

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

SIMULAÇÃO DO IMPACTO DO LANÇAMENTO DE EFLUENTES EXTRAVASADOS PELA CÂMARA DE CHEGADA DA ETE MATO GRANDE UTILIZANDO O CENÁRIO DO RIO GRAVATAÍ (RS) COMO CORPO RECEPTOR

Ana Flavia Brancalion Costa¹ ; Fernando Mainardi Fan²

RESUMO – As ligações irregulares de canalização pluviais nas redes de esgoto sobrecarregam as estações de tratamento de efluentes em eventos de chuva, provocando acionamento de by-pass diretamente aos corpos de água receptores. Nesse contexto, este trabalho simula o evento do acionamento de um sistema extravasor, na ETE Mato Grande (Canoas – RS), tendo neste cenário o rio Gravataí como corpo receptor. Através de simulação com o modelo de qualidade de água, CE-QUAL-W2, e dos parâmetros da DBO, Nitrogênio, Fósforo e Oxigênio Dissolvido; inferiu-se que para as maiores vazões, este lançamento teria efeitos menos pronunciados, porém, na análise da recuperação do corpo de água, também percebeu-se que para estas vazões maiores, referentes a eventos de chuva, que aqui são analisados, o rio Gravataí, não possui grande capacidade de recuperação de suas condições.

ABSTRACT– The uneven connections of pluvial plumbing on sewer networks overload the wastewater treatment plant in rain events, triggering by-pass directly to the water bodies that receive them. In this context, this work simulates the triggering of an overflow system on the Mato Grande WWTP (Canoas – RS), having in this scenario the Gravataí river as the receiving water body. Through simulation that uses the water quality model CE-QUAL-W2 and the BOD, Nitrogen, Phosphor and Dissolved Oxygen parameters it was concluded that, for bigger volumetric flow rates, this pouring would have less pronounced effects, however, in the analysis of the water body restoration also was found that for these bigger volumetric water flows, related to rain events that are analyzed here, the Gravataí river does not have great restoration of its conditions.

Palavras-Chave – Qualidade da Água; Rio Gravataí; CE-QUAL-W2.

INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água para o consumo humano e demais demandas para as quais é amplamente utilizada, se mostra como um tema recorrente nas discussões ao redor do mundo todo. Muito já foi debatido sobre o paradoxo da grande quantidade deste elemento no planeta e as restrições de qualidade, quantidade, distribuição geográfica e temporal, que impõe dificuldades ao acesso à água a milhares de pessoas.

1) Instituto de Pesquisas Hidráulicas – UFRGS. Av. Bento Gonçalves 9500, CEP 91509-900, fone (51) 99628-1146, anabranalion@yahoo.com.br
2) Instituto de Pesquisas Hidráulicas – UFRGS. Av. Bento Gonçalves 9500, CEP 91509-900, fone (51) 3308-6414, fernando.fan@ufrgs.br

Somando-se a estas inerentes dificuldades de acesso, a poluição antrópica de rios, lagos e outras fontes, impacta negativamente na qualidade das águas. Um exemplo dessa poluição é o esgoto sanitário que segundo a norma brasileira NBR 96.648 da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (1986) é o “despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária”.

Neste contexto de preocupação com os níveis de poluição que são impostos aos corpos de água, criaram-se diversos parâmetros para avaliação da qualidade das águas que recebem cargas de esgoto em seu curso. Von Sperling (2014), caracteriza sólidos, indicadores de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e indicadores de contaminação fecal como os principais parâmetros e ainda caracteriza a matéria orgânica carbonácea como sendo a causa do problema mais relevante causado pela poluição nas águas, o consumo de oxigênio dissolvido pelos microrganismos.

Visando à diminuição destas cargas de esgotos nos recursos hídricos, a legislação brasileira, apresenta uma interessante gama de documentos que visam regular o descarte de esgotos e outras fontes poluidoras nos cursos de água. O Rio Grande do Sul também se inclui nesse cenário como um Estado com uma legislação também bastante complexa neste sentido, contando por exemplo com a Resolução nº 355 de 2017 do CONSEMA – Conselho Estadual de Meio Ambiente, que fixa os critérios para a emissão de efluentes líquidos nas águas superficiais do Estado.

