

IV-018 - INFLUÊNCIA DA CARGA ORGÂNICA NA DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE REAERAÇÃO PELO MÉTODO DELTA APROXIMADO EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA

Cristiane Graepin⁽¹⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Mestre em Engenharia Ambiental na UFSM e Doutoranda em Engenharia Civil na UFSM.

Adriano Ricardo Kappes

Acadêmico do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental na UFSM.

Maria do Carmo Cauduro Gastaldini

Engenheira Civil pela UFSM, Mestre em Engenharia Civil - Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo (EESC/USP), Doutora em Engenharia Civil pela EESC/USP, e atualmente é professora titular na UFSM.

Débora Missio Bayer

Engenheira Civil pela UFSM, Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco, Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e atualmente é professora adjunta na UFSM.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Roraima, n. 1000 - Camobi – Santa Maria - RS - CEP: 97105-900 - Brasil - Tel: +55 (55) 3220-8423 - e-mail: crisgraepin@hotmail.com

RESUMO

A demanda por água doce de boa qualidade é uma das maiores necessidades humanas. A baixa disponibilidade de rede coletora e tratamento adequado dos efluentes é um dos fatores depreciadores da qualidade da água, principalmente em rios urbanos. Desta forma, pesquisas para a determinação de parâmetros que visam quantificar o processo de autodepuração dos rios, como a determinação do coeficiente de reaeração (k_2), se faz importante. O Método Delta, proposto por Chapra e Di Toro (1991), que, posteriormente, foi simplificado por McBride e Chapra (2005) para Método Delta Aproximado, propõe determinar o k_2 em rios através da variação da concentração de OD durante o fotoperíodo. O presente estudo teve como propósito analisar a influência da carga orgânica na viabilidade de aplicação do Método Delta Aproximado na determinação do k_2 em rios de bacias hidrográficas urbanas. As seções fluviométricas estudadas estão localizadas no Arroio Cancela-Tamandaí (bacia do Arroio Cancela-Tamandaí) e no Arroio João Goulart (bacia João Goulart), ambas localizadas na região central do Rio Grande do Sul. Além da carga orgânica também foram analisadas as características hidrodinâmicas destes rios. Na bacia Cancela-Tamandaí não foi possível calcular o k_2 devido à ausência de um perfil adequado na concentração de OD durante o fotoperíodo, esta bacia também apresentou maiores valores de carga orgânica, evidenciados pela concentração de DBO. Por sua vez, a bacia João Goulart viabilizou o cálculo do k_2 por possuir perfil adequado da variação de OD durante o fotoperíodo, apresentando também menores valores de carga orgânica, de acordo com a sua DBO.

PALAVRAS-CHAVE: Coeficiente de Reaeração, Método Delta Aproximado, Matéria Orgânica.

INTRODUÇÃO

A água faz parte das necessidades de sobrevivência do ser humano, desde a execução de atividades econômicas, higiene, até a sua própria subsistência. No entanto, o crescimento desordenado das cidades ocasionado pelo êxodo rural, vem acelerando o processo de deterioração dos recursos hídricos, devido à precariedade do saneamento urbano.

As dificuldades que o Brasil enfrenta no setor de saneamento refletem-se acentuadamente na qualidade da água. A ineficiência na área de saneamento ocasiona um elevado lançamento de cargas poluidoras nos cursos d'água, como o esgoto doméstico, e a disposição de resíduos sólidos (IBGE, 2011).

O aporte de matéria orgânica em corpos d'água resulta, de forma indireta, no consumo de oxigênio dissolvido (OD) no processo de autodepuração. Sendo este um processo de estabilização da matéria orgânica, realizado por bactérias decompositoras que utilizam o OD do meio líquido para a sua respiração. O consumo elevado do OD traz inúmeros inconvenientes do ponto de vista ambiental, como por exemplo, as perdas do ecossistema aquático. Assim, a caracterização do processo de produção de oxigênio é essencial no balanço de OD de um curso d'água. A reaeração atmosférica é a principal fonte de oxigênio no meio, seguido da produção fotossintética.

