PROPOSTA DE MODELO ADAPTADO DE STREETER-PHELPS COMO FERRAMENTA PARA REDUÇÃO DE POLUIÇÃO DIFUSA

Felippe Conde Derre
Engenheiro Civil graduado pela UNICID – Universidade Cidade de São Paulo, atuando há quatro anos com gerenciamento de obras civis e metodologias Lean Construction. Interlocutor Ambiental AQUA-HQE, com ênfase em execução de projetos sustentáveis.
Alana do Desterro Ferreira
Engenheira Civil graduada pela UNICID - Universidade Cidade de São Paulo e Técnica de Edificações formada pelo SENAI, com experiência de mais de dois anos na área de Saneamento Básico e em gerenciamento de obras municipais em áreas de mananciais de São Paulo.
Bianca Noberto de Castro
Engenheira Civil graduada pela UNICID – Universidade Cidade de São Paulo, atuante há três anos no desenvolvimento de projetos e estudos de modelagem hidráulica para redes de distribuição de água e sistemas de esgotamento sanitário.
Gabriele Silva Andrade
Engenheira Civil graduada pela UNICID - Universidade Cidade de São Paulo, atuante a mais de dois anos na área de Projetos Técnicos de Saneamento executados em QGIS e BIM.
Maurício Costa Cabral da Silva
Professor universitário, Engenheiro Civil e Mestre em Saneamento pela Poli-USP com mais de vinte anos de experiência em dimensionamento e projetos de ETAs e ETEs. Consultor em Sistemas de tratamento de efluentes com tecnologias tradicionais de processos físico-químico e Lodos Ativados e sistemas avançados de membranas de micro e ultrafiltração, osmose e MBR.

Endereço: Rua Jacuípe, 411 – Vila Guilhermina – São Paulo – SP – CEP: 03543-120 – Brasil – Tel: +55 (11) 97591-4860 – e-mail: fderre@ymail.com

RESUMO

O desenvolvimento dos sistemas de drenagem urbana é uma pauta importante para o planejamento sustentável das cidades. Seguindo o histórico de países desenvolvidos, além do controle quantitativo das águas pluviais para evitar alagamentos e enchentes, é preciso desenvolver métodos para realizar o controle qualitativo destas águas, visto que, podem acarretar problemas de saúde pública e a contaminação de mananciais importantes para o abastecimento e conservação de patrimônio ambiental.

Tendo em vista a dificuldade em controlar e quantificar as cargas de poluição difusa, o objetivo deste artigo é desenvolver uma ferramenta para auxiliar a análise e processo de tomada de decisões recorrendo ao método prático de autodepuração, baseado no modelo matemático de Streeter-Phelps, para simular como estas cargas se comportam, visando dimensionar um canal paralelo ao curso que irá receber esta contribuição pluvial e assim, atenuar o aporte da carga poluidora proveniente a ela.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição Difusa, Autodepuração, Drenagem Urbana**.**

INTRODUÇÃO

No sistema separador absoluto, criado por George Waring em 1879 e popularizado no Brasil através dos Planos de Melhoramentos Urbanos propostos por Saturnino de Brito (PICCINATO JUNIOR, 2020), as águas residuárias e as águas de infiltração veiculam em sistemas independentes, não havendo o contato entre os efluentes. Águas captadas pelo sistema de esgoto são levadas a uma estação de tratamento (ETE) antes de serem descarregadas nos corpos hídricos, enquanto as provenientes do sistema de drenagem são descarregadas diretamente. Este sistema tornou-se o principal modelo adotado no país, principalmente devido às suas vantagens econômicas de implantação. Entretanto, águas pluviais podem apresentar cargas de contaminação por vezes superiores às de efluentes com pouco tratamento, representando um risco ambiental de poluição aos corpos hídricos e, como destacam Novaes e Cordeiro Netto (2018, p.01), no Brasil este tema não recebe a devida atenção à altura dos desafios que apresenta.

As cargas contaminadoras representam quantidades e espécies de poluentes provenientes das atividades naturais e antrópicas que ocorrem na área de contribuição de uma bacia hidrográfica, chegando aos corpos hídricos de forma intermitente e associada a eventos de precipitação. Não é possível atribuir uma origem específica à essas cargas, pois elas são variáveis de acordo com o tipo e grau de ocupação das áreas urbanas, agrícolas ou industriais, dessa forma, classificam-se como cargas difusas.

Tendo em vista este contexto, é presumível que a carga poluidora presente no leito urbano é arrastada pelo escoamento superficial, evidenciando que o sistema de drenagem atual contribui com a poluição dos corpos hídricos. É nesse cenário que se insere este artigo, cujos objetivos e metodologias serão apresentadas a seguir.

OBJETIVOS

- Incorporar ao modelo de Cálculo de Autodepuração de Streeter-Phelps índices que possam estimar as cargas de poluição difusas;
- Elaborar uma ferramenta gráfica em Excel que possa auxiliar o processo de tomada de decisões para a implantação de medidas de autodepuração em canal fora do corpo receptor;
- Verificar as configurações mais eficientes para otimizar o processo de autodepuração pelo modelo proposto;
- Simular um canal artificial em paralelo ao corpo hídrico receptor das águas pluviais com extensão suficiente a ser definida pelo tomador de decisão para minimizar os impactos da poluição difusa para uma dada chuva de projeto.