Assim, um mecanismo criado como aliado na manutenção da qualidade das águas é o tratamento de efluentes. Nos sistemas coletivos de tratamento, as águas são coletadas nas residências e indústrias e transportadas até as estações de tratamento, através de canalizações específicas para este transporte, ou nas mesmas canalizações de águas pluviais, definindo assim, respectivamente os sistemas separadores absolutos e os sistemas mistos. Os sistemas projetados como separadores absolutos, em ocasiões de chuva podem receber grandes contribuições de águas pluviais provenientes de ligações irregulares, excedendo assim, a capacidade das estações de tratamento e dispendo diretamente essa vazão para o corpo de água receptor. Von Sperling (2014) afirma que nestes eventos, a concentração na vazão (vazão tratada + vazão by-passada) lançada no corpo de água terá valores elevadíssimos.

No município riograndense de Canoas (RS), estes excedentes de vazão em dias de chuva são verificados. A ETE (estação de tratamento de esgoto) Mato Grande, gerida pela CORSAN (Companhia Riograndense de Saneamento) que recebe e trata o esgoto da maior parte da cidade metropolitana de Porto Alegre, sofre o acionamento do by-pass e descarga esta vazão excedente diretamente no corpo receptor.

Um dos possíveis cenários de descarte deste efluente é o Rio Gravataí, que segundo o Plano de Bacia (2012) no qual está inserido, faz parte da região metropolitana mais importante do Estado e

possui uma bacia hidrográfica que ocupa cerca de 2,4% da área do Rio Grande do Sul, contando com uma população residente de mais de um milhão de habitantes e abastecendo mais de 650 mil. Quanto as cargas poluidoras lançadas no leito do rio Gravataí, nota-se um incremento significativo, principalmente nos trechos mais a jusante do rio, como afirma o Plano de Bacia (2012), ainda mais potencializadas por vazões baixas e inversões de fluxo decorrentes da influência da variação de nível do lago Guaíba, receptor das águas do rio Gravataí, como afirma relatório do IPH (Instituto de Pesquisas Hidráulicas) /CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) (2002).

Em 2013, a bacia do Rio Gravataí teve seu enquadramento aprovado através da Resolução nº 113/2013 da Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Ademais, muitos estudos têm sido realizados ao longo do tempo nesta bacia, como Bitello Wink *et al.* (2014) que avaliou os elementos potencialmente tóxicos nos sedimentos do rio Gravataí entre 2000 e 2013. Destes estudos, podem-se inferir algumas características desta bacia; Salomoni (2004) discorre sobre a pequena capacidade de diluição do rio, que recebe uma carga que excede sua capacidade de autodepuração, já Scheren (2014), ressalta que a expansão urbana da bacia demanda mais estudos em relação à suas cidades de entorno e também expõe sobre a falta de trabalhos desenvolvidos fora das unidades de conservação. Por fim, Cruz da Silva (2016) enfatiza que por se tratar de um dos principais mananciais hídricos da região metropolitana do Rio Grande do Sul, se justificam os estudos ambientais para elaboração de diagnósticos do meio.

Diante do exposto, este trabalho procura responder ao seguinte questionamento: “Qual a capacidade de suporte do Rio Gravataí como corpo de água receptor de vazões excedentes na câmara de chegada da ETE Mato Grande da cidade de Canoas?”. Para esta avaliação, utilizou-se uma simulação através do modelo hidrodinâmico e bidimensional de qualidade da água CE-QUAL-W2, elegido por sua ampla gama de trabalhos já realizados e por se caracterizar como “estado da arte” em relação a outros modelos, segundo Souza (2006).

METODOLOGIA

O fluxograma da Figura 1 apresenta o procedimento realizado por este trabalho para a avaliação da qualidade da água no rio Gravataí de acordo com o cenário proposto.

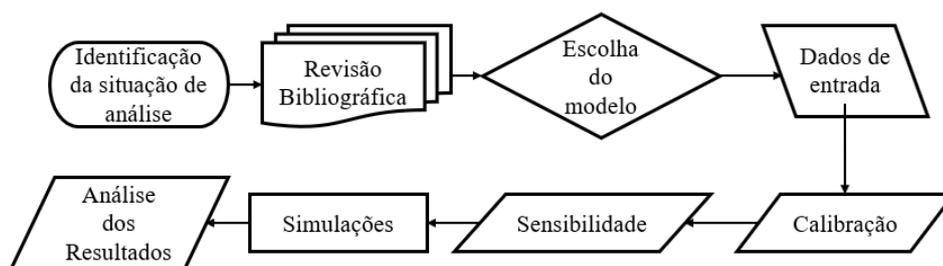


Figura 1 - Fluxograma das etapas de realização do trabalho

Os passos iniciais, após a identificação do problema se caracterizaram na realização de revisão bibliográfica acerca do tema, avaliando os estudos já realizados e também onde se estabeleciam as principais demandas; e na escolha do modelo, que resultou na eleição do CE-QUAL-W2 para a realização das simulações.

