

## INTEGRAÇÃO DE INFORMAÇÕES QUALI-QUANTITATIVAS COMO FERRAMENTA DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

Paulo Tarso Sanches de Oliveira<sup>1</sup>, Dulce Buchala Bicca Rodrigues<sup>2</sup>,  
Teodorico Alves Sobrinho<sup>3</sup> e Elói Panachuki<sup>4</sup>

**Resumo:** As curvas Total Maximum Daily Loads (TMDLs) possibilitam verificar a carga total máxima diária de poluentes que um corpo d'água em condições críticas pode depurar. Essas, juntamente com o diagnóstico da qualidade da água são ferramentas importantes no gerenciamento de recursos hídricos. Deste modo, objetivou-se a integração de informações quali-quantitativas para a elaboração de curvas TMDL referentes ao Rio Anhanduí, Campo Grande, MS. Utilizaram-se as vazões de permanência e os parâmetros de qualidade da água do rio que foram analisados nas proximidades da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do município. Verificou-se que a qualidade da água do Rio Anhanduí encontra-se em desacordo com os padrões de DBO<sub>5,20</sub>, fósforo total e coliformes totais estabelecidos para Classe 2, desde a montante do lançamento de efluentes da ETE. As curvas TMDL obtidas podem ser utilizadas para auxiliar o órgão ambiental no monitoramento e fiscalização da qualidade da água do Rio Anhanduí.

**Palavras-chave:** TMDLs. Regionalização de vazão. Vazões mínimas. Qualidade da água.

### 1 Introdução

A conservação quali-quantitativa dos cursos d'água é importante para a manutenção da continuidade dos serviços ambientais fornecidos por estes à sociedade, dada a variedade de usos consuntivos e não-consuntivos, além da capacidade auto-depurativa, capaz de assimilar os resíduos de atividades humanas. Nesse sentido, a conservação da integridade do ecossistema requer certo nível de vazão com aceitável qualidade da água (SMAKHTIN, 2001; GUPTA, 2008). Assim, é necessária a permanência de vazões mínimas que favoreçam o ecossistema aquático, as quais têm sido denominadas de vazões residuais, remanescentes, ambientais, ecológicas ou Environmental Flow Requirement (EFR) (BENETTI et al., 2003; THARME, 2003).

Atualmente existem mais de 200 métodos para obtenção da vazão ecológica, podendo ser agrupados em quatro categorias: padrões hidrológicos, métodos de avaliação hidráulica, métodos de simulação de habitat e metodologias holísticas (THARME, 2003; ARTHINGTON et al.,

2006). No contexto de metodologias para determinação facilitada das vazões ecológicas, a aplicação do método de padrões hidrológicos, na forma de vazões mínimas recorrentes, fornece indicação sobre alterações quali-quantitativas nos corpos d'água (ARTHINGTON et al., 2006).

O cálculo de vazões mínimas é fundamental para a instrução de processos de gestão de recursos hídricos relativos ao enquadramento, à outorga e à cobrança pelo uso da água, segundo prevêem as legislações federal e estaduais. Assim como ocorre em diferentes estados brasileiros, as vazões de referência adotadas para a outorga são valores geralmente oriundos de vazões representativas da curva de permanência de vazões, tais como Q<sub>50</sub>, Q<sub>90</sub>, Q<sub>95</sub> (CRUZ; TUCCI, 2008). Segundo Masih et al. (2009), a utilização de curvas de permanência é um processo simples e amplamente utilizado na gestão dos recursos hídricos.

O conhecimento da carga máxima de poluentes permitida para determinado curso d'água em distintos períodos é uma maneira eficaz de verificar o atendimento à

<sup>1</sup> E-mail: paulot@sc.usp.br

Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, SHS-EESC-USP, Caixa Postal 359, CEP 13560-970, São Carlos (SP).

<sup>2</sup> E-mail: dulce@sc.usp.br

<sup>3</sup> E-mail: teodorico.alves@ufms.br

<sup>4</sup> E-mail: eloip@uems.br

legislação. Essa prática é realizada em alguns países a partir de curvas Total Maximum Daily Loads (TMDLs) (HAVENS; SCHELSKE, 2001; BORSUK et al., 2002; KANG et al., 2006; STRINGFELLOW et al., 2009). Conforme Zhang e Yu (2008), a utilização de curvas de TMDL consiste de uma estratégia importante para atingir as metas de qualidade da água em gestão de bacias hidrográficas. Segundo Ogg e Keith (2002), as curvas TMDL ainda auxiliam na análise das fontes de poluição (pontual, difusa, natural ou antrópica) e na capacidade de assimilação do poluente bem como na implementação de medidas de controle.