METODOLOGIAS UTILIZADAS

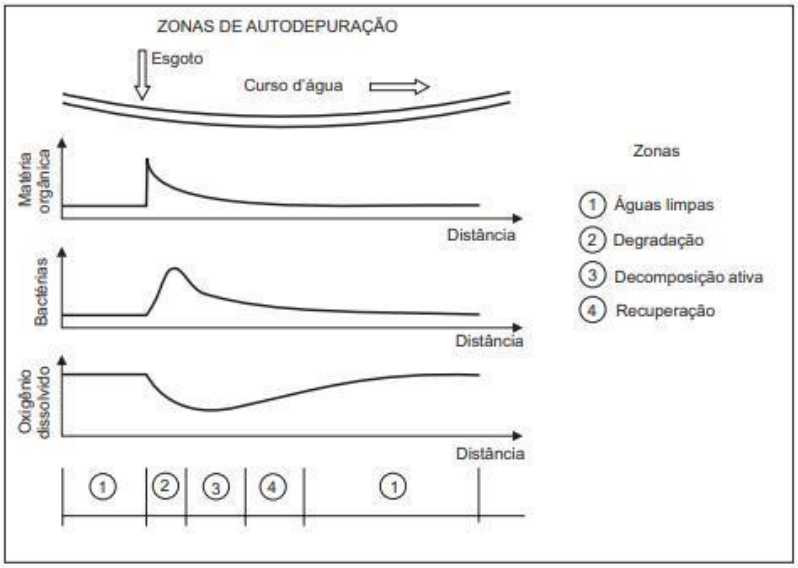
A coleta de dados para a simulação do modelo foi realizada com o acesso às informações presentes na base do sistema SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) e de órgãos específicos do Estado de São Paulo: DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) e CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). O método prático para o estudo de caso foi desenvolvido aplicando ao modelo matemático de Streeter-Phelps índices de cargas de poluição difusas do sistema MQUAL, desenvolvido pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Von Sperling (2005) define a autodepuração como um processo de sucessão ecológica, ou seja, ocorrem adaptações graduais até que o ecossistema atinja o equilíbrio. De forma categórica, é possível classificar os estágios dessa sucessão em quatro zonas, chamadas de Zonas de Autodepuração, verificadas na Figura 1.

Em 1925, os pesquisadores americanos Harold Warner Streeter e Earle Bernard Phelps desenvolveram um estudo para o Rio Ohio, avaliando a efetividade do processo de autodepuração observando dois fatores principais, a oxidação da matéria orgânica e a dinâmica de reaeração (BEZERRA, 2008). A estrutura das modelações matemáticas propostas neste estudo se tornou renomada no âmbito da Engenharia Ambiental, servindo como base para inúmeros modelos que a sucederam (VON SPERLING, 2005).

Figura 1 – Zonas de Autodepuração



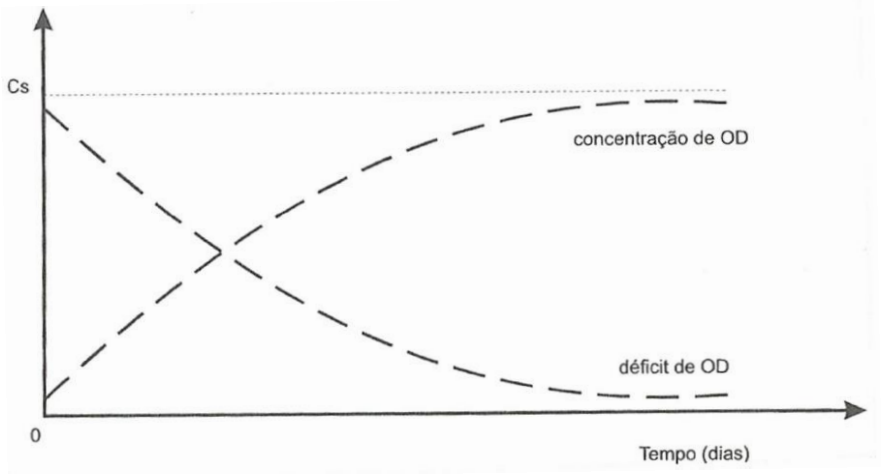
Fonte: Von Sperling (2005)

O Modelo de Streeter-Phelps permite analisar parâmetros ao longo do tempo, ou distância se adotada uma velocidade média, dessa forma, são introduzidos os conceitos de Cinética da Desoxigenação e Cinética da Reaeração. O principal efeito da poluição orgânica em um curso d'água é a queda da quantidade de oxigênio dissolvido, que está diretamente associada a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

Para aplicação do modelo algumas informações de entrada, além da concentração de DBO do efluente, são requeridas. É necessário determinar as condições físicas e químicas iniciais do rio, além de estabelecer os coeficientes de oxigenação e reaeração, bem como as dimensões hidráulicas do corpo receptor, tais como, forma da seção transversal de escoamento e sua altura.

Graficamente, o déficit e a concentração de oxigênio dissolvido podem ser representados através de curvas simétricas e espelhadas, conforme demonstrado na Figura 2.

Figura 2 – Representação de Curvas de Concentração e Déficit de Oxigênio Dissolvido



Fonte: Von Sperling (2005)

Por sua vez, o Modelo Matemático de Correlação Uso do Solo x Qualidade da Água (MQUAL) foi desenvolvido pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo como parte do Programa de Saneamento Ambiental da Bacia do Guarapiranga, tendo sua primeira versão publicada em 1998. (HAUPT, 2009). Seu objetivo é relacionar como os diferentes tipos de ocupação de solo interferem na qualidade da água

das redes de drenagem. No Programa Guarapiranga, e posteriormente em outros que o sucederam, foi utilizado como ferramenta de apoio à tomada de decisões, gerando dados para cada uma das seguintes análises:

- qualidade futura do manancial sob diversas hipóteses de ocupação da bacia, de implantação de sistemas de saneamento e ações de controle;
- novas políticas de uso do solo, com a identificação clara das contribuições específicas de cada categoria de uso do solo na qualidade da água, além de áreas prioritárias para preservação e recuperação;
- licenciamento de grandes empreendimentos, com o uso de uma ferramenta adequada para avaliação de impactos sobre a qualidade das águas;
- novas medidas de controle ambiental que possam ser propostas, a partir do conhecimento mais detalhado da bacia. (SMA, 2006)

O programa é constituído por três módulos: módulo de geração de cargas, módulo de simulação dos principais tributários e módulo de simulação do reservatório. Nesta aplicação foi utilizada somente o primeiro módulo, que permite estimar as cargas de fósforo, nitrogênio, cargas orgânicas (DBO), cargas de bactérias (coliforme totais) e sólidos suspensos (SST) através da atribuição de coeficientes de exportação, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Coeficientes de exportação para cargas difusas (kg/(km².dia)) do modelo MQUAL