Nesta etapa, iniciou-se a preparação dos dados de entrada da simulação. Para a elaboração do perfil longitudinal do trecho inferior do rio Gravataí a ser simulado, utilizou-se a base cartográfica 1:250.000 do Rio Grande do Sul (fuso 22 – projeção UTM). Discretizando-se o trecho em 46 segmentos de reta, cerca de 23 km de extensão³. Para a elaboração do perfil transversal, utilizaram-se os dados da estação de monitoramento da ANA (Agência Nacional de Águas) – *Passo das Canoas Auxiliar*, única estação de monitoramento com dados de batimetria para o trecho analisado. A Figura apresenta o perfil longitudinal e a Figura apresenta o perfil transversal simulado, discretizado em 16 camadas.

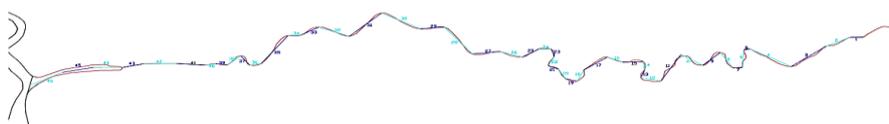


Figura 2 - Perfil longitudinal discretizado
Rio Gravataí (trecho inferior)

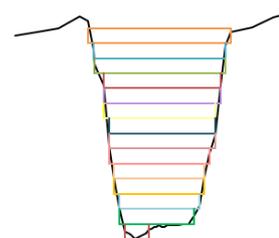


Figura 3 - Perfil Transversal (estação
Passo das Canoas Auxiliar)

Para a modelagem, elaborou-se uma série de vazões para o trecho analisado, com base nas vazões de referências do Plano de Bacia do Rio Gravataí (2012). A Figura 2 apresenta as vazões de referência elencadas pelo Plano de Bacia que foram utilizadas na simulação bem como o tempo de permanência de cada vazão durante a simulação – cerca de 30 dias, com a exceção da última e maior vazão simulada, que permaneceu mais tempo afim de melhor estabilização do modelo.

Vazões de Referência	Vazões [m ³ /s]
Q _{lp} (baixo Gravataí)	5.21
Q ₉₅ e Q ₉₀	10.3
Q ₈₅	10.9
Q ₇₅	17.6
Q _{média} (Passo das Canoas)	18.21
Q _{média} (Passo das Canoas Aux)	24.62
Q ₆₀	33.6
Q _{lp} (Gravataí – Foz)	54.9

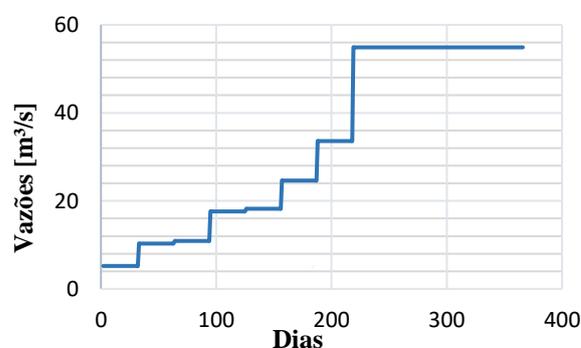


Figura 2 - Série de Vazões Simuladas

³ Para fins de inserção no modelo, o primeiro e o último segmentos de reta são apenas teóricos, nulos em comprimento, assim, a numeração dos segmentos aqui apresentados se dará de 1 a 48; sendo o primeiro e último, nulos.

A série de temperaturas utilizada na simulação, também foi elaborada a partir dos dados do Plano de Bacia (2012), onde as médias anuais de temperatura dos últimos anos e de todas as estações foram ordenadas de forma crescente e decrescente e justapostas afim de completar o tempo de simulação, como mostra a Figura 3. Para comparação, foram também plotadas na Figura 3, as médias diárias do ano de 2017 na cidade de Porto Alegre. Pôde-se notar, grande semelhança entre a série de temperaturas simuladas e estes pontos, corroborando a boa representatividade da série elaborada, considerando que a capital do Estado, fica bastante próxima do local da simulação.

