\)](#), através do site do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema), para obtenção da área de drenagem do ponto de lançamento, sendo no valor de 10,52 km<sup>2</sup>. A série de vazão do rio

obtida através da razão entre as áreas de drenagem do ponto de lançamento do efluente e da estação fluviométrica.

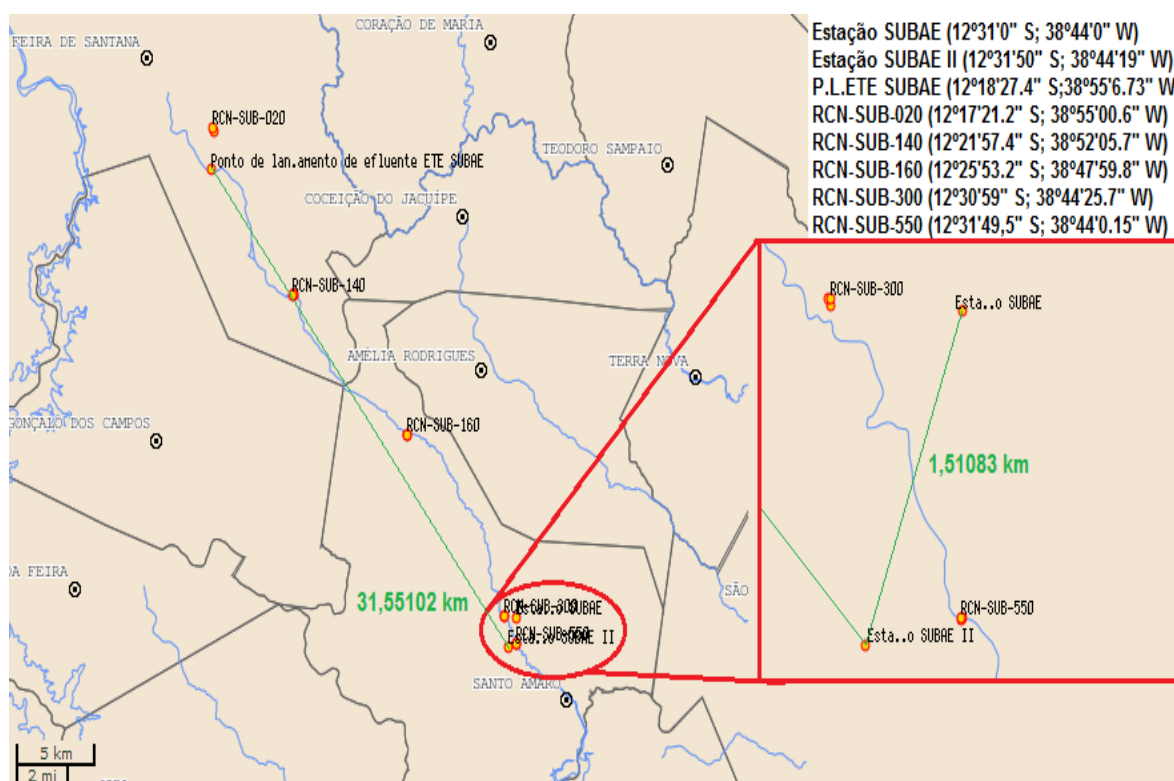
Dados secundários sobre a qualidade do Rio Subaé foram obtidos no site do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema), a partir de pontos de monitoramento localizados ao longo do rio, coletados para o ano de 2010. A tabela 1 apresenta a localização destes pontos de monitoramento.

**Tabela 1: Dados dos pontos de monitoramento.**

CÓDIGO	RIO	MUNICÍPIO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
			LATITUDE	LONGITUDE
RCN-SUB-020	Subaé	Feira de Santana	12° 17' 21,2" S	38° 55' 00,6" W
RCN-SUB-140	Subaé	Conceição do Jacuípe	12° 21' 57,4" S	38° 52' 05,7" W
RCN-SUB-160	Subaé	Amélia Rodrigues	12° 25' 53,2" S	38° 47' 59,8" W
RCN-SUB-300	Subaé	Santo Amaro	12° 30' 59" S	38° 44' 25,7" W
RCN-SUB-550	Subaé	Santo Amaro	12° 31' 45,9" S	38° 44' 01,5" W

Fonte: Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema) - Programa Monitora.