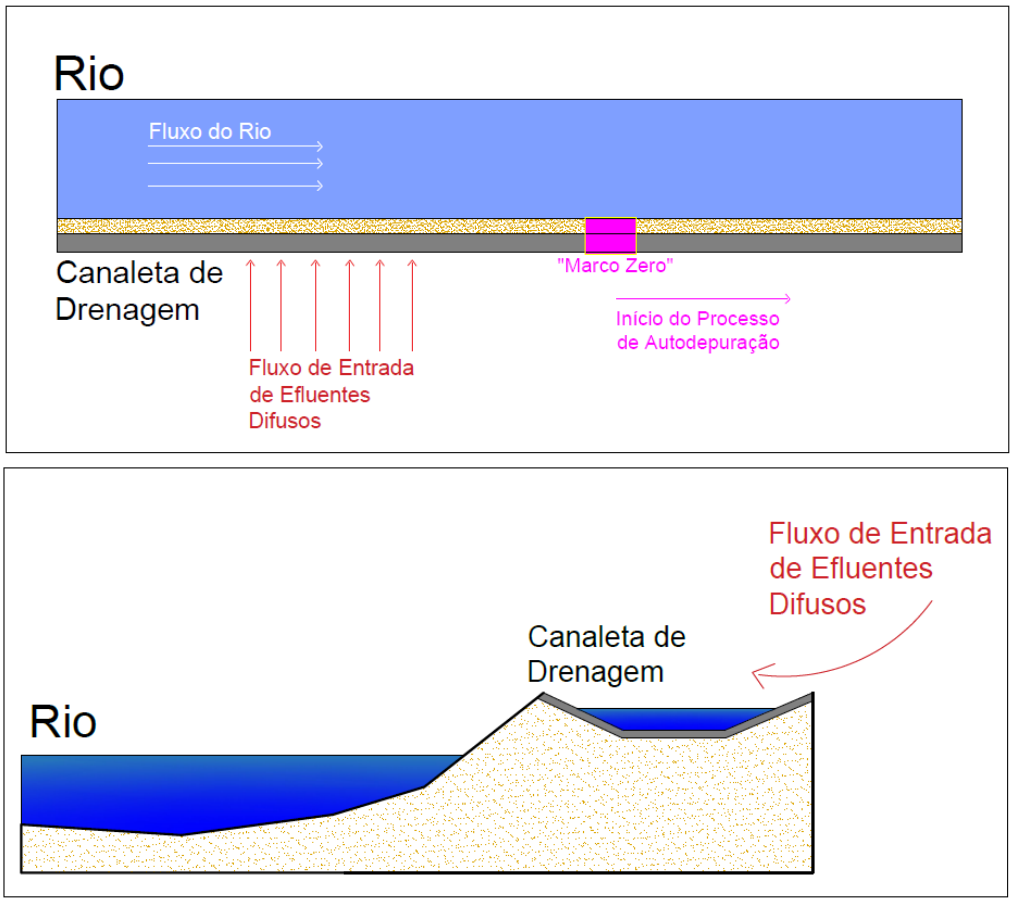
Fontes	Fósforo Total	Nitrogênio Total	DBO	SST	Coliformes Totais
Atividade Agrícola	0,346	2,950	7,320	230,000	$100{,}0\times10^{9}$
Reflorestamento	0,039	0,600	1,200	20,000	$0{,}1\times10^{9}$
Pastagem	0,050	0,900	2,250	40,000	$1{,}0\times10^{9}$
Mata/Capoeirão/Mata galeria	0,039	0,600	1,200	20,000	$0{,}1\times10^{9}$
Capoeira/Campo	0,028	0,500	1,060	30,000	$0{,}1\times10^{9}$
Solo Exposto	0,034	1,270	5,540	50,000	$1{,}0\times10^{9}$
Áreas Urbanas	0,034	1,270	5,540	50,000	$1{,}0\times10^{9}$

Fonte: SMA (2006)

MODELO DESENVOLVIDO

O desenvolvido proposto consiste em aplicar ao modelo matemático de Streeter-Phelps índices para simular a entrada de cargas de efluentes difusos, desenvolvendo uma ferramenta em Excel para realizar os cálculos e traçar a curva de oxigênio dissolvido (OD), permitindo definir o modelo mais eficiente para a autodepuração. Para tal foi concebido um sistema de canaletas de drenagem paralelas a um rio, de modo a captar as águas de chuvas da região da bacia hidrográfica e conduzi-las até o “Marco Zero”, ponto definido onde se iniciará o processo de autodepuração, conforme Figura 3. Sugere-se que o “Marco Zero” seja considerado no exutório da bacia hidrográfica, de modo a contemplar a totalidade de sua área e vazão drenada. O objetivo da instalação das canaletas é permitir a análise de forma independente das águas de chuva, principalmente quando se tratar da ocorrência do fenômeno de Primeira Lavagem.