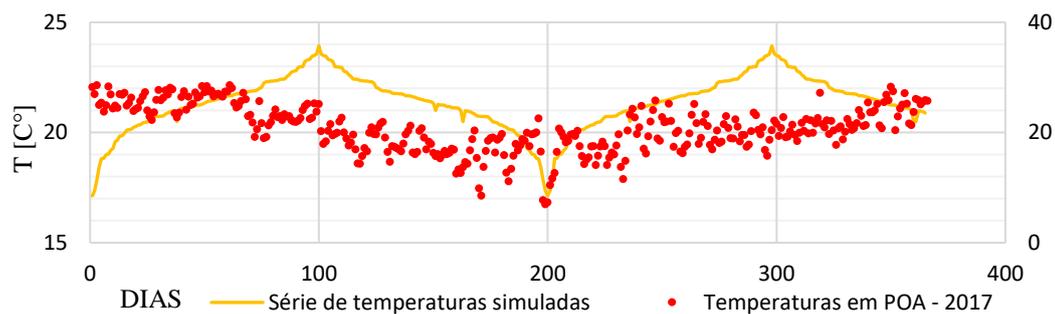


Figura 3 - Série de temperaturas simuladas e observadas em Porto Alegre (POA).

Finalizando a preparação da simulação, também se fez necessário o estabelecimento da qualidade da água que o rio Gravataí possui neste trecho. Para isso, analisaram-se os dados de sete estações de monitoramento da FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental – RS) e quatro estações da CORSAN e os parâmetros de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), Nitrogênio, Fósforo e Oxigênio Dissolvido. Desta análise, resultou-se que a qualidade de água em média piorava para todos os parâmetros em maior ou menor grau ao longo do seu leito. Assim, elegeu-se a estação *Foz Rio Gravataí* (última estação de jusante) como fonte dos dados de qualidade dos parâmetros já mencionados, utilizados na simulação.

Após o estabelecimento das condições do rio Gravataí, procedeu-se a estimativa de vazão do efluente lançado. Para isto, utilizou-se a geometria de um antigo canal que liga a câmara de chegada da ETE Mato Grande e o rio Gravataí e que antigamente funcionava como o by-pass proposto neste trabalho; e através da formulação de Chezi-Manning, estabeleceu-se uma vazão de 2 m³/s. Para a estimativa das cargas, primeiramente através de dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), levando-se em conta que 75.593 domicílios no ano de 2010 estavam ligados a rede de esgoto, que cada domicílio possui em média 3,10 habitantes, considerando aumento populacional para o ano de 2018 e ainda, através de dados de carga (g/hab.dia) tabelados por Von Sperling (2014), estabeleceram-se as concentrações dos parâmetros simulados apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Concentrações dos parâmetros simulados no efluente

Parâmetro	DBO	Nitrogênio Total	Fósforo Total	OD
Concentração [mg/l]	43	12	4	0

Por fim, estabeleceram-se dois cenários a serem simulados: o *cenário 1*, apresenta o despejo sendo lançado no segmento 46, correspondente ao local onde encontra-se o canal que liga o rio à ETE; e o *cenário 2*, onde o despejo é lançado no segmento 29, referente a um possível cenário, onde pode-se observar melhor o desenvolvimento dos parâmetros ao longo do leito pela simulação.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com os dados elencados na metodologia, referentes à Estação *Foz Rio Gravataí*, realizou-se uma calibração simplificada do modelo. Primeiramente, com a entrada dos dados geométricos, buscou-se à adequação da elevação da superfície de água. A Figura 4 mostra a elevação resultante da simulação, onde as valores ficaram em torno de 4,85 m, muito próximos da realidade dos últimos 2 anos elencados no Plano de Bacia (2012) em que as elevações ficaram em média entre 4 e 5 m. Também fez-se a comparação das temperaturas resultantes da simulação. Na Figura 4 nota-se que os valores resultantes foram compatíveis com os dados inseridos e também com os dados medidos no rio Gravataí, tendo uma faixa de 15 à 25°C.