A figura 1 mostra a localização das estações fluviométricas, do ponto de lançamento do efluente tratado na ETE Subaé e dos pontos de monitoramento do Inema no cartograma. A locação das coordenadas foi realizada utilizando o [Sistema Georreferenciado de Gestão Ambiental \(GeoBahia\)](#), através do site do Inema.



**Figura 1: Localização das estações fluviométricas, do ponto de lançamento do efluente tratado na ETE Subaé e dos pontos de monitoramento do Inema.**

Para este estudo foram utilizados dados no ponto de monitoramento RCN-SUB-020, localizado no município de Feira de Santana.

A pegada hídrica cinza (PHC) da bacia do rio Subaé foi calculada a partir da aplicação do método proposto por Hoekstra et al. (2011), através da equação 1, onde é considerada a carga adicional de determinado poluente

e estimada a vazão (volume por tempo) para a diluição do poluente até que sua concentração retorne ao limite máximo estabelecido pela legislação para o corpo hídrico.

$$PHC = \frac{(Q_E \times C_E) - (Q_R \times C_R)}{C_{MAX} - C_{NAT}}$$

equação (1)

sendo:

$Q_E$  é a vazão do rio, em  $L s^{-1}$ ;

$C_E$  é a concentração do efluente, em  $mg L^{-1}$ ;

$Q_R$  é a vazão do rio, em  $L s^{-1}$ ;

$C_R$  é a concentração do rio, em  $mg L^{-1}$ ;

$C_{MAX}$  é a concentração máxima permitida pela legislação, em  $mg L^{-1}$ ;

$C_{NAT}$  é a concentração natural da água do rio, considerando que não houvesse interferência humana, em  $mg L^{-1}$ .

### Caracterização da área de estudo

O trecho analisado do rio Subaé é enquadrado em classe 2, cujo limite de DBO é  $5 mg L^{-1}$ , conforme estabelecido pela Resolução Conama 357/2005.

Na ETE Subaé não há medição da vazão do esgoto bruto nem do esgoto tratado. A vazão média de efluente lançado no Rio Subaé é de  $82 L s^{-1}$ , obtida a partir das seguintes informações: consumo per capita de água de  $120 L dia^{-1} hab^{-1}$  para Feira de Santana, coeficiente de retorno de 80%, taxa de habitação de 3,5 hab. economia<sup>1</sup>, 21.068 ligações de esgoto da ETE Subaé (Embasa, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A  $Q_{90\%}$  é a vazão de referência adotada para a outorga pelo Estado da Bahia, sendo a base para determinação da concessão do direito de uso das águas.

A curva de permanência indica que a vazão de permanência do Rio Subaé garantida em 90% do tempo é de  $0,05 m^3 s^{-1}$ , como apresentado na figura 2.