Figura 3 – Planta e corte transversal da Canaleta de Drenagem paralela ao rio

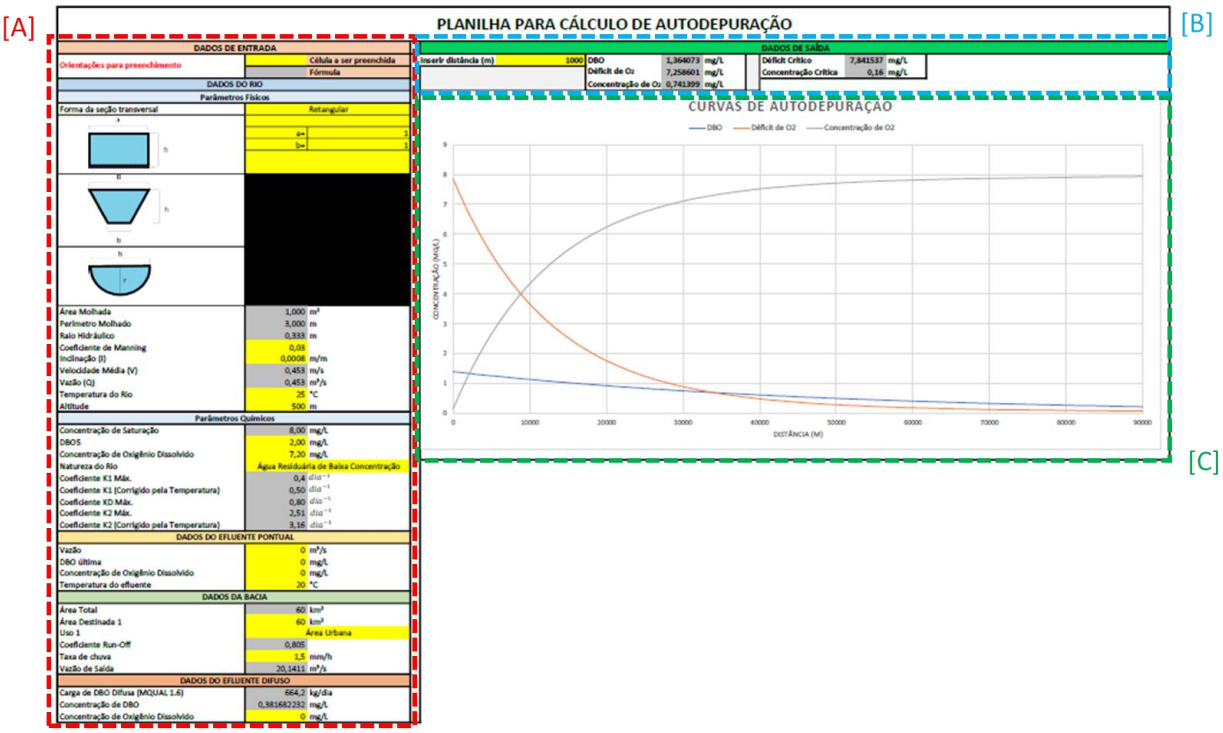


As áreas de caracterização da bacia hidrográfica foram divididas conforme as fontes citadas no modelo MQUAL (Tabela 1). Ressalta-se que o acúmulo de poluentes está relacionado a eventos de precipitação, portanto o resultado obtido deve ser multiplicado pela quantidade de dias sem chuvas durante o período estudado. O objetivo do estudo é analisar a autodepuração das cargas difusas, portanto serão utilizados os parâmetros de DBO a partir desta etapa.

No caso desta aplicação, a autodepuração está sendo aplicada em um ambiente fictício simulado, portanto serão inseridos alguns dados pré-definidos, de maneira experimental. Em situações práticas, deve-se buscar métodos de coleta específicos para cada um dos parâmetros que serão apresentados.

Os parâmetros e cálculos desenvolvidos foram implantados em uma planilha eletrônica dinâmica, de modo a permitir a visualização dos perfis de autodepuração, variando de acordo com a escolha dos dados de entrada. O resultado visual da ferramenta desenvolvida pode ser visualizado na Figura 4. Os dados foram divididos em seções: (A) Dados de entrada, compostos por Dados do Rio, Dados do Efluente Pontual, Dados da Bacia e Dados do Efluente Difuso; (B) Dados de saída, compostos pelas informações de DBO, Déficit de O_2 e Concentração de O_2 a um determinado instante t, além dos valores críticos para estes parâmetros; (C) Gráfico de Curvas de Autodepuração, composto pelos perfis de DBO, Déficit de O_2 e Concentração de O_2.

Figura 4 – Planilha para Cálculo de Autodepuração



RESULTADOS OBTIDOS

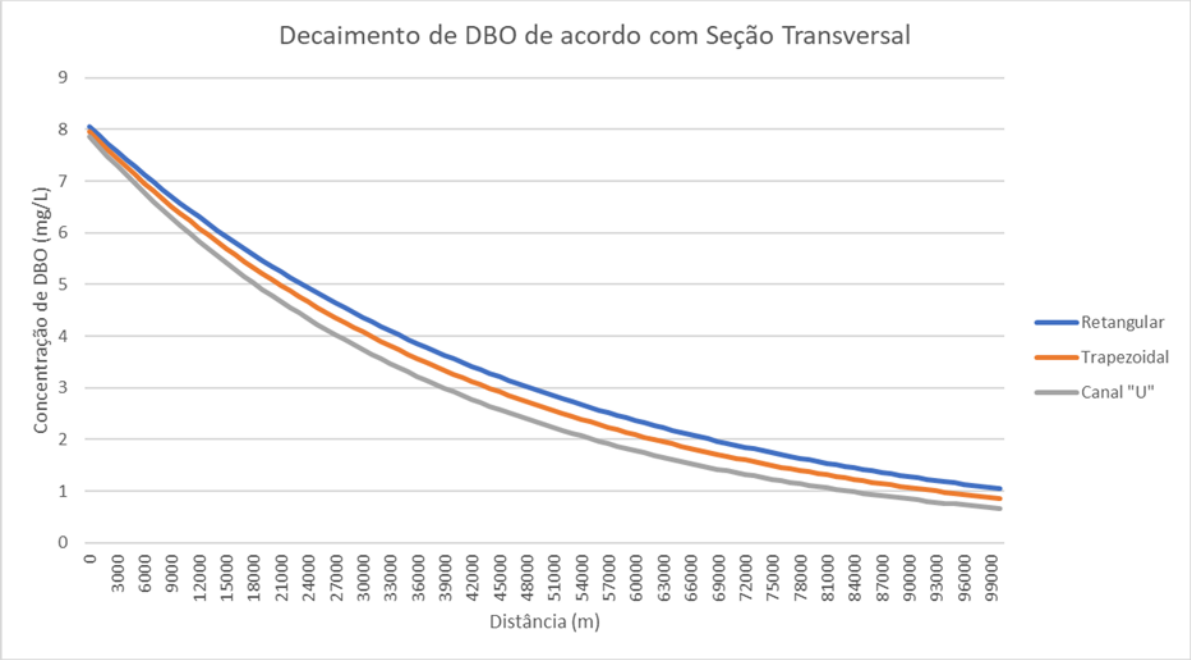
Para aferir o funcionamento da ferramenta e submetê-la a um cenário fictício de tomada de decisão, foram realizados testes com a alteração dos dados de entrada. Como o objetivo deste estudo é avaliar as cargas difusas provenientes de efeitos de precipitação, os parâmetros presentes no grupo de "efluentes pontuais" foram desconsiderados para os testes a seguir.

a) Cenários com Alteração de Parâmetros Físicos

Foram simuladas 11 situações alterando os parâmetros físicos da canaleta, sendo possível verificar que:

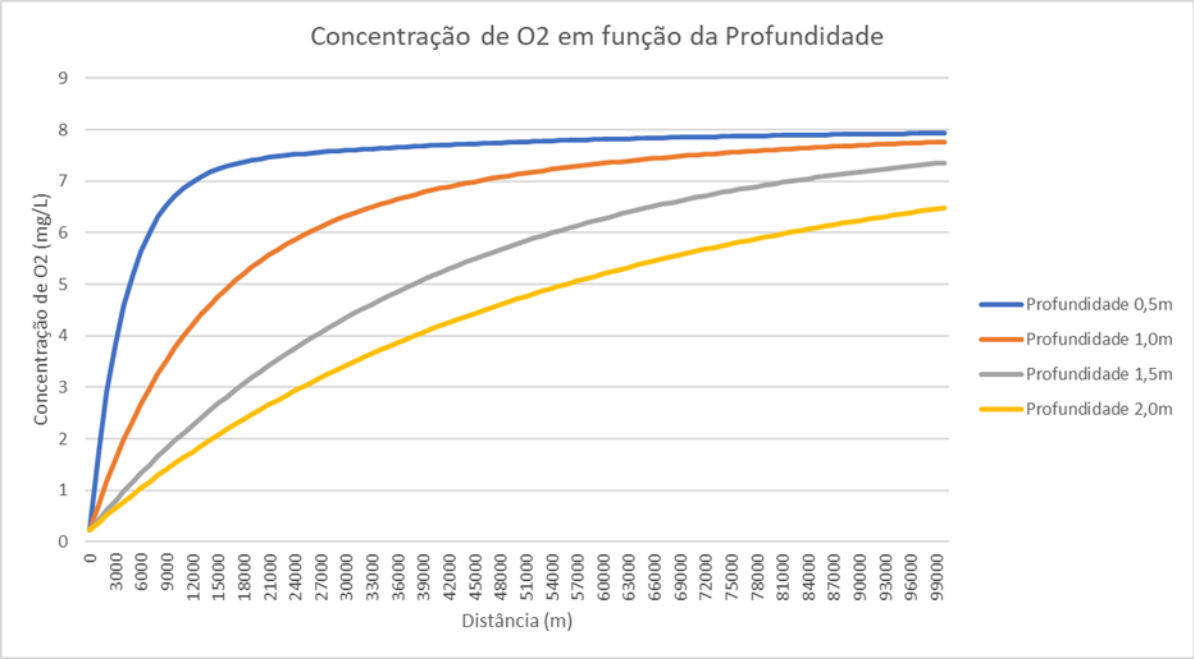
- A adoção de um canal em seção "U" é mais eficiente para a autodepuração; enquanto seções retangulares são menos eficientes. Observar comparativo de resultados no gráfico da Figura 5.

Figura 5 – Decaimento de DBO em função da Seção Transversal



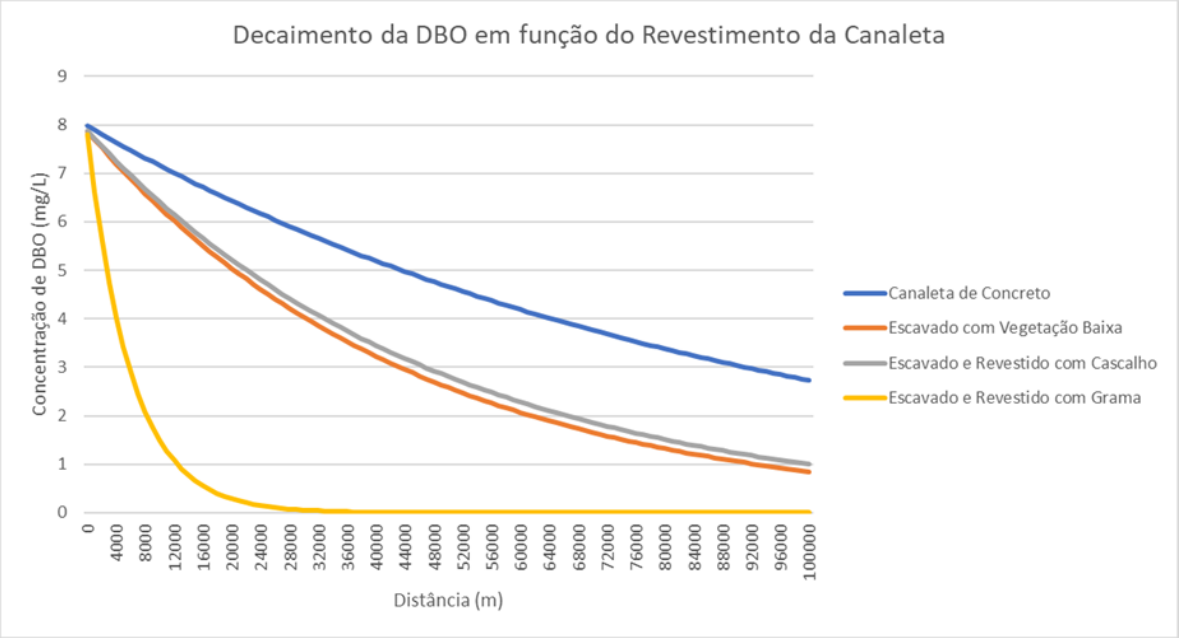
- Profundidades menores favorecem a recuperação da concentração de O_2 em menos tempo, evidenciando a influência do coeficiente de reaeração K_2. Observar comparativo de resultados no gráfico da Figura 6.

Figura 6 – Concentração de O_2 em Função da Profundidade



- Alterando o revestimento do canal é possível perceber curvas distintas para o decaimento de DBO. Um canal revestido com grama é mais efetivo, enquanto canaletas de concreto são menos eficientes. Observar comparativo de resultados no gráfico da Figura 7.