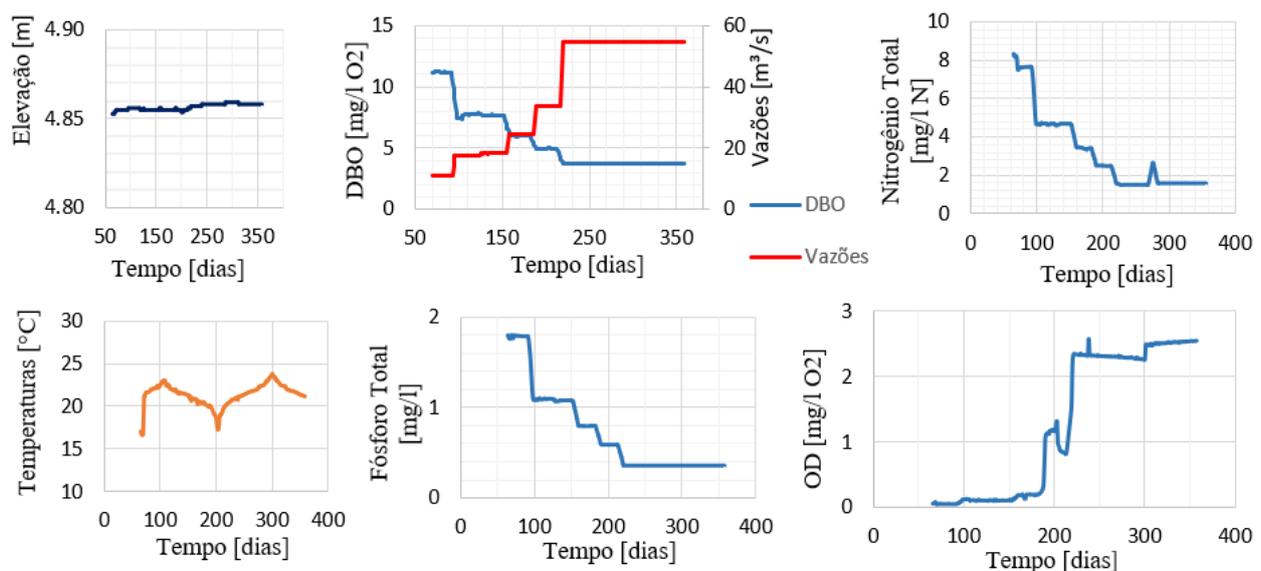


Figura 4 - Calibração do modelo (linha superior - Elevação da linha de água; DBO; Nitrogênio Total/linha inferior - Temperaturas; Fósforo Total; Oxigênio Dissolvido)

Após a adequação dos níveis de água e temperatura, estabelecendo-se que a simulação estava bem consolidada em termos de geometria e condições de entrada, iniciou-se o processo iterativo de calibração dos parâmetros de qualidade para as condições que o Rio Gravataí possui no seu trecho mais inferior. Para isso, utilizou-se a vazão de referência de 24,62 m³/s (vazão média na estação *Passo das Canoas Auxiliar*), para qual os dados foram medidos pelo Plano de Bacia (2012). O processo iterativo baseava-se em estabelecer condições de concentração iniciais, até que os resultados medidos, no segmento mais próximo da Estação *Foz Rio Gravataí* fossem compatíveis com os dados do Plano de Bacia (2012) para esta estação, no último ano de medição elencado pelo mesmo. Assim, a Figura 4 apresenta as concentrações de cada parâmetro ao longo do tempo e variando com as diferentes

vazões⁴. No gráfico da DBO, pode-se notar a variação das concentrações com a variação da série de vazões simuladas. Em geral, as concentrações resultantes para a vazão média, se assemelharam muito as concentrações medidas. O parâmetro *Fósforo Total* apresentou a maior estabilidade entre as simulações. Para o Oxigênio Dissolvido, o processo de calibragem foi realizado de forma bastante aproximada, já que este parâmetro envolve processos mais complexos e fogem do escopo deste trabalho; aliado a isso, a concentração muito baixa deste parâmetro no trecho do rio simulado, transforma os dados medidos em valores muito sensíveis.

Após a calibração, realizou-se uma também simplificada análise de sensibilidade. Onde o parâmetro que mais mostrou-se sensível a mudança de temperatura foi o *Oxigênio Dissolvido*, como apresentado na Figura 5. Salienta-se que os gases possuem maior solubilidade com a diminuição da temperatura. Assim, pode-se notar que enquanto a temperatura está decaindo, até atingir um mínimo, a concentração de oxigênio eleva-se até um máximo relativo indicado pelo número 1. Então, quando a série de temperaturas volta a ser crescente, a concentração de oxigênio tem uma queda até um mínimo relativo, indicada pelo número 2, na Figura 5.