A produção de oxigênio pode ser estimada por meio do coeficiente de reaeração (k_2). O k_2 pode ser determinado por equações empíricas ou métodos experimentais. As equações empíricas são imprecisas, e os métodos experimentais são caros, demorados e necessitam de uma equipe numerosa de trabalho para a execução. Dessa forma, McBride e Chapra (2005) desenvolveram o Método Delta Aproximado, que apesar de ser considerado um método experimental, não apresenta as desvantagens anteriormente descritas.

Para desenvolver o Método Delta Aproximado, McBride e Chapra (2005) basearam-se no Método Delta proposto por Chapra e Di Toro (1991). O Método Delta Aproximado baseia-se na estimativa de reaeração superficial, produção primária e respiração, basicamente por meio de medições diurnas da concentração de OD. Ambos os métodos mostram que tanto o oxigênio mínimo quanto o máximo ocorrem durante o fotoperíodo. O valor mínimo de OD ocorre entre o nascer e o meio-dia solar, e o máximo entre o meio-dia solar e o pôr do sol, sendo esse o comportamento do perfil adequado de OD para a aplicação do método. A determinação do k_2 é função apenas do tempo entre o mínimo déficit de OD e o meio-dia solar e do comprimento do fotoperíodo, independentemente da taxa de produção primária e respiração.

O Método Delta Aproximado é considerado de fácil aplicação e baixo custo, porém possui a desvantagem de ser sensível, principalmente quanto às condições meteorológicas e características particulares dos rios (como exemplo as características hidrodinâmicas e carga orgânica). Tais fatores podem influenciar na aplicabilidade do método. Sendo assim, o objetivo desse estudo foi analisar a influência da carga orgânica na viabilidade de aplicação do Método Delta Aproximado para determinar o k_2 em rios de bacias hidrográficas urbanas, na cidade de Santa Maria-RS.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em duas seções fluviométricas, ambas localizadas na região central do Rio Grande do Sul. A primeira seção está localizada na bacia do Arroio Cancela-Tamandaí, e está situada no perímetro urbano do município de Santa Maria. O Arroio Cancela-Tamandaí é um afluente do Arroio Cadena, pertencente à bacia do Rio Vacacai. O exutório da bacia, e seção em estudo, encontram-se na coordenada geográfica 53°47'11" de longitude oeste e 29°42'07" de latitude sul. A área de drenagem até a seção em estudo é de 2,7 km², conforme a figura 1.

A segunda seção em estudo está situada na bacia João Goulart, que pertence à bacia hidrográfica do Rio Vacacai-Mirim. A seção fluviométrica estudada, e exutório da bacia, está localizada na coordenada geográfica 29°41'26" de latitude Sul e 53°46'5" de longitude Oeste. A bacia localiza-se nos municípios de Itaara e Santa Maria, abrangendo uma área de drenagem de 36,17 km². Nesta bacia está inserido o reservatório de captação de água para abastecimento público da Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN). Desta maneira, as vazões a jusante do reservatório possuem a interferência do processo de extravasamento pelo vertedor do reservatório. Assim a área de drenagem da bacia é variável, quando não há extravasamento de água pelo vertedor a área passa a ser 5,47 km² (Figura 2). Quanto ao uso e ocupação do solo na bacia, há pouca presença de urbanização, seu maior uso e ocupação é a vegetação arbórea.