Nos Estados Unidos da América, rios que demonstram maior propensão a degradação ambiental em longo prazo estão submetidos à regulamentação, especificando-se os padrões de qualidade da água em curvas TMDL (STRINGFELLOW et al., 2009). Exemplos de aplicação de TMDL de sedimentos, nutrientes, metais e pesticidas podem ser verificados na United States Environmental Protection Agency (U.S

EPA) (EPA, 2010). Segundo Kang et al. (2006), desde 1999, o Ministério do Meio Ambiente da República da Coréia exige que os governos locais desenvolvam curvas TMDL para cada um dos grandes rios do país. Apesar da aceitação e aplicação de curvas TMDL em vários países, no Brasil esta abordagem ainda é pouco desenvolvida no âmbito da gestão das águas.

Deste modo, objetivou-se a integração de informações quali-quantitativas para elaboração de curvas TMDL, com intuito de apresentar ferramentas que auxiliem o gerenciamento dos recursos hídricos.

## 2 Materiais e métodos

### 2.1 Área em estudo

O estudo foi realizado no Rio Anhanduí, tomando-se por base o ponto a montante do lançamento de efluentes da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Los Angeles.

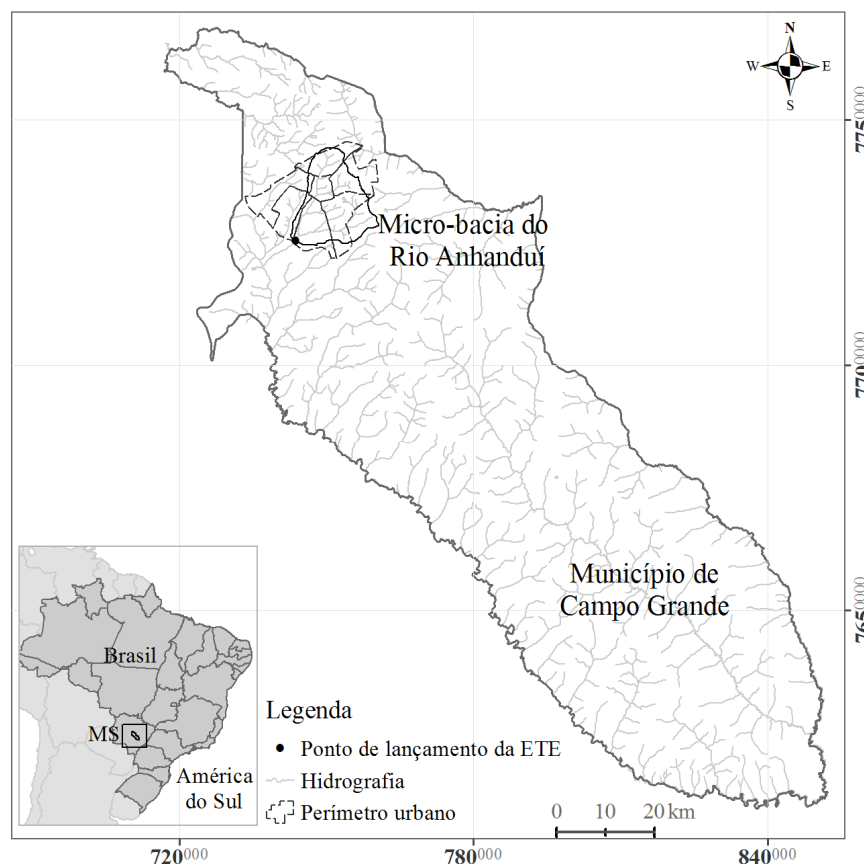


Figura 1 - Localização da área em estudo

O Rio Anhanduí está enquadrado oficialmente como Classe 2, uma vez que ainda não foram realizados estudos que subsidiassem o órgão ambiental estadual para o re-enquadramento do corpo d'água. A esse respeito à resolução CONAMA n. 357 (BRASIL, 2005) estabelece que: "Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas Classe 2, as salinas e salobras Classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente". Assim, as águas do Rio Anhanduí, como Classe 2, estão destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme a Resolução do CONAMA n. 274 (BRASIL, 2000); à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca.

A Agência Nacional de Águas (ANA) desenvolveu um estudo de estimativa das cargas de esgoto doméstico urbano dos municípios brasileiros e da capacidade de

assimilação dessas cargas pelos corpos d'água. A bacia hidrográfica do Rio Anhanduí foi enquadrada como área crítica juntamente com as bacias dos Rios Tietê e Piracicaba (São Paulo), Rio das Velhas e Rio Verde Grande (Minas Gerais), Rio Iguaçu (Paraná), Rio Meia Ponte (Goiás) e Rio dos Sinos (Rio Grande do Sul). De acordo com a ANA (2009), o problema está relacionado à alta carga orgânica associada à elevada densidade populacional das regiões metropolitanas.