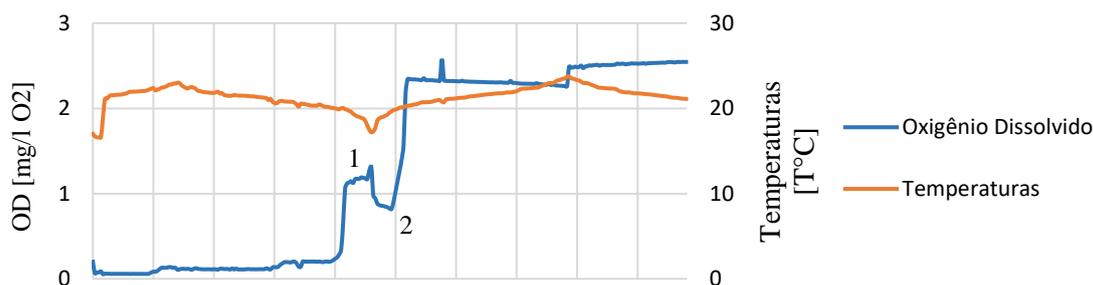


Figura 5 - Análise de sensibilidade - Oxigênio Dissolvido e Temperaturas

Finalmente, realizaram-se as simulações propostas, com o lançamento do efluente nos cenários já descritos. Para o *Cenário 1*, a Figura 6 apresenta os resultados do parâmetro da Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO. O primeiro gráfico apresenta o comportamento ao longo dos segmentos simulados. Assim, a partir do lançamento do efluente no segmento 46, pode-se notar o aumento de concentração deste parâmetro. Percebe-se ainda, que o efeito desse efluente é mais significativo para eventos de menor vazão. Como analisa-se que para o acionamento do by-pass da ETE, seriam necessários eventos de chuva mais pronunciados, isso levaria a uma passagem de cheia também no corpo receptor, portanto, este estaria com maior vazão. Assim, pode-se dizer que para eventos de maior vazão do corpo receptor, a inserção das cargas dos efluentes tem um efeito não tão pronunciado. O segundo gráfico apresenta o comportamento deste parâmetro ao longo do tempo em quatro segmentos. Os segmentos 38 e 45, são segmentos à montante do lançamento, pode-se notar

⁴ Para as diferentes vazões o processo se deu de mesma forma, apenas com uma relação de ponderação na concentração dos parâmetros entre a vazão de referência e as outras vazões.

que suas curvas são aproximadamente concomitantes. Já os segmentos 46 e 47, são segmentos à jusante do lançamento. Assim, pode-se notar, pela defasagem das curvas, o aumento de concentração, e, ainda, que este é maior para pequenas vazões. Ainda, já é possível notar-se uma pequena tendência de diminuição do parâmetro, como se pode perceber pela curva do segmento 47. Porém, esta tendência se mostra mais pronunciada para as pequenas vazões.

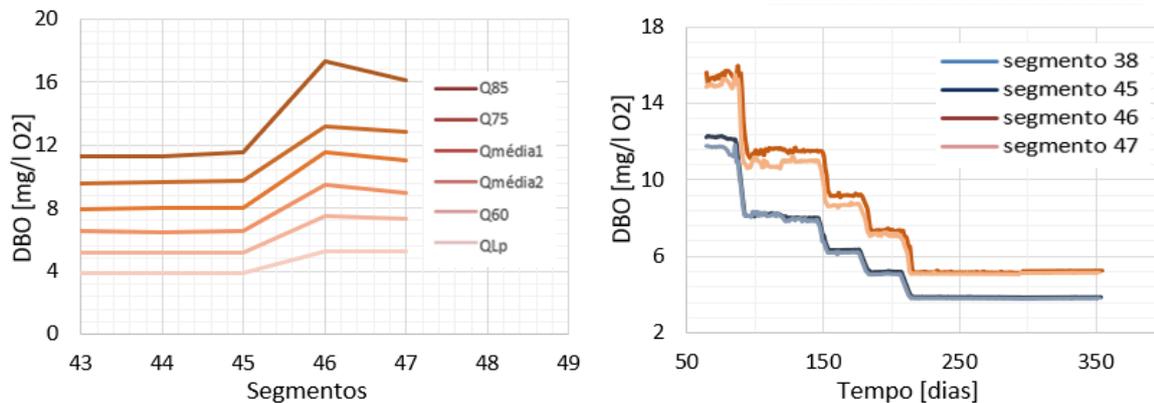


Figura 6 - Simulação Cenário 1 - DBO (gráfico 1 - dispersão espacial; gráfico 2 - dispersão temporal)

Para os parâmetros Nitrogênio Total e Fósforo Total, os resultados apresentaram-se muito semelhantes aos da DBO. Novamente, para maiores vazões os incrementos de concentração após o lançamento foram menos pronunciados, porém a recuperação do corpo de água mostrou tendência maior para as pequenas vazões.