Figura 7 – Decaimento de DBO em função do Revestimento da Canaleta

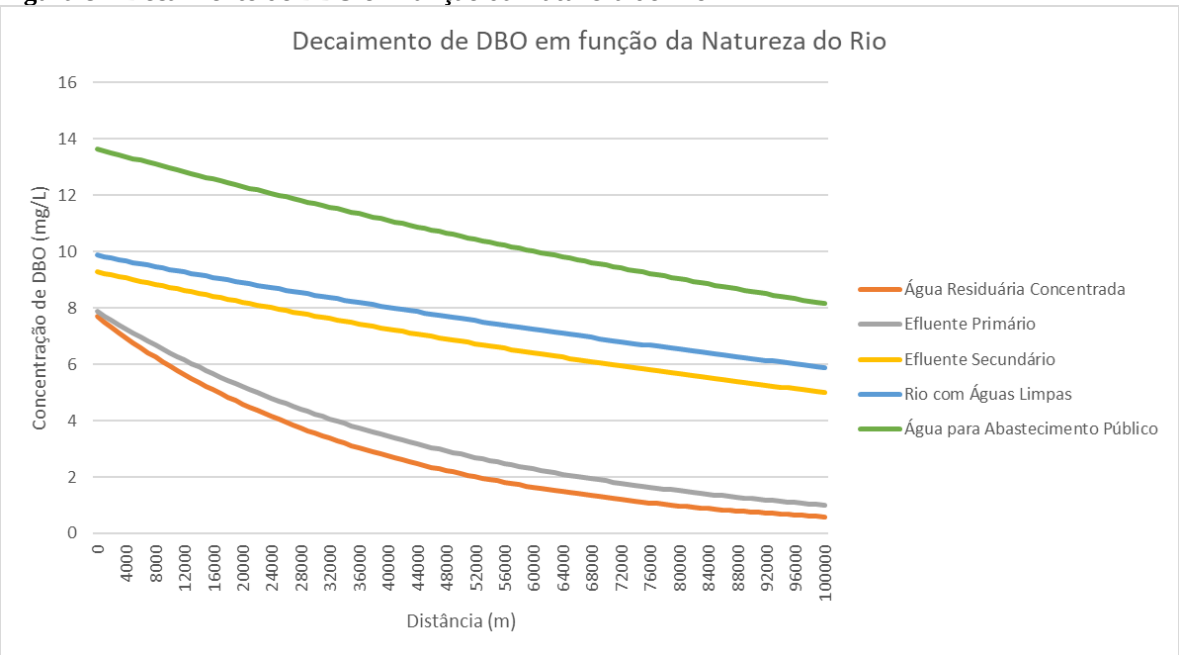


b) Cenários com Alteração de Parâmetros Químicos

O fator de maior influência nas curvas de autodepuração é a natureza do rio. Rios com águas próprias ao abastecimento público tendem a apresentar concentrações de DBO elevadas após a mistura do efluente. Da mesma forma, o decaimento desta DBO ocorre de maneira mais lenta quando comparados a rios que já se encontram em estados mais agravados de poluição, fator explicado de acordo com a aplicação do coeficiente de decomposição *Kd*. Observar comparativo de resultados no gráfico da Figura 8.

O Coeficiente de Decomposição (*Kd*), semelhante ao Coeficiente de Oxidação (*K1*), indica a taxa de decaimento da DBO, porém com a influência da biomassa aderida no fundo do rio, por isso os valores de *Kd* tendem a ser ligeiramente maiores do que *K1* em rios rasos. (VON SPERLING, 2005).

Figura 8 – Decaimento de DBO em função da Natureza do Rio



c) Cenários com Alteração de Dados da Bacia Hidrográfica

Nesta etapa foi observado como mudanças nas características de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica interferem nos resultados de autodepuração. Os testes realizados com as configurações iniciais da ferramenta trouxeram resultados de concentração de DBO baixos, quando comparados a dados provenientes da coleta em campo, evidenciando a importância da calibração do modelo para futuros usos práticos. Para prosseguir com os testes de maneira verossímil foram utilizados os dados de concentração de DBO obtidos durante eventos de precipitação em bacias hidrográficas da cidade de *Taejon* e *Chongju*, na Coréia do Sul, compilados em um artigo publicado no ano de 2000, intitulado de "*Characterization of urban stormwater runoff*", dos autores Jun Ho Lee e Ki Woong Bang (VIVACQUA, 2005).

Os dados coletados por Lee e Bang são apresentados na Tabela 2 e foram simulados na ferramenta de autodepuração, aplicados com as melhores configurações de parâmetros físicos e químicos, observadas nos itens anteriores. As curvas de concentração de DBO e concentração de O_2 resultantes para cada bacia hidrográfica estão expostas nas figuras 9 e 10, respectivamente.

Tabela 2 - Concentração de $DBO_{5,20}$ por bacia hidrográfica nas províncias de Taejon e Chongju, Coréia do Sul

Bacia	BBW		YMW		GYW		YJW		MSW	
Parâmetro	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido
$DBO_{5,20}$	52,80	129,7	50,30	85,60	87,30	122,10	44,50	23,70	75,3	77,00

Fonte: Adaptado de Vivacqua (2005)

Figura 9 – Decaimento de DBO em função das Concentrações de DBO do Artigo "*Characterization of urban stormwater runoff*" (Caracterização do escoamento de águas pluviais urbanas)