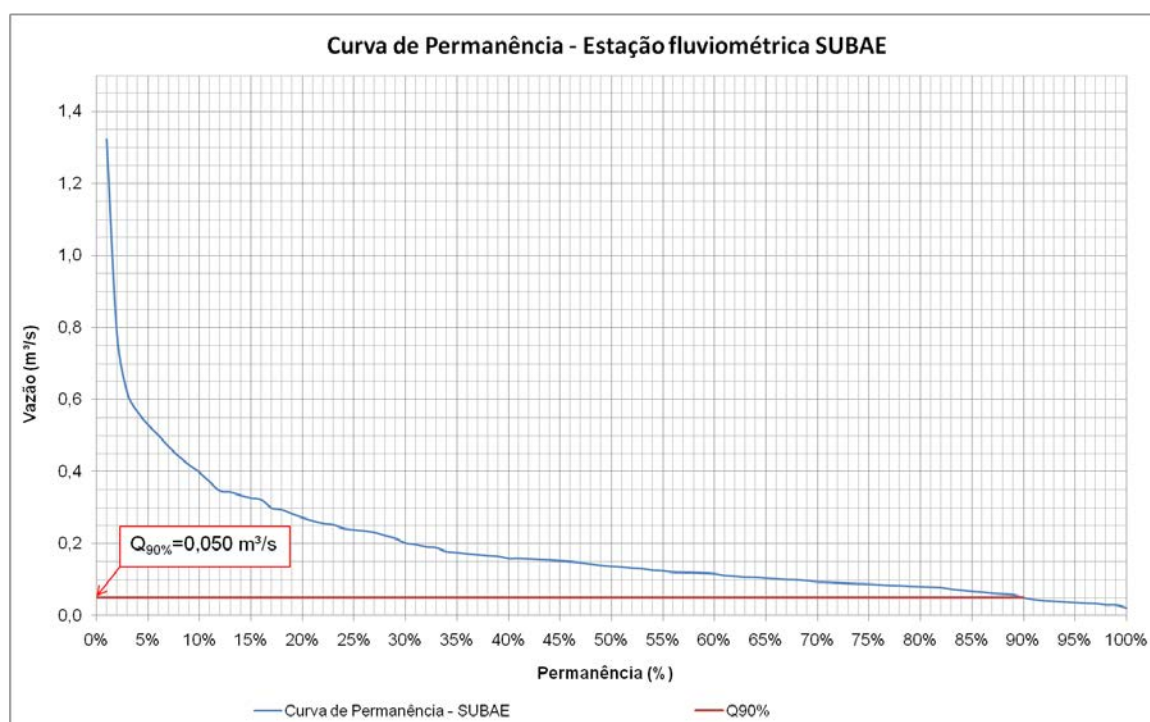


Figura 2: Curva de Permanência do rio Subaé a partir da estação fluviométrica SUBAE.

Os rios podem se recuperar do impacto causado pelo lançamento de poluentes, desde que respeitados alguns limites de tolerância e após um certo período de tempo. Uma situação típica é a poluição da água pelo lançamento de matéria orgânica com alta demanda bioquímica por oxigênio (DBO), como a que existe no esgoto doméstico (Collischonn & Tassi, 2008). Para o desenvolvimento deste estudo foi utilizada a DBO por ser o parâmetro de qualidade do efluente disponível.

A pegada hídrica cinza do SES da bacia do Subaé foi calculada para os diversos períodos analisados, considerando as vazões obtidas pelas curvas de permanências, os valores de DBO para o ponto de monitoramento RCN-SUB-020, que está a montante do ponto de lançamento do efluente, e os valores de DBO do efluente lançado para os meses informados. A pegada hídrica cinza final está apresentada na tabela 2.

**Tabela 2: Pegada Hídrica Cinza do Rio Subaé considerando a DBO do efluente lançado, a partir dos dados da estação fluviométrica SUBAE.**

PERÍODO	DADOS DO EFLUENTE DA ETE		DADOS DO RIO SUBAÉ		PHC* <sup>3</sup> (L.s <sup>-1</sup> )
	DBO <sup>1</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	Q <sub>E</sub> (L.s <sup>-1</sup> )	DBO <sup>2</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	Q <sub>R</sub> (L.s <sup>-1</sup> )	
Janeiro	16,0	82,0	1,00	50,0	315,2
Fevereiro	13,3	82,0	1,00	50,0	259,9
Março	15,3	82,0	1,00	50,0	300,9
Abril	30,5	82,0	1,00	50,0	612,2
Mai	19,4	82,0	1,00	50,0	384,9
Junho	14,2	82,0	1,00	50,0	278,3
Julho	17,1	82,0	1,00	50,0	337,7
PHCmédia (L.s <sup>-1</sup> )					355,6

<sup>1</sup> Embasa (2014).