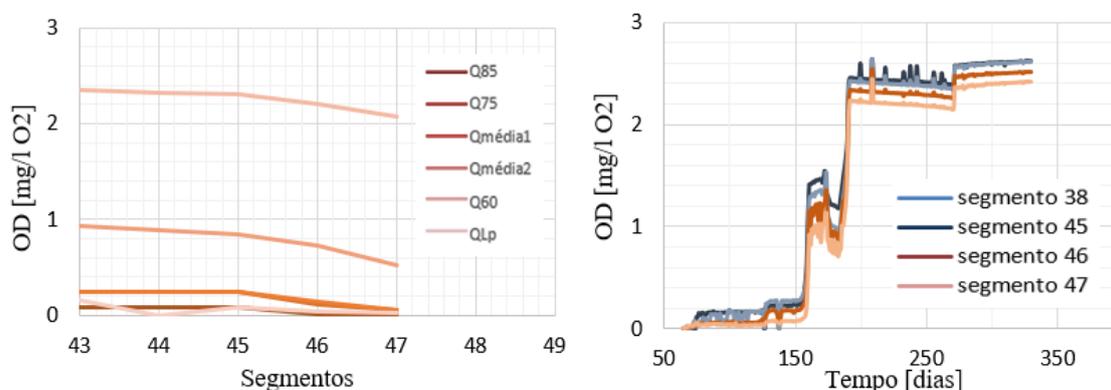


Figura 7 - Simulação Cenário 1 - OD (gráfico 1 - dispersão espacial; gráfico 2 - dispersão temporal)

A Figura 7 apresenta os resultados para o Oxigênio Dissolvido. Pode-se notar, no primeiro gráfico, que para as baixas vazões (correspondentes as linhas mais escuras), a inserção do efluente não tem muitas consequências, já que os níveis de oxigênio antes do deságue, já estão muito baixos e próximos da nulidade. Quando se observa o efeito provocado nas vazões maiores, pode-se notar um decréscimo significativo de concentração após o lançamento. No segundo gráfico, analisando-se os segmentos à jusante da carga de efluente, percebe-se que não há nenhuma tendência de recuperação das condições, já que o segmento 47 apresenta piores valores que o segmento 46.

Para o *Cenário 2*, onde o lançamento é realizado no segmento 29, a Figura 8 apresenta os resultados do parâmetro Nitrogênio Total. Se refletem as mesmas tendências do *Cenário 1*, porém, pode-se notar de maneira mais clara, que para as maiores vazões, apesar de efeitos menos pronunciados, a recuperação do rio se mostra muito mais lenta. Um fato atípico acontece para a vazão Q75, em que acontece um aumento contínuo nas concentrações, sem esboçar tendência de recuperação e que não foi possível estabelecer as causas.

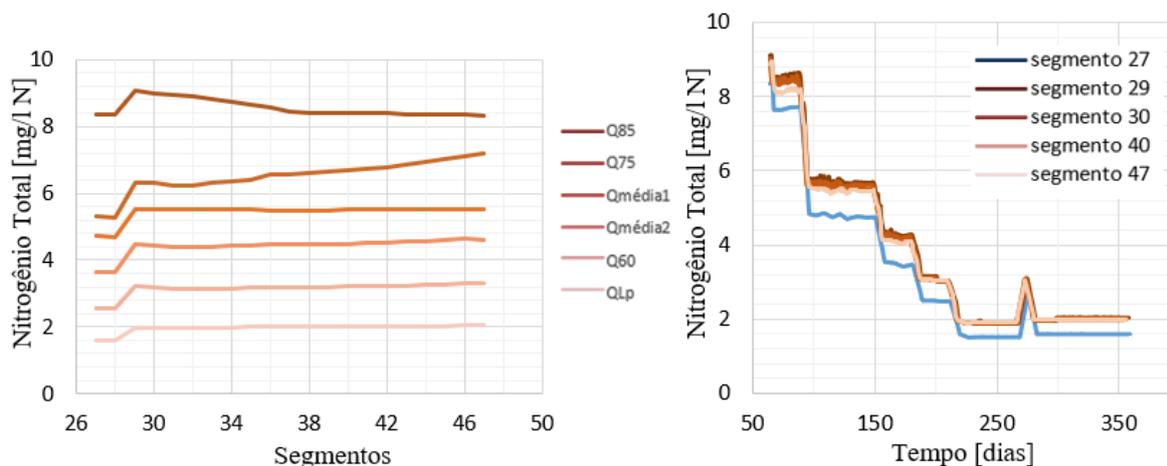


Figura 8 - Simulação Cenário 2 – Nitrogênio Total (gráfico 1 - dispersão espacial; gráfico 2 - dispersão temporal)

A DBO e o Fósforo Total, neste segundo cenário, apresentaram resultados muito semelhantes ao Nitrogênio Total, apresentando as mesmas tendências de comportamento.