## 2.2 Obtenção de vazões mínimas

Utilizou-se o critério de regionalização de vazão, pois, no local em estudo, não se dispunha de dados de séries históricas de vazão. Para tanto, foram utilizadas 5 estações fluviométricas, com período de dados consistidos superior a 10 anos, localizadas nos Rios Anhanduí e Anhanduizinho, Córregos Lontra e Santa Luzia. Os dados dessas estações são provenientes do Sistema de Informações Hidrológicas HydroWeb (ANA, 2010), cujas principais características estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1 - Principais características das estações fluviométricas**

Nome	Código- ANA	Rio	Área (km <sup>2</sup> )
Vau do Balsamo	63950010	Anhanduí	2580
Fazenda da Ponte	63950100	Anhanduí	3940
Fazenda da Divisa	63950250	Anhanduizinho	1524
Passagem Ribeirão Lontra	63950300	Lontra	2400
Fazenda Santa Luzia	63950150	SantaLuzia	423

As curvas de permanência foram obtidas conforme metodologia descrita em Tucci (2002; 2003), podendo ser descrita da seguinte forma, seleção da série de dados de vazões diárias a ser utilizada para a obtenção da curva permanência; definição de 50 intervalos de classe das vazões diárias; subdivisão dos intervalos de classe com base na escala logarítmica devido à grande variação de magnitude das vazões envolvidas; cálculo do intervalo de classe ( $\Delta X$ ) pela Equação 1.

$$\Delta X = \frac{[\ln(Q_{m\acute{a}x}) - \ln(Q_{m\acute{i}n})]}{50} \quad (1)$$

Onde,  
 $\Delta X$  é o intervalo de classe

$Q_{m\acute{a}x}$  é a vazão máxima da série;

$Q_{m\acute{i}n}$  é a vazão mínima da série.

Cálculo dos limites dos intervalos, a partir de  $Q_{m\acute{i}n}$ , adicionando o intervalo,  $\Delta X$ , calculado anteriormente, o que resulta na vazão do limite superior do intervalo  $i$ ,  $Q_{i+1}$  (Equação 2);

$$Q_{i+1} = \exp[\ln(Q_i) + \Delta X] \quad (2)$$

Determinação, com base nos dados de vazão da série histórica de cada estação fluviométrica, do número de vazões classificadas em cada intervalo; obtenção da frequência ( $f_i$ ) associada ao limite inferior de cada intervalo (Equação 3);

$$f_i = \frac{N_{qi}}{NT} * 100 \quad (3)$$

Onde,  
N<sub>qi</sub> é o número de vazões de cada intervalo  
NT é o número total de vazões.

### 2.3 Regionalização de vazões

A partir das curvas de permanência calculadas realizou-se a regionalização das vazões Q<sub>50</sub>, Q<sub>90</sub> e Q<sub>95</sub>. Assim, utilizou-se a metodologia tradicional de regionalização que envolve a definição prévia das regiões hidrologicamente homogêneas e a obtenção das equações que permitem associar a vazão com variáveis físicas e climáticas das bacias hidrográficas (TUCCI, 2002). No processo de regionalização de vazão utilizou-se o Sistema Computacional para a Regionalização de Vazões (SisCORV) (SOUZA, 2009).

Para a obtenção dos diversos modelos de equações de regionalização, são realizados processos de regressão linear múltipla e estimativa da variância do erro no software SisCORV. A utilização da regressão linear múltipla e a estimação dos parâmetros estatísticos permitem a obtenção das equações que caracterizam o comportamento hidrológico das bacias e a avaliação objetiva dos modelos identificando o mais adequado à situação em estudo (SOUZA, 2009).

A análise de regressão verifica como uma ou mais variáveis se relacionam, ou seja, como as variáveis independentes influenciam as variáveis dependentes. A função matemática que relaciona as variáveis é obtida conforme a Equação 4.

$$Q = F (X_1, X_2, X_3, X_4, \dots X_n) \quad (4)$$

Onde,  
Q é a vazão estimada,  
X é a variável independente,  
n é o número de variáveis independentes.

Os melhores modelos resultantes da aplicação da regressão múltipla foram selecionados, observando-se os maiores valores do coeficiente de determinação ajustado, menores valores de erro padrão e resultados significativos pelo teste F e teste t a 95% de significância.

Na obtenção da curva de permanência para o ponto em estudo (a montante do lançamento dos efluentes da ETE Los Angeles) utilizou-se a metodologia descrita em Tucci (2002; 2003). A regionalização da curva de permanência consiste na determinação dos coeficientes de cada posto e na regionalização dos parâmetros com base em valores da curva e das características físicas. Conforme Tucci (2002), o ajuste da curva a uma função exponencial geralmente apresenta resultados satisfatórios somente para a faixa dos pontos utilizados para seu ajuste (Equação 5).

$$Q = \exp (aP + b) \quad (5)$$

Onde,  
P é a permanência (0 a 1),  
a e b são obtidos a partir dos valores característicos da Q<sub>50</sub> e Q<sub>95</sub> (Equação 6 e 7).

$$a = -\frac{\ln\left(\frac{Q_{50}}{Q_{95}}\right)}{0,45} \quad (6)$$

$$b = \ln Q_{50} - 0,50 * a \quad (7)$$

### 2.4 Qualidade da água

Os dados mensais de qualidade da água a montante e a jusante do lançamento de efluentes da ETE Los Angeles foram obtidos junto a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano (SEMADUR) e referem-se ao ano de 2009. Esses dados foram comparados aos padrões estabelecidos pela legislação vigente.