<sup>2</sup> Programa Monitora. Inema (2010).

<sup>3</sup> Pegada Hídrica Cinza intermediária, considerando o aporte mensal.

Para os períodos analisados a pegada hídrica apresentou uma grande variação nos valores que vão de 278,3 L.s<sup>-1</sup> a 612,2 L.s<sup>-1</sup>. Em todos os períodos, a vazão em 90% do tempo não é suficiente para a diluição da carga lançada pela ETE Subaé, o que compromete a qualidade do rio.

Considerando a PHC média de 355,6 L.s<sup>-1</sup> seria necessária uma vazão sete vezes superior à vazão do rio. Observa-se que, para o parâmetro DBO, a diluição ocorrerá somente em um período de permanência de 11% do tempo.

A análise da pegada hídrica cinza considerou a concentração de DBO no momento do lançamento do efluente, no entanto o ponto crítico do ponto de vista do lançamento de esgoto no corpo hídrico não ocorre exatamente no momento do lançamento e sim após o início do processo de degradação, quando a quantidade de oxigênio dissolvido no meio aquático é reduzida. Este fenômeno é causado pela respiração de microorganismos envolvidos na depuração de esgotos e pode provocar a mortandade de peixes e a consequente redução da diversidade de espécies do ambiente local.

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Durante a permanência de 90% do tempo, a concentração de DBO está acima do permitido pela legislação;

A carga que é lançada no rio pela ETE só é capaz de ser diluída em um período de permanência de 11% do tempo;



Sugere-se a análise de outros parâmetros como Nitrogênio e Fósforo, bem como a utilização de uma amostra maior de dados das características do efluente da ETE Subaé para aumentar a confiabilidade do resultado obtido.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA – Agência Nacional de Águas. Dados hidrológicos. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em: 30 jul.2014.
2. Bahia. Instituto de Gestão das Águas e Clima. Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CONERH. Resolução CONERH nº 48, 2009.
3. Bahia. Superintendência Recursos Hídricos. Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CONERH. Instrução Normativa nº 1, 2007.
4. BRAGA, B.; HESPAÑHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. Introdução à Engenharia Ambiental. 2. Ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005. 305 p.
5. Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução CONAMA nº 357, 2005.
6. Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução CONAMA nº 430, 2011.
7. COLLISCHONN, W.; TASSI, R. Introduzindo hidrologia. Apostila IPH/UFRGS, 2008.
8. Embasa – Empresa Baiana de Águas e Saneamento.
9. EMPINOTTI, V.L. ; DIAS TADEU, N. ; RENATA DE SOUZA LEÃO, M. Análise crítica da pegada hídrica cinza na produção de celulose. Revista Ambiente e Agua, vol.8, p.166-177, 2013.
10. GeoBahia – [Sistema Georreferenciado de Gestão Ambiental](http://geobahia.inema.ba.gov.br/geobahia5/interface/openlayers.htm?96ph7sl39vc901i72cheq67pt2). Disponível em: <http://geobahia.inema.ba.gov.br/geobahia5/interface/openlayers.htm?96ph7sl39vc901i72cheq67pt2>. Acesso em: 29 ago.2014.
11. HOEKSTRA, A. Y. Human appropriation of natural capital: a comparison of ecological footprint and water footprint analysis. Ecological Economics, n. 68, p. 1963 – 1974, 2009.
12. HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K.; ALDAYA, M. M.; MEKONNEN, M. M. The water footprint assessment manual: setting the global standard. Washington DC: Earthscan, 2011. 224p.
13. Inema – Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Programa Monitora: Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas do Estado da Bahia. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/servicos/monitoramento/qualidade-dos-rios/relatorios-do-monitora/>. Acesso em: 01 ago.2014.
14. VON SPERLING, M. Princípios básicos do tratamento de esgotos. 1. ed. Belo Horizonte: UFMG, 1996. 211p.