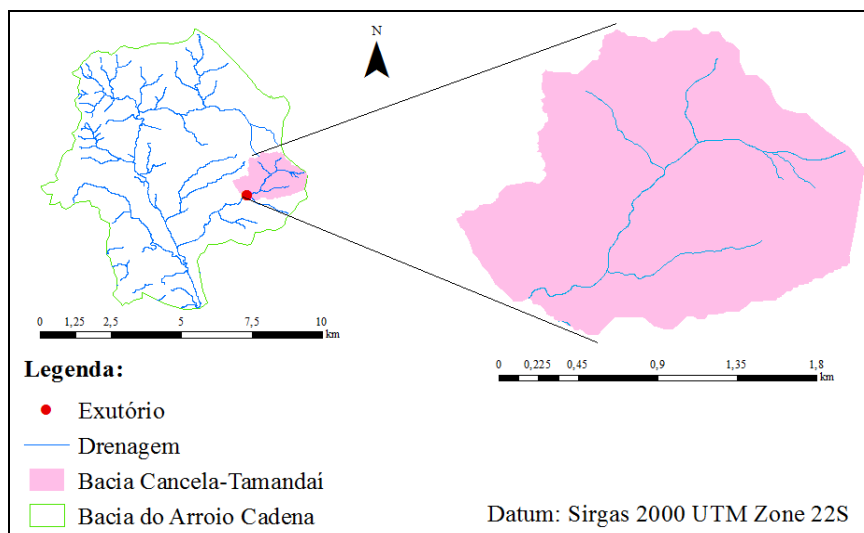


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica Cancela-Tamandaí

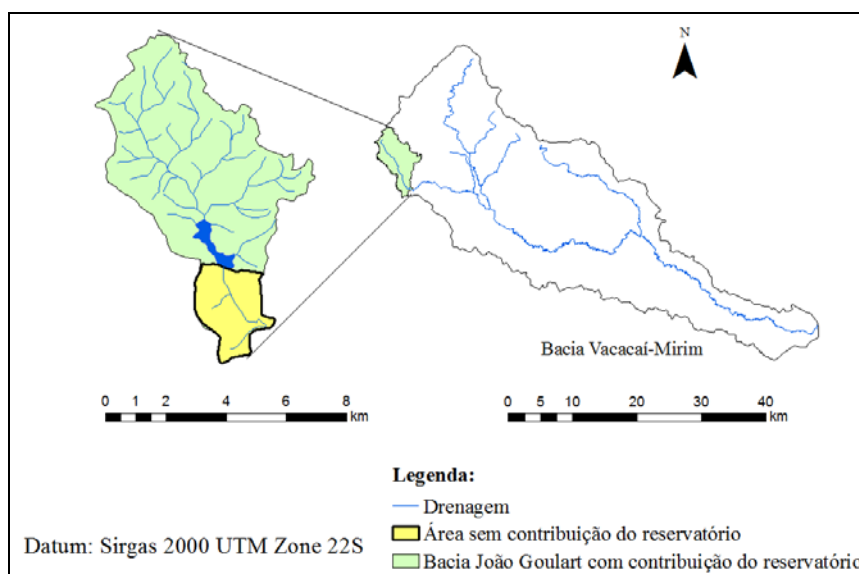


Figura 2 – Localização da bacia hidrográfica João Goulart

A carga orgânica presente na seção fluviométrica estudada foi caracterizada por meio da análise de demanda bioquímica de oxigênio (DBO). O procedimento empregado para a determinação da DBO seguiu o descrito no Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater (APHA, 2012). Utilizou-se a metodologia analítica de Winkler, com limite de detecção de 0,1 mg/L.

Foram realizadas duas campanhas de medição em cada seção fluviométrica, nas quais foi registrado o perfil de OD durante o fotoperíodo, a vazão, profundidade média e velocidade média. O perfil de OD foi monitorado com a obtenção da concentração de OD a cada 15 minutos, por meio de um oxímetro, marca YSI Model 58.

As características hidrodinâmicas, vazão (Q), profundidade média ($P_{\text{média}}$) e velocidade média ($v_{\text{média}}$), em ambas as seções fluviométricas foram determinadas por meio de curva-chave. Na seção fluviométrica da bacia Cancela-Tamandaí os valores de vazão foram obtidos pela curva-chave proposta por Santos (2014), e na bacia João Goulart utilizou-se a curva-chave da vazão proposta por Teixeira (2015). Cabe salientar que as curvas-chave para profundidade média e velocidade média, em ambas as seções estudadas, foram obtidas a partir dos resultados de monitoramento feitos por Santos (2014) e Teixeira (2015).