### 2.5 Curvas TMDL

As curvas de permanência foram utilizadas para a obtenção das curvas de Total Maximum Daily Loads (TMDLs) referente a diferentes parâmetros de qualidade de água. Essas curvas foram obtidas pelo produto entre as vazões da curva de permanência e os padrões de qualidade de água definidos na resolução CONAMA n. 357 (BRASIL, 2005). Assim, os valores da abscissa são as permanências das vazões e os valores da ordenada são os

valores de carga medidos no ponto de amostragem. Então a curva limite representa a carga permitida, ou seja, a TMDL para cada medida de vazão. Deste modo, pode-se plotar valores de qualidade da água e vazão obtidas em todo o período de monitoramento, verificando assim o atendimento aos padrões de qualidade da água.

Como as informações obtidas de qualidade da água não contemplam dados de vazão do Rio Anhanduí, realizou-se apenas uma demonstração de como as curvas TMDL podem ser utilizadas pelo órgão ambiental na gestão dos recursos hídricos. Deste modo, utilizou-se informações do padrão de DBO<sub>5,20</sub>, fósforo total (ambiente lótico) e nitrato para Rio Classe 2 (BRASIL, 2005).

### 3 Resultados e discussão

#### 3.1 Curva de permanência

Os valores de permanência das vazões Q<sub>50</sub>, Q<sub>90</sub> e Q<sub>95</sub>, para cada uma das 5 estações fluviométricas estudadas estão apresentados na Tabela 2.

Na Tabela 3 são apresentados os modelos de regressão recomendados para representação das vazões correspondentes aos níveis de permanência de 50%, 90% e 95%. Verificou-se que o melhor modelo, para todos os níveis de permanência, foi o potencial, utilizando área de drenagem. Além disso, a região foi definida como sendo hidrologicamente homogênea, pois, se obteve valores adequados para todos os parâmetros avaliados.

**Tabela 2 - Vazões obtidas das curvas de permanência**

Permanência (%)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)				
	Vau do Balsamo	Fazenda da Ponte	Fazenda da Divisa	Passagem Ribeirão Lontra	Fazenda Santa Luzia
95	17,61	26,87	14,16	21,91	3,84
90	18,78	28,75	15,44	24,23	4,14
85	19,75	30,26	16,72	25,62	4,41
75	20,78	32,04	17,72	26,97	4,63
70	21,65	33,42	18,51	28,03	4,82
65	22,58	34,82	19,31	29,23	5,01
60	23,57	36,26	20,10	29,99	5,20
55	24,51	37,24	20,89	30,71	5,39
50	25,42	38,74	21,69	31,41	5,57

**Tabela 3 - Modelos de regressão recomendados para estimativa das vazões Q<sub>50</sub>, Q<sub>90</sub> e Q<sub>95</sub>**

Permanência (%)	Q <sub>50</sub>	Q <sub>90</sub>	Q <sub>95</sub>
Modelo potencial	Q <sub>50</sub> = 0,030164 A <sup>0,880235</sup>	Q <sub>90</sub> = 0,021535 A <sup>0,881517</sup>	Q <sub>95</sub> = 0,019325 A <sup>0,883776</sup>
R <sup>2</sup>	0,97034	0,96210	0,97265
R <sup>2</sup> ajustado	0,96045	0,94947	0,96353
Erro padrão	0,15246	0,17332	0,14683
Teste F (valor de p)	0,00219	0,00317	0,00194
Teste t(valor-P): Intercepto	0,01342	0,01484	0,00865
Teste t(valor-P): Área	0,00219	0,00317	0,00194

As equações de regionalização obtidas foram utilizadas para o cálculo dos valores de permanência para a seção em estudo. Assim, utilizando-se do valor de área da bacia na seção de estudo foi possível estimar as vazões de permanência e posteriormente realizar-se o cálculo dos coeficientes a e b da Equação 5 (Tabela 4).

Deste modo, a equação utilizada para regionalizar a curva de permanência na

seção de estudo pode ser escrita conforme Equação 8.