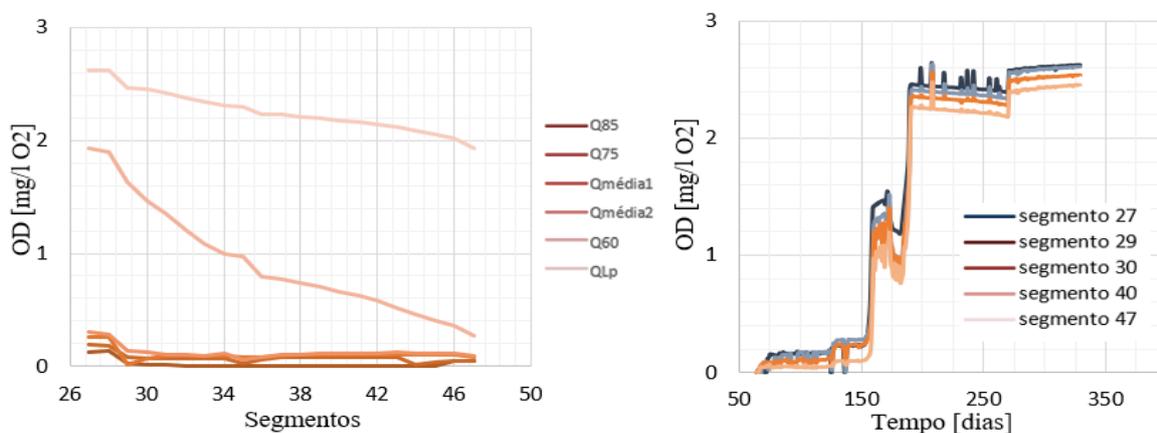


Figura 9 - Simulação Cenário 2 – OD (gráfico 1 – dispersão espacial; gráfico 2 - dispersão temporal)

Os resultados do Oxigênio Dissolvido apresentado na Figura 9, mostram um decaimento da concentração após o lançamento do efluente, e, ainda, nenhuma tendência de recuperação, fato bastante claro para as duas maiores vazões simuladas.

CONCLUSÃO

A aplicação do modelo CE-QUAL-W2 nas condições propostas por este trabalho, mostrou-se bastante consistente em sua missão de ser um estudo prévio das condições aqui propostas e analisadas.

Quanto aos resultados propriamente ditos das simulações, percebeu-se duas condições distintas. Com a simulação do primeiro cenário, teve-se como conclusões preliminares, que para as vazões maiores, a inserção de uma vazão dos efluentes excedentes da ETE Mato Grande, teria um impacto menos significativo que em pequenas vazões. Entretanto, no segundo cenário, pode-se perceber com maior clareza, que o impacto causado pelo efluente nas grandes vazões era menos significativo logo no início, porém, mais a jusante deste ponto de lançamento, pode-se observar que o rio demorava ou não era observado o retorno das condições iniciais.

Assim, buscando responder à pergunta que impulsionou este trabalho, quanto a capacidade de suporte do Rio Gravataí como corpo receptor das águas excedentes da ETE Mato Grande, é inconclusivo afirmar que o corpo de água possui uma capacidade de autodepuração suficiente para que o lançamento do efluente não impacte de forma negativa o corpo hídrico. Porém, os resultados que indicam o impacto menos pronunciado em maiores vazões, colocam o Rio Gravataí com uma possibilidade que pode ser avaliada nas condições de cheia aqui propostas.

REFERÊNCIAS

- CRUZ DA SILVA, R. (2016). *“Estudo da Dinâmica da Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, RS”*. Tese (Pós-graduação em Geografia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador. 330f.
- DRH/SEMA. (2012). *“Plano de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí: relatório final”*. Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente, Porto Alegre.
- IPH (2002). *“Identificação das alternativas possíveis e prováveis para regularização das vazões do Rio Gravataí: Relatório Final”*. Porto Alegre: IPH/CPRM, 207 p.
- SALOMONI, S. E. (2004). *“Diatomáceas epilíticas indicadoras da qualidade de água na bacia do rio Gravataí, Rio Grande do Sul, Brasil”*. Tese (Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 230f.
- SCHEREN, R. S. (2014). *“Urbanização na Planície de Inundação do Rio Gravataí – RS”*. Dissertação de mestrado (Pós-Graduação em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 123f.
- SOUZA, R. S. (2006). *“Simulação hidrodinâmica da qualidade da água. Estudo de caso: ajuste do modelo CE-QUAL-W2 à sub-bacia do Arroio Demétrio, Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí/RS”*. Dissertação de mestrado (Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 156f.
- VON SPERLING, Marcos. (2014). *“Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos”*. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG.
- WINCK, N. B.; CARDOSO, N. C.; DE CARVALHO, C. T.; RODRIGUES, M. L. K. (2014). *“Avaliação de Elementos Potencialmente Tóxicos nos Sedimentos do Rio Gravataí (RS) nos anos de 2000 e 2003”*. Revista de Iniciação Científica da ULBRA, Canoas, n. 12, p. 27-37.