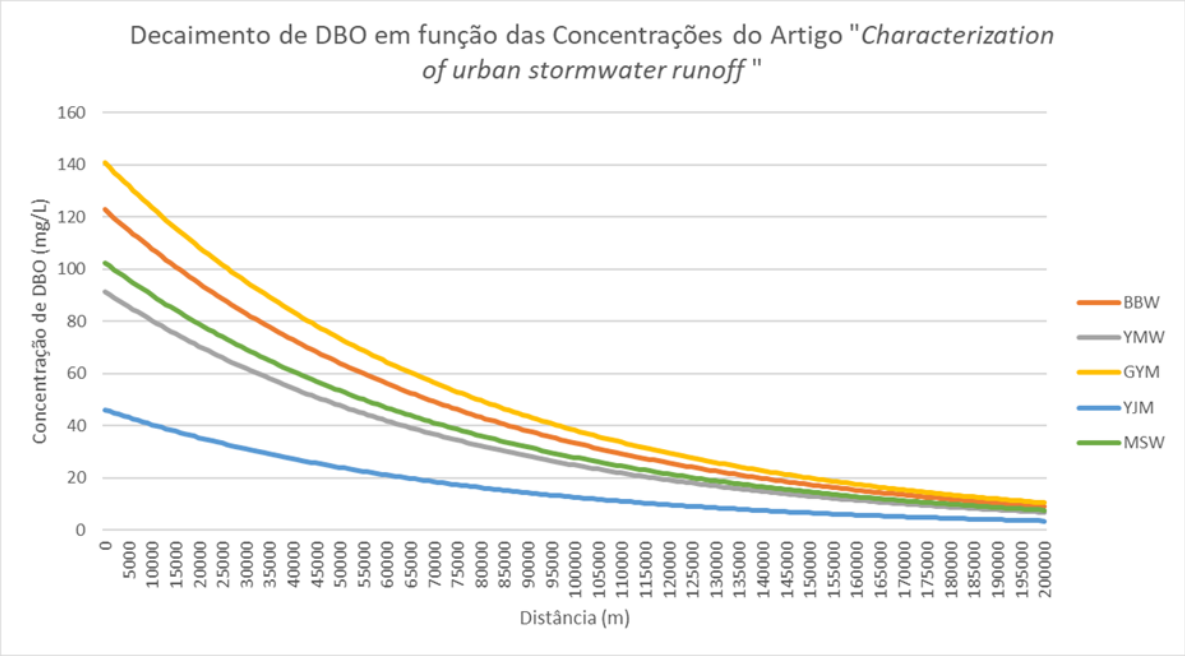
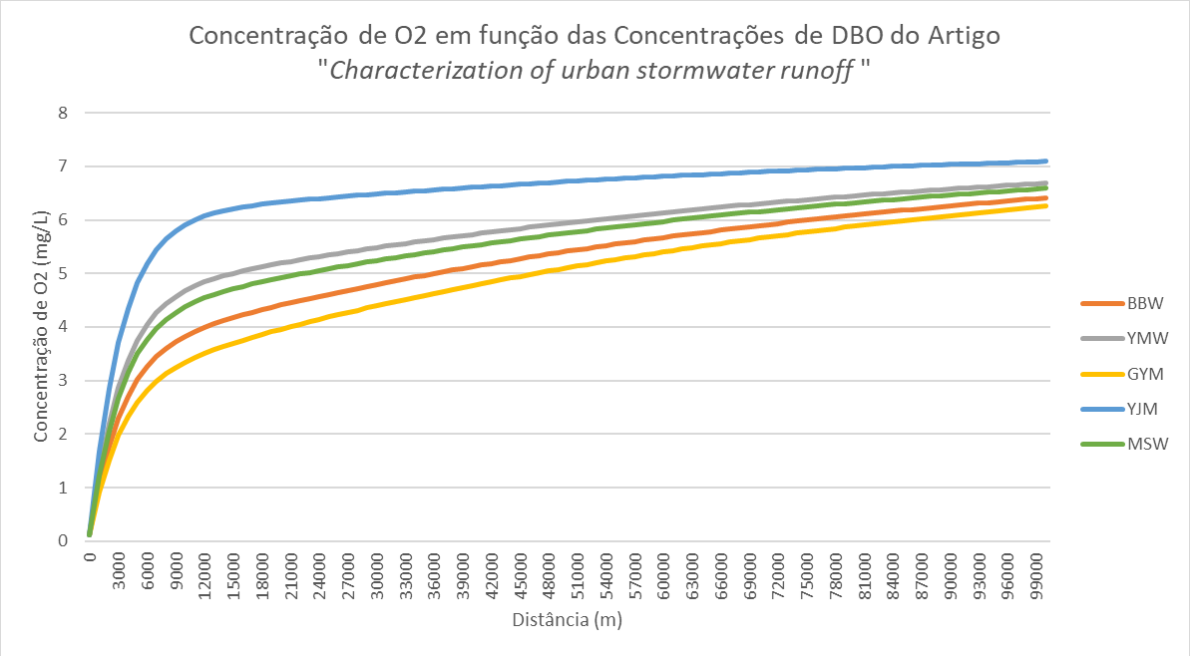


Figura 10 – Concentração de O2 em função das Concentrações de DBO do Artigo "*Characterization of urban stormwater runoff*" (Caracterização do escoamento de águas pluviais urbanas)



Observa-se que, para atingir e estado de autodepuração total são necessárias distâncias superiores a 200 km, situação inviável em condições reais. Então, para avaliar a efetividade do sistema, os dados foram comparados com os parâmetros de qualidade definidos pelo Programa Córrego Limpo, do Governo do Estado de São Paulo, e pela Resolução CONAMA n° 357/2005.

a) De acordo com o Programa Córrego Limpo, concentrações de DBO inferiores a 70 mg/L caracterizam águas poluídas, mas que podem ser tratadas com uso de componentes químicos. Nas simulações realizadas, essa concentração foi atingida em 55 km, no caso da bacia GYM, que possuía a pior condição dentre as avaliadas.

b) De acordo com o Programa Córrego Limpo, concentrações de DBO inferiores a 30 mg/L caracterizam águas em condições boas, que possibilitam a existência de peixes e que podem ser tratadas para possibilitar o consumo humano utilizando métodos convencionais. Utilizando a bacia YJM como exemplo, que possuía a menor concentração poluentes dentre as demais, o valor de DBO aceitável foi atingido em 30 km.

c) De acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005, um rio Classe II apresenta condições favoráveis para a existência de animais aquáticos e suas águas podem ser utilizadas para abastecimento humano após métodos de tratamento convencionais. Um rio desta classe apresenta concentração de oxigênio dissolvido maior do que 5,0 mg/L. Nos cenários simulados, a curva da bacia YJM (melhor caso) atingiu este marco em 6 km, enquanto a bacia GYM (pior caso) atingiu em 48 km.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A utilização adaptada do modelo de autodepuração proposto por Streeter-Phelps permitiu evidenciar as principais variáveis deste processo de maneira lógica, permitindo analisar como cada uma delas interfere no resultado das simulações. A adoção do sistema de canaletas se mostrou como uma alternativa viável do ponto de vista construtivo, podendo ser combinada com sistemas de monitoramento e tratamento para ser ainda mais eficiente. De acordo com os resultados dos cenários de testes criados, sugere-se adotar o formato de seção "U", com profundidade de até 0,5m para potencializar o processo de reaeração. Revestir os canais com grama se mostrou uma alternativa aos canais convencionais de concreto, pois sua adoção permite aumentar a taxa de decaimento de DBO, tendo que ser levado

em consideração que, com tal revestimento as vazões suportadas são menores, devido ao maior valor do fator de atrito.