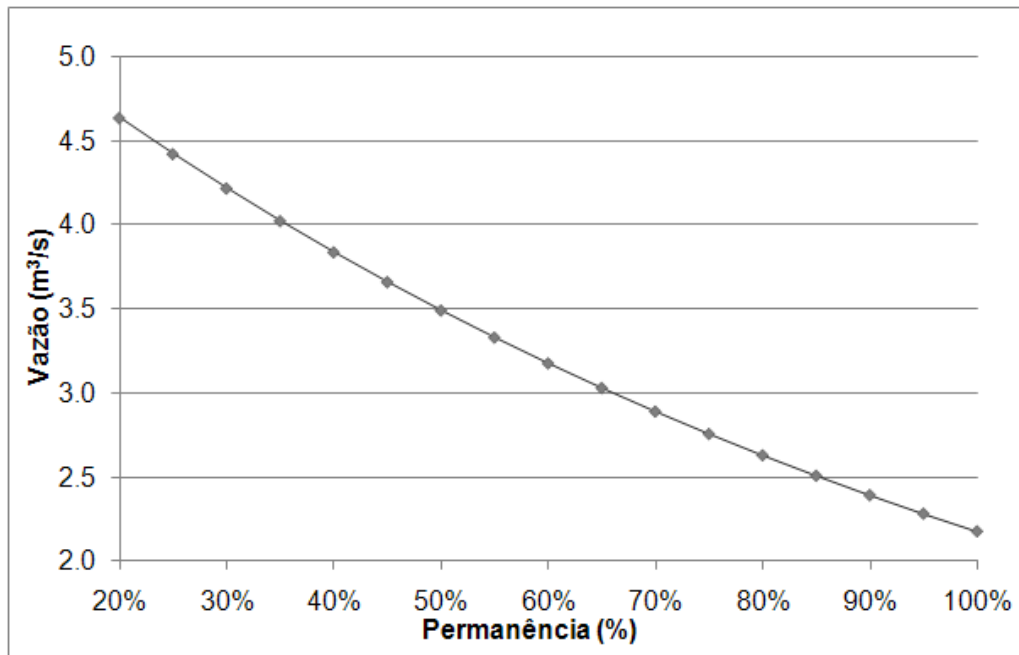
$$Q = \exp(-0,946968 P + 1,723830) \quad (8)$$

Onde P é a permanência (0 a 1).

A curva de permanência para a seção em estudo foi obtida variando os valores de permanência (P) da Equação 8 (Figura 2).

**Tabela 4 - Valores utilizados na obtenção da curva de permanência para seção em estudo**

Área (km <sup>2</sup> )	Q <sub>50</sub>	Q <sub>90</sub>	Q <sub>95</sub>	a	b
220,95	3,49	2,51	2,28	- 0,946968	1,723830



**Figura 2 - Curva de permanência da seção a montante do ponto de lançamento de efluentes da ETE Los Angeles**

### 3.2 Qualidade da água do Rio Anhanduí

O resumo estatístico dos parâmetros analisados, nos pontos de montante e jusante do lançamento de efluentes da ETE Los Angeles encontra-se apresentado na Tabela 5.

Nota-se que a qualidade da água do rio Anhanduí encontra-se degradada e que alguns parâmetros de qualidade da água não

se enquadram nos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n. 357 (BRASIL, 2005) para Classe 2, mesmo a montante do lançamento de efluentes da ETE Los Angeles. O sistema de tratamento dessa ETE é composto por tratamento preliminar e primário, sendo este último composto por 8 reatores Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB).

**Tabela 5 - Estatística descritiva dos parâmetros de qualidade da água do Rio Anhanduí**

Estatística	DBO <sub>5,20</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )		OD (mg/L O <sub>2</sub> )		SDT (mg/L)		Coliformes Totais (NMP/100 ml)		N. Total (mg/L N)		P. Total (mg/L P)	
	M	J	M	J	M	J	M	J	M	J	M	J
Mínimo	3,0	6	6,6	5,3	66	94	312000	1900000	1,00	1,38	0,13	0,37
Máximo	12,5	31	8,6	7,4	183	188	3690000	5200000	2,74	10,37	0,65	1,43
Coef. Variação	0,49	0,57	0,09	0,12	0,26	0,18	0,97	1,58	0,35	0,51	0,53	0,36
Média	5,8	12,5	7,1	6,3	142,6	156,6	965727	9112727	1,80	5,70	0,3	0,9
Mediana	4,8	10,3	6,9	6,4	164,0	169,0	725000	4300000	2,0	5,70	0,2	0,8
Desvio padrão	2,8	7,1	0,7	0,8	37,0	27,6	941242	14414582	0,60	2,90	0,2	0,3
Percentil												
10%	3,1	6,5	6,6	5,4	98,0	124,0	420000	2040000	1,10	2,90	0,2	0,5
90%	8,0	17,0	8,2	7,1	165,0	177,0	1280000	9600000	2,60	9,80	0,5	1,1

M: Montante e J: Jusante

Verificou-se que aproximadamente 45% dos dados de  $DBO_{5,20}$  de montante são superiores ao limite de 5 mg/L  $O_2$ . O valor máximo de  $DBO_{5,20}$  de montante foi de 12,5 mg/L, sendo esse valor superior ao padrão estabelecido para cursos d'água Classe 3. É possível verificar também que além deste elevado valor, foram obtidos outros em desacordo com a legislação conforme verificado na variação dos resultados (Tabela 5). Nos valores de  $DBO_{5,20}$  a jusante constata-se a influência do lançamento de efluentes da ETE, que proporcionam praticamente o dobro dos valores de montante.

