

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

ANÁLISE INTEGRADA DOS PADRÕES DE EMISSÃO DE EFLUENTES EM CORPOS HÍDRICOS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – ESTUDO DE CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAVATAÍ

Érick Silva Moraes¹; Amanda Wajnberg Fadel²; Raíza Cristóvão Schuster³ ; Fernando Comerlato Scotta⁴, .

Resumo: Este trabalho apresentou uma análise integrada dos padrões de emissão de efluentes na bacia hidrográfica do rio Gravataí, no Rio Grande do Sul, Brasil, a qual enfrenta sérios desafios de qualidade da água devido à intensa ocupação urbana, industrial e agropecuária. Utilizou-se o modelo WARM-GIS Tools em quatro cenários hidrológicos (Q85, Q70, Q60 e Qlp) para avaliar os impactos dos lançamentos sobre parâmetros como DBO, OD, fósforo total, nitrogênio amoniacal e coliformes. Os dados foram obtidos de licenças ambientais e do monitoramento da qualidade da água. As simulações indicaram que diversos trechos da bacia, especialmente a montante do Banhado Grande e próximos à Região Metropolitana de Porto Alegre, excedem os limites do enquadramento em cenários de baixa vazão. Constatou-se que o modelo atual de gestão, baseado em limites individuais de lançamento, é insuficiente para garantir a qualidade hídrica. O estudo reforça a necessidade de uma gestão integrada por bacia, considerando variabilidades hidrológicas e pressões antrópicas, e oferece subsídios para aprimorar o licenciamento ambiental e a implementação da outorga de lançamento de efluente no estado.

Palavras-Chave – Análise integrada; classe de qualidade da água; WARM-GIS Tools; corpos hídricos; Rio Grande do Sul.

¹Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler – FEPAM
Av. Borges de Medeiros, 261 – Centro Histórico – Porto Alegre – RS – Brasil – CEP 90020-021
Telefone: (51) 3288-9400 | E-mail: erick-moraes@fepam.rs.gov.br

²Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler – FEPAM
Av. Borges de Medeiros, 261 – Centro Histórico – Porto Alegre – RS – Brasil – CEP 90020-021
Telefone: (51) 3288-9400 | E-mail: amanda-fadel@fepam.rs.gov.br

³Raíza Cristóvão Schuster – Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura – SEMA/RS
Av. Borges de Medeiros, 1501 – Praia de Belas – Porto Alegre – RS – Brasil – CEP 90110-900
Telefone: (51) 3288-9300 | E-mail: raiza-schuster@sema.rs.gov.br

⁴Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura – SEMA/RS
Av. Borges de Medeiros, 1501 – Praia de Belas – Porto Alegre – RS – Brasil – CEP 90110-900
Telefone: (51) 3288-9300 | E-mail: fernando-scotta@sema.rs.gov.br

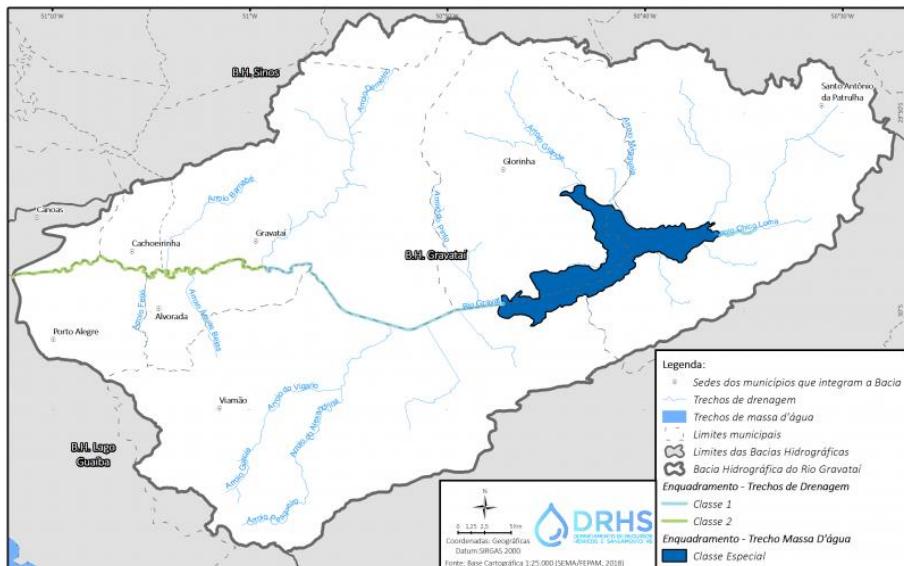
INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial à manutenção da vida e ao funcionamento dos ecossistemas. De acordo com Selborne (2001), “*a água é o sangue do nosso planeta: ela é fundamental para a bioquímica de todos os organismos vivos*”. Além disso, desempenha um papel estratégico no desenvolvimento socioeconômico das sociedades humanas (TUNDISI, 2003). No entanto, a crescente pressão antrópica sobre os recursos hídricos, resultante da urbanização desordenada, industrialização desenfreada e expansão agropecuária, tem comprometido significativamente a qualidade das águas, especialmente em bacias localizadas em regiões metropolitanas. Diante desse contexto, a análise integrada dos padrões de emissão de efluentes emerge como uma ferramenta fundamental para a gestão da qualidade da água, a qual fornece subsídios de entendimento da dinâmica de diluição e depuração dos efluentes para a implementação da outorga de lançamento, até então inexistente no Estado do Rio Grande do Sul. Tal análise possibilita a identificação das principais fontes de poluição e a avaliação da capacidade de suporte dos corpos hídricos, em consonância com os princípios e diretrizes estabelecidos na Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997), na Resolução CONAMA nº 357/2005 e na Resolução CNRH nº 5/2000. Esse tipo de abordagem permite subsidiar ações de controle mais eficazes, além de contribuir para a proteção dos usos múltiplos da água e a conservação dos ecossistemas aquáticos.