Os valores das cotas (H) foram obtidos na seção fluviométrica das bacias por meio de um equipamento que registra os valores das cotas diárias (Thalimedes marca OTT Hydrometrie).

A duração do fotoperíodo e o horário do meio dia solar, necessários para calcular o k_2 através do Método Delta Aproximado, foram obtidos na estação meteorológica pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia (8º DISME) do Ministério da Agricultura (Instituto Nacional de Meteorologia - INMET), localizada na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Para a determinação do k_2 o perfil de OD deve obedecer á curva proposta por McBride e Chapra (2005). Esta curva mostra que tanto o oxigênio mínimo quanto o máximo ocorrem durante o fotoperíodo, sendo o mínimo entre o nascer do sol e o meio-dia solar, e o máximo entre o meio-dia solar e o pôr do sol. O k_2 é calculado pela equação 1,

$$k_2 = (7,5 \cdot ((5,3 \cdot \eta - \Phi)/(\eta \cdot \Phi))^{0,85}) \quad (1)$$

sendo k_2 o coeficiente de reaeração (d^{-1}); Φ o tempo entre o mínimo déficit de OD e o meio-dia solar (horas) dado por $\Phi = t_{\min} - (f/2)$, em que f corresponde a duração do fotoperíodo (horas) e t_{\min} é o tempo em que ocorre o mínimo déficit de OD; e η o fator de correção do fotoperíodo (adimensional), tal que $\eta = (f/14)^{0,75}$.

RESULTADOS

Os resultados apresentados a seguir referem-se à carga orgânica, características hidrodinâmicas e k_2 , parâmetros analisados nas seções fluviométricas estudadas. Utilizar-se-á o nome da bacia hidrográfica para indicar a seção fluviométrica. A Tabela 1 apresenta os resultados das determinações de DBO realizadas nas seções de monitoramentos das bacias. Observa-se que a bacia Cancela-Tamandaí possui maior valor de DBO que a bacia João Goulart.

Tabela 1 – Resultados das determinações de DBO

Bacia hidrográfica	DBO (mg/L)
Cancela-Tamandaí	21,0
João Goulart	5,0

As figuras 3 e 4 apresentam os perfis de OD monitorados nas campanhas de medição em 04/11/2014 e em 08/12/2015, respectivamente, na bacia Cancela-Tamandaí. Observa-se que os perfis não obedeceram ao que foi proposto por McBride e Chapra (2005), havendo apenas o declínio da concentração de OD. As figuras 5 e 6 apresentam os perfis monitorados na bacia João Goulart, nos dias 16/06/2015 e 15/09/2015, que apresentaram um perfil adequado para aplicação do método.