Com relação ao oxigênio dissolvido (OD) verificou-se que o rio Anhanduí possui boa capacidade de reaeração, pois, os valores de OD mantêm-se dentro do padrão para Classe 2 a montante e a jusante do ponto de lançamento. Isso pode ser constatado em virtude do rio apresentar alta velocidade e pouca profundidade ocasionando melhor mistura e conseqüente maior reaeração. Os valores mínimos de OD nos pontos de montante e jusante foram de 6,6 e 5,3 mg/L  $O_2$  respectivamente. Ou seja, os valores de OD mantiveram-se dentro do padrão para Classe 2 mesmo com o lançamento de efluentes da ETE Los Angeles.

Os valores de fósforo total mantiveram-se acima dos padrões para Classe 2 a montante e a jusante do ponto de lançamento, assim, nota-se a influência do lançamento de efluentes da ETE (Tabela 5). Isso ocorre em virtude da elevada concentração de fósforo, característica dos esgotos domésticos e que não é removida no tratamento anaeróbio (CHERNICHARO, 2007). Assim, como no caso do fósforo, o tratamento anaeróbio não remove o nitrogênio, deste modo pode-se notar o aumento das concentrações de nitrogênio total a jusante do lançamento da ETE (Tabela 5).

Os dados de coliformes totais de montante e jusante apresentaram-se superiores ao padrão para Classe 2. Resultados semelhantes foram verificados por Rodrigues e Oliveira (2008) e Rodrigues et al. (2009), que constataram valores elevados de coliformes totais, de origem principalmente, de lançamentos de esgoto *in natura* em vários trechos do rio.

Os valores de sólidos dissolvidos totais (SDT) de montante e jusante

mantiveram-se abaixo do padrão estabelecido para Classe 2. Nota-se semelhança nos valores de montante e jusante deste parâmetro (valores médios de montante de 142,6 mg/L e 156 mg/L de jusante), isso em virtude de que uma das características do reator UASB é a baixa produção de sólidos (CHERNICHARO, 2007), assim, ocorre pequena influência do efluente da ETE a jusante.

### 3.3 Curvas TMDL

As curvas TMDL de  $DBO_{5,20}$ , fósforo total (ambiente lótico) e nitrato para o rio Anhanduí no ponto a montante do lançamento de efluentes da ETE Los Angeles estão apresentadas na Figura 3.

Para uma vazão  $Q_{60}$  igual a 3,18  $m^3/s$  (Figura 3), o valor da carga máxima permitida de  $DBO_{5,20}$  corresponde a 1,37 ton/dia equivalente a 6,21  $kg/km^2/dia$ . Assim, podem-se obter valores de TMDL para as diversas vazões de permanência, possibilitando avaliar a qualidade da água do rio nas vazões ao longo do ano. Além disso, é possível verificar as contribuições específicas por área, ou seja, podem-se avaliar cargas de poluição pontual e difusa.

As curvas TMDL são úteis no monitoramento, integrando informações quali-quantitativas da água, além de possibilitar analisar a carga total máxima diária permitida de poluentes em condições críticas do corpo d'água. Segundo Zhang e Yu (2008), condições críticas são importantes, pois descrevem os fatores que, quando combinados, podem causar o não atendimento de normas de qualidade da água.

As curvas TMDL obtidas podem auxiliar o órgão ambiental no monitoramento e fiscalização da qualidade da água do rio Anhanduí, quanto ao atendimento de padrões de qualidade de água definidos na resolução CONAMA n. 357 (BRASIL, 2005). Deste modo, é importante a realização de medições de vazão juntamente com as coletas de qualidade da água, pois, assim é possível inserir no gráfico os valores medidos dos diversos poluentes, o que propicia uma análise temporal do atendimento à legislação, analisando de forma quali-quantitativa a água do rio Anhanduí.