A utilização do sistema MQUAL 1.6 permitiu quantificar de maneira simplificada o volume de cargas difusas geradas em uma bacia hidrográfica, permitindo visualizar a ordem de grandeza destes valores, mesmo que em cenários simulados. Em contrapartida, para utilizar os dados quantificados no modelo de autodepuração se mostrou necessária a calibração prévia da ferramenta, visto que os resultados de concentração de DBO se mostravam baixos em relação a dados de referência coletados em campo.

A ferramenta em planilha eletrônica criada se mostrou eficiente para análise do processo de autodepuração, permitindo a visualização das curvas de decaimento de DBO e concentração de O_2 de maneira ágil e simplificada. Analisando as curvas geradas é possível concluir que o processo de autodepuração utilizando canaletas pode ser utilizado para o tratamento das águas de drenagem quando aplicado em condições favoráveis, permitindo que os poluentes se depurem até atingirem condições aceitáveis de lançamento em distâncias de até 15 km, desde que a concentração de DBO dos poluentes difusos não ultrapassem a faixa de 40 mg/L. Para concentrações maiores faz-se necessário a adoção de outras medidas de tratamento.

Desta forma, é possível afirmar que a planilha e as premissas desenvolvidas, adaptadas do modelo de Streeter-Phelps, configuram-se como uma ferramenta útil e possível de ser utilizada para tomada de decisões com o intuito de minimizar os problemas de poluição difusa em córregos e rios.

Para trabalhos futuros, sugere-se a aplicação de calibração na ferramenta, utilizando dados reais atualizados, coletados após eventos de precipitação em um corpo hídrico específico, promovendo a criação de um modelo com referência prática ou até mesmo um comparativo com outras metodologias existentes que não foram abordadas neste artigo.

REFERÊNCIAS BILIOGRÁFICAS

1. BEZERRA, Lury Steiner de Oliveira; MENDONÇA, Luiz Alberto Ribeiro; FRISCHKORN, Horst. Autodepuração de cursos d'água: um programa de modelagem Streeter Phelps com calibração automática e correção de anaerobiose. Rem: Revista Escola de Minas, Ouro Preto, v. 61, n. 02, p. 249-255, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rem/a/9pcpPHzzQddPhWQpMP7RqjP/ Acesso em: 02 out. 2023.

2. FORATTINI, G.D. Aplicação e calibração de um modelo matemático de qualidade de água. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1982.

3. HAUPT, Jaqueline Patricia de Oliveira. Metodologia para avaliação do potencial de produção de poluição difusa: estudo de caso da bacia do Rio Jundiaí. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. doi:10.11606/D.3.2009.tde-20072009-173457.

4. MENEZES, João Paulo Cunha et al. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. SciELO, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1413-41522016145405. Acesso em: 15 mai. 2023.

5. MORUZZI, Rodrigo Braga et al. Avaliação do desempenho de canal gramado na remoção de material suspenso em escoamento superficial pluvial. SciELO, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1413-41522017142045. Acesso em: 08 mai. 2023.

6. MORUZZI, Rodrigo; CONCEIÇÃO, Fabiano; SARDINHA, Diego; HONDA, Felipe; NAVARRO, Guillermo. Avaliação de Cargas Difusas e simulação de autodepuração no córrego da Água Branca, Itirapina (SP). Geociências, v.31, n.03, p. 447-458, 2012.

7. NETTO, Oscar de Moraes Cordeiro; NOVAES, Carlos Augusto F. O. Tratamento da água de drenagem pluvial: um mal necessário? XII ENAU - Encontro Nacional de Águas Urbanas, 2018, Maceió – AL. Disponível em: https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=4384. Acesso em: 28 jul. 2024.

8. NOGUEIRA, Fábio Ferreira. Métodos para monitoramento e estimativa de cargas poluidoras difusas em bacias. Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências. Universidade de São Paulo Escola Politécnica. São Paulo 2020.

9. NOVOTNY, Vladimir. *Unit pollutant loads. Water Environment & Technology, v. 4, n. 1, p. 40-43, 1992*.

10. PICCINATO JUNIOR, Dirceu et al. O ideário urbano de Saturnino de Brito e o plano de melhoramentos para a cidade de passo fundo (Rio Grande do Sul). Oculum Ensaios, 2020. Disponível em: https://periodicos.puc-campinas.edu.br/oculum/article/view/4383. Acesso em: 17 ago. 2023.

11. RIGHETTO, Antonio M., GOMES, Kaline M.; FREITAS, Francisco R. S. Poluição difusa nas águas pluviais de uma bacia de drenagem urbana. SciELO, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1413-41522017162357. Acesso em: 19 mai. 2023.

12. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO; COBRAPE Atualização do Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Guarapiranga. Relatório Final. São Paulo. 2006.

13. SECRETARIA DE ENERGIA, RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO. Bacia do Guarapiranga – Atualização de Dados e Ajustes no MQUAL. Relatório Final. São Paulo: Secretaria de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento, 2006.

14. SECRETARIA MUNICIPAL DE URBANISMO E LICENCIAMENTO. Plano Diretor de Drenagem do Município de São Paulo. São Paulo, 2014. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/licenciamento/desenvolvimento_urbano/plano_diretor_de_drenagem/

15. SECRETARIA MUNICIPAL DE URBANISMO E LICENCIAMENTO. Programa Córrego Limpo. São Paulo, 2021. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/licenciamento/desenvolvimento_urbano/participacao_social/comissao_de_seguranca_hidrica/index.php?p=300890

16. VIVACQUA, Maria C. R. Qualidade da Água do Escoamento Superficial Urbano – Revisão Visando o Uso Local. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, 2005.

17. VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: princípios do tratamento biológico de águas residuárias, Vol. 1. DESA-UFMG, Belo Horizonte, 2005.