Como estudo de caso, este trabalho foi desenvolvido na bacia hidrográfica do rio Gravataí, uma das mais críticas do estado do Rio Grande do Sul em termos de qualidade da água, devido à intensa pressão decorrente de atividades urbanas, industriais e agropecuárias. A bacia abrange uma área de 2.020 km², inserida majoritariamente na Região Metropolitana de Porto Alegre, englobando, total ou parcialmente, os municípios de Porto Alegre, Canoas, Alvorada, Viamão, Cachoeirinha, Gravataí, Glorinha, Santo Antônio da Patrulha e Taquara (BOURSCHEID, 2012), conforme ilustrado na Figura 1, proporcionando múltiplos usos da água para aproximadamente 1,5 milhões de habitantes, incluindo abastecimento público, irrigação agrícola, dessedentação animal, atividades industriais, além de usos não consuntivos como navegação, turismo e lazer. Com características geomorfológicas que favorecem a formação de áreas alagadas e baixa capacidade de autodepuração em determinados trechos, a bacia enfrenta desafios recorrentes relacionados à manutenção da qualidade da água. Para a análise integrada, foi empregado o modelo de simulação de qualidade da água WARM-GIS (KAYSER, 2017), capaz de estimar os efeitos dos lançamentos de cargas poluentes em diferentes cenários hidrológicos. Esse modelo permite avaliar a dinâmica da qualidade da água ao longo dos cursos hídricos, de modo a fornecer suporte técnico para processos de planejamento ambiental, definição de metas de enquadramento e controle de poluição. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo contribuir para o aprimoramento da gestão da qualidade dos recursos hídricos no estado, oferecendo uma abordagem metodológica aplicável tanto à bacia do Gravataí quanto a outros sistemas hidrográficos sujeitos a pressões semelhantes. Importante destacar que este estudo faz parte de um Grupo de Trabalho entre a Secretaria de Meio Ambiente (SEMA) e a Fundação Estadual de Proteção Ambiental

Henrique Luís Roessler (FEPAM), com a finalidade de conceber e propor plano de implantação da outorga de lançamento de efluentes (GT Outorga de Lançamento).

Figura 1 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí (Fonte: DRHS/SEMA - <https://sema.rs.gov.br/g010-bh-gravatai>).



METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido com base na aplicação do modelo WARM-GIS Tools, um plugin do software QGIS, destinado à simulação de balanços hídricos e da qualidade da água em bacias hidrográficas. Segundo Kayser e Collischonn (2013) “*um plug-in é um programa de computador usado para adicionar funções a outros programas maiores, provendo alguma funcionalidade especial ou muito específica*”. O WARM-GIS Tools, desenvolvido por Kayser e Collischonn (2017), representa uma evolução da plataforma SAD-IPH (Kayser, 2011), sendo amplamente utilizado em estudos acadêmicos e técnicos na área de gestão de recursos hídricos (Souza, 2018).