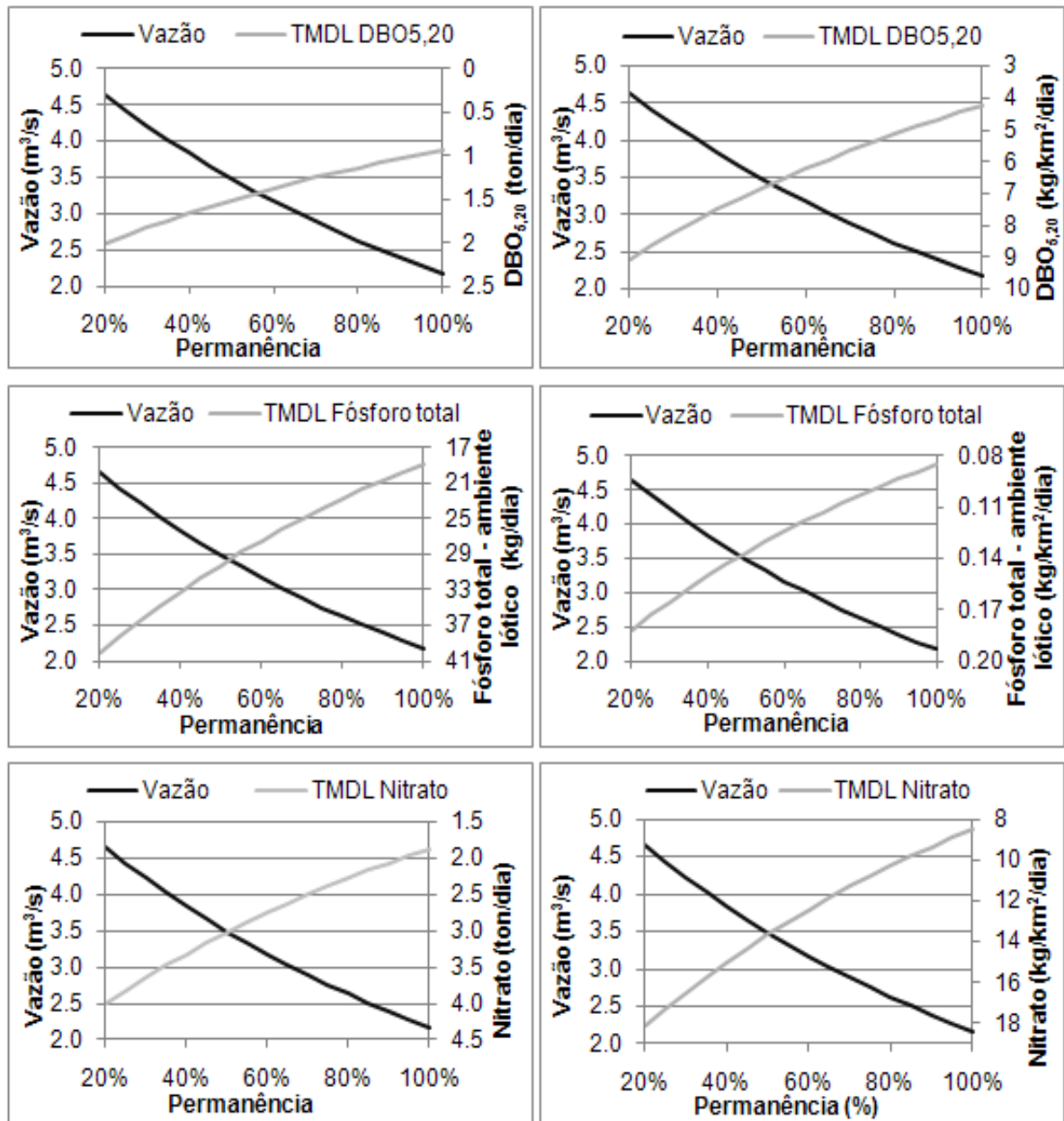


Figura 3 - Curvas TMDL

#### 4 Conclusões

As equações obtidas de regionalização das vazões  $Q_{50}$ ,  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  podem ser aplicadas na região hidrologicamente homogênea, determinada pela área drenagem das bacias hidrográficas de cada estação fluviométrica estudada.

A qualidade da água do rio Anhanduí encontra-se em desacordo com os padrões de  $DBO_{5,20}$ , fósforo total e coliformes totais estabelecidos para Classe 2, mesmo a

montante do lançamento de efluentes da ETE Los Angeles.

As curvas TMDL obtidas podem ser utilizadas para auxiliar o órgão ambiental no monitoramento e fiscalização da qualidade da água do rio Anhanduí, pois, possibilitam a análise da carga total máxima diária permitida de poluentes em condições críticas do corpo d'água. Além disso, a metodologia é simples e os resultados são facilmente aplicados, o que possibilita o uso prático no âmbito da gestão das águas.



## 5 Integration of quali-quantitative information as tool for water resources management

**Abstract:** *Total Maximum Daily Loads (TMDLs) are able to verify the total maximum daily load of pollutants allowed in a critical condition of a waterbody. TMDLs along with the water quality diagnosis are important tools in managing water resources. Thus, this work aimed to integrate qualitative and quantitative information for obtaining the TMDL curves for the Anhanduí River, Campo Grande, MS. The minimum stream flow, stream flow regionalization and water quality standards were used. Also, the water quality parameters of the river were analyzed near the Wastewater Treatment Plant (WWTP) of the city. The results showed that conditions of the Anhanduí river is unconfoming with the standards of BOD, total phosphorus and total coliform set for Class 2, from of the upstream of the WWTP. TMDL curves obtained may be used to assist the environmental agency monitoring and surveillance of water quality of Rio Anhanduí.*

**Key-words:** TMDLs. Stream flow regionalization. Minimum stream flow. Water quality.

## 6 Referências

ANA - Agência Nacional de Águas. **HidroWeb, Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 23 mar. 2010.