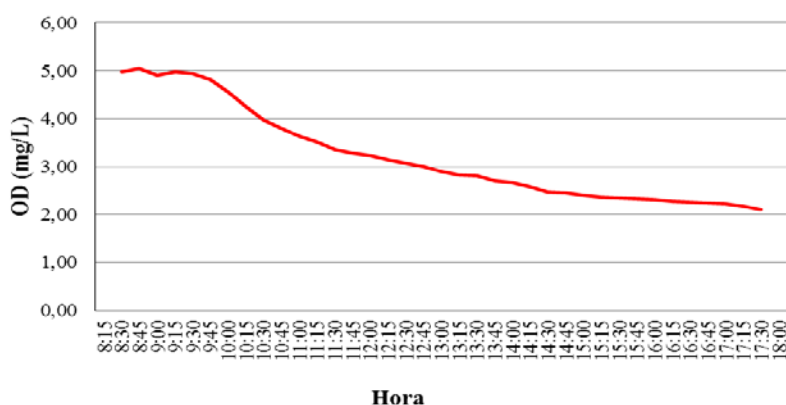


Figura 3 – Perfil de OD na campanha 04/11/2014 bacia Cancela-Tamandaí

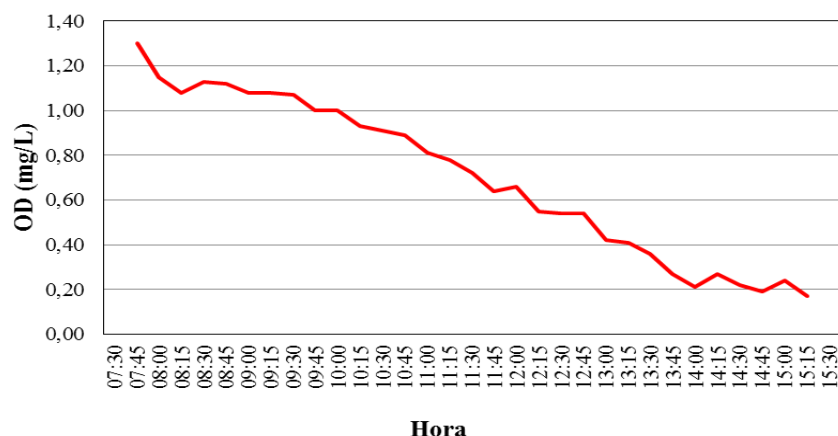


Figura 4 – Perfil de OD na campanha 08/12/2014 na bacia Cancela-Tamandaí

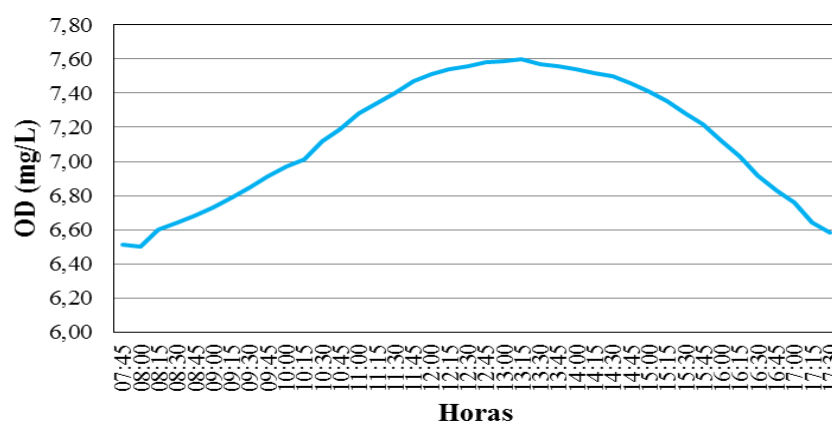


Figura 5 – Perfil de OD na campanha 16/06/2015 na bacia João Goulart

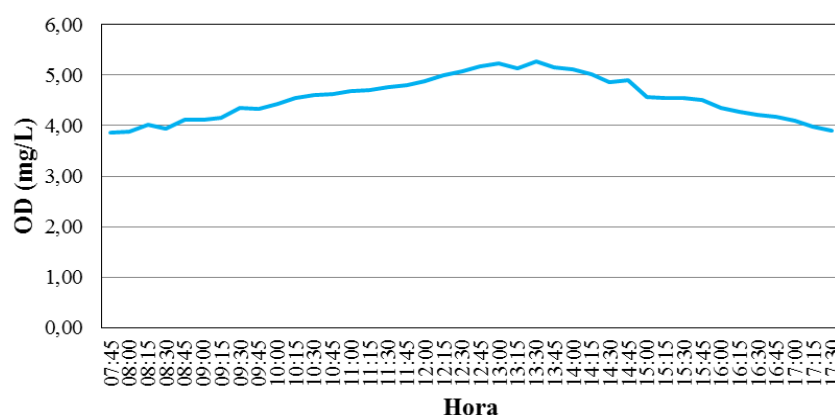


Figura 6 – Perfil de OD na campanha 15/09/2015 na bacia João Goulart

O Arroio Cancela-Tamandaí recebe grande parte do esgotamento cloacal e pluvial dos arredores, contribuindo para a degradação da qualidade da água (SANTOS, 2014), como se observa na Tabela 1, há uma elevada concentração de DBO. Devido a esse aporte de matéria orgânica no meio, o OD apenas decresceu, não havendo formação do perfil de OD necessário para aplicação do Método Delta Aproximado. Assim, não foi possível determinar o k_2 (Tabela 2) nesta seção fluviométrica.