ANA - Agência Nacional de Águas. Qualidade das águas superficiais. In: **Conjuntura de Recursos Hídricos no Brasil 2009**. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/>>. Acesso em: 13 jul. 2009.

ARTHINGTON, A.H.; BUNN, S.E.; POFF, N.L.; NAIMAN, R.J. The challenge of providing environmental flow rules to sustain river ecosystems. **Ecological Applications**, v.16, n.4, p. 1311-1318, 2006.

BENETTI, A.D.; LANNA, A.E.; COBALCHINI, M.S. Metodologias para determinação de vazões ecológicas em rios. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.8 p.149-160, 2003.

BORSUK, M.; STOW, C.; RECKHOW, K.H. Predicting the frequency of water quality standard violations: a probabilistic approach for TMDL development. **Environmental Science & Technology**, v.36, n. 10, p.2109-2115, 2002.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 357**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento, bem com estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: 2005. Diário Oficial da União, 18 mar. 2005.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 274**. Revisa os critérios de Balneabilidade em Águas Brasileiras. Brasília: 2000. Diário Oficial da União, 8 jan. 2001.

CHERNICHARO, C.A.L. **Reatores anaeróbios**. 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia

Sanitária-UFMG, v. 5, 2007. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias).

CRUZ, J.C.; TUCCI, C.E.M. Estimativa da disponibilidade hídrica através da curva de permanência. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 1, p.111-124, 2008.

EPA - Environmental Protection Agency. **Impaired Waters and Total Maximum Daily Loads**. Disponível em: <<http://www.epa.gov/owow/tmdl/>>. Acesso em: 24 maio 2010.

GUPTA, A.D. Implication of environmental flows in river basin management. **Physics and Chemistry of the Earth**, v.33, p298-303, 2008.

HAVENS, K.E.; SCHELSKE, C.L. The importance of considering biological processes when setting total maximum daily loads (TMDL) for phosphorus in shallow lakes and reservoirs. **Environmental Pollution**, v.113, n.1, p.1-9, 2001.

KANG, M.S.; PARK, S.W.; LEE, J.J.; YOO, K.H. Applying SWAT for TMDL programs to a small watershed containing rice paddy fields. **Agricultural Water Management**, v.79, p.72-92, 2006.

MASIH, I.; AHMAD, M-U-D.; UHLENBROOK, S.; TURRAL, H.; KARIMI, P. Analysing streamflow variability and water allocation for sustainable management of water resources in the semi-arid Karkheh river basin, Iran. **Physics and Chemistry of the Earth**, v.34, n.4-5, p.329-340, 2009.

OGG, C.W.; KEITH, G.A. New federal support for priority watershed management needs. **Journal of the American Water Resources Association**, v.38, n.2, 2002.

RODRIGUES, D.B.B.; OLIVEIRA, P.T.S. Qualidade da água do rio Anhanduí, MS, nas proximidades de ETEs. In: VI SIMPÓSIO DE

ENGENHARIA AMBIENTAL. **Anais...** Serra Negra, 9p. 2008.

RODRIGUES, D.B.B.; OLIVEIRA, P.T.S.; GOMES, A.O.; CAVAZZANA, G.H.; IDE, C.N. Análise da qualidade da água de Rio Anhanduí – MS utilizando o modelo QUAL-UFGM. In: XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. **Anais...** Campo Grande, 14p., 2009.

SMAKHTIN, V.U. Low flow hydrology: a review. **Journal of Hydrology**, v.240, n.3, p.147-186, 2001.

SOUSA, H.T. **Sistema computacional para regionalização de vazões**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa, 86p, 2009.

STRINGFELLOW, W.; HERR, J.; LITTON, G.; BRUNELL, M.; BORGLIN, S.; HANLON, J.; CHEN, C.; GRAHAM, J.; BURKS, R.; DAHLGREN, R.; KENDALL, C.; BROWN, R.; QUINN, N. Investigation of river eutrophication as part of a low dissolved oxygen total maximum daily load implementation. **Water Science and Technology**, v.59, n.1, p.9-14, 2009.

THARME, R.E. A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. **River Research and Applications**, v.19, p.397-442, 2003.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia, ciência e aplicação**. 3ª ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 943p. 2003.

TUCCI, C.E.M. **Regionalização de Vazões**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 256p. 2002.

ZHANG, H.; YU, S. Critical flow-storm approach to total maximum daily load (TMDL) development: an analytical conceptual model. **Frontiers of Environmental Science & Engineering in China**, v.2, p.267-273, 2008.

## 7 Agradecimentos

Ao CNPq e a FUNDECT pelas bolsas concedidas. Os autores também gostariam de agradecer aos revisores anônimos pelas sugestões úteis.