Tabela 2 – Valores de Q e k_2 nas bacias estudadas

Data	Bacia Hidrográfica	Q (m ³ /s)	P _{média} (m)	v _{média} (m/s)	k ₂ (d ⁻¹)
04/11/2014	Cancela-Tamandaí	0,19	0,23	0,25	Sem perfil adequado
08/12/2014	Cancela-Tamandaí	0,09	0,13	0,21	Sem perfil adequado
16/06/2015	João Goulart	0,50	0,31	0,30	38,1
15/09/2015	João Goulart	0,06	0,12	0,15	25,0

Legenda: Q – vazão; P_{média} – profundidade média; v_{média} – velocidade média.

Na bacia João Goulart foi possível determinar o k_2 . Esta bacia possui alguns pontos de lançamento de esgoto, no entanto, as concentrações de DBO (Tabela 1) indicam que em quantidade inferior quando comparado com a bacia Cancela-Tamandaí.

Os valores dos parâmetros k_2 determinados para a seção fluviométrica na bacia João Goulart tiveram influência das características hidrodinâmicas, como pode ser observado na Tabela 2. Nota-se que o valor do coeficiente teve um aumento com o aumento das características hidrodinâmicas. Esta variação das características hidrodinâmicas nesta seção pode ser associada a presença/ausência de contribuição do reservatório da CORSAN, presente na área de drenagem bacia João Goulart. Na campanha 16/06/2015 houve presença de contribuição, e na campanha 15/09/2015 ausência.

Os resultados indicam evidências de limitação de aplicação do Método Delta Aproximado para locais com grande presença de descarga de efluentes domésticos. Este comportamento também foi verificado por Ávila (2014), que observou distorções nos perfis de OD na bacia Vacacaí-Mirim, com consequente variação nos valores do k_2 em pontos afetados por descargas de esgoto, e resultados coerentes em locais com baixo aporte de esgoto.

CONCLUSÕES

A presença de matéria orgânica, proveniente das descargas de esgotos a montante da seção de monitoramento inviabilizou a aplicação do Método Delta Aproximado na bacia Cancela-Tamandaí, devido à ausência de um perfil de OD adequado. Recomenda-se a utilização de outros métodos de determinação do k_2 em pontos de monitoramento com essas condições, a fim de se obter resultados uniformes e coerentes.

Na bacia João Goulart foi possível determinar o k_2 . Obteve-se os valores de 38,1 e 25,0 d⁻¹, tais valores tiveram influência das características hidrodinâmicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA – American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22 nd.ed. Washington: APHA-AWWA-WEF, 2012.
2. ÁVILA, L. C. **Modelagem da qualidade da água utilizando coeficientes bibliográficos e experimentais – aplicação ao Rio Vacacaí-Mirim**. 2014. 99 f. Dissertação de mestrado. (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
3. CHAPRA, S. C.; DI TORO, D. M. Delta Method for estimating primary production, respiration, and reaeration in streams. **Journal of Environmental Engineering**, v. 117, n. 5, p. 640-655, 1991.
4. IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Atlas de Saneamento 2011**, Rio de Janeiro, 268 p., 2011.
5. MCBRIDE, G. B.; CHAPRA, S. C. Rapid Calculation of Oxygen in Streams: Approximate Delta Method, **Journal of Environmental Engineering**, v. 131, n. 3, p. 336-342, 2005.
6. SANTOS, S. A. **Carga poluidora difusa na água e nos sedimentos de bacia do Arroio Cadena – Santa Maria/RS**. 2014. 176 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.