Os dados de entrada utilizados nas simulações foram provenientes de quatro fontes principais: (i) a disponibilidade hídrica definida no Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, referência para processos de outorga (GT Outorga de Lançamento); (ii) licenças ambientais emitidas pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler (FEPAM)⁵; (iii) as licenças ambientais concedidas pelos municípios inseridos na bacia⁶; e (iv) os dados de qualidade da água provenientes das estações de monitoramento do sistema

⁵Obtidos por pesquisas no banco de dados da FEPAM e no Sistema Online de Licenciamento Ambiental – SOL (<https://secweb.procergs.com.br/sra/>)

⁶Licenças ambientais enviadas pelos municípios através de ofício de solicitação da SEMA.

RS Água⁷, mantido pela FEPAM. Adicionalmente, foram inseridos dados de monitoramento de um lançamento de efluentes do sistema de esgotamento sanitário do município de Santo Antônio da Patrulha. A etapa de preparação dos dados consistiu na revisão, consolidação e padronização das informações, devido às diversidades dos dados provenientes dos diferentes órgãos. As licenças ambientais continham informações como identificação dos empreendimentos, coordenadas dos pontos de lançamento, vazões de despejo e características dos efluentes, abrangendo parâmetros como DBO, OD, nitrogênio total (e suas frações), fósforo total (e suas frações) e coliforme termotolerante ou *Escherichia coli*. As informações foram organizadas em arquivos no formato CSV, adaptados às exigências do WARM-GIS Tools, sendo necessário remover acentos, caracteres especiais e espaços para assegurar a correta leitura e processamento dos dados.

O WARM-GIS Tools permite a simulação do balanço hídrico e da qualidade da água em regime permanente, ou seja, sem variação temporal, representando o comportamento da bacia em condições hidrológicas específicas associadas a diferentes vazões de referência. Tal modelo considera os processos de transporte, diluição e decaimento dos poluentes na rede hidrográfica, a partir da interação entre os lançamentos pontuais e as vazões disponíveis nos cursos d'água. O modelo possui dois módulos principais: (i) o módulo de balanço hídrico, responsável pela simulação da distribuição de vazões na rede fluvial, considerando captações, retornos e aportes; e (ii) o módulo de qualidade da água, que simula o transporte, a diluição e os processos de transformação dos principais parâmetros de qualidade, incluindo DBO, OD, nitrogênio total (com suas frações amoniacal, orgânica, nitrato e nitrito), fósforo total (orgânico e inorgânico) e coliformes termotolerantes. Utilizou-se o segundo módulo para realizar as simulações considerando cinco cenários hidrológicos, representados pelas vazões de referência Q90, Q85, Q70, Q60 e Qlp, possibilitando avaliar o comportamento dos parâmetros de qualidade em diferentes condições de disponibilidade hídrica. Os dados geoespaciais dos pontos de lançamento, as respectivas cargas poluentes (em termos de vazão e concentração) e as características da rede hidrográfica foram inseridos no modelo para cada cenário.

O processo de calibração foi conduzido por meio da comparação dos resultados simulados com os dados observados em 7 estações de monitoramento operadas pela FEPAM no Rio Gravataí. Também foram inseridos dados de monitoramento realizados em um ponto de lançamento de efluentes do município de Santo Antônio da Patrulha, para fins de calibração do modelo no trecho à montante do Banhado Grande. A calibração envolveu o ajuste de parâmetros do modelo, tais como coeficientes de decaimento da matéria orgânica, taxas de oxigenação e processos de transformação de nutrientes, buscando minimizar as discrepâncias e garantir a aderência dos resultados às condições reais observadas na bacia. Posteriormente, o modelo foi validado com dados independentes, assegurando sua robustez e confiabilidade para aplicação na análise da qualidade da água da bacia. A análise dos resultados foi realizada por meio da interpretação integrada dos dados simulados e

⁷ Dados disponíveis em <https://gis.fepam.rs.gov.br/RSAqua/>.

observados, com suporte de ferramentas gráficas, mapas temáticos e tabelas. Esta abordagem possibilitou identificar os trechos com maior comprometimento da qualidade da água e as principais fontes de aporte de carga poluidora, fornecendo subsídios técnicos para a gestão dos recursos hídricos e para o planejamento de ações de controle e mitigação. Na tabela 1, estão apresentadas as identificações e coordenadas das estações de monitoramento que foram utilizadas como critério para a calibração do modelo.

Tabela 1 – Descritivo das estações de monitoramento ao longo do rio Gravataí.

Nome da Estação	Longitude	Latitude
SES Santo Antônio da Patrulha	-50,515600	-29,838800
87398500	-50,602475	-29,935994
87398900	-50,948845	-29,96628
87398950	-51,00652	-29,957247
87398980	-50,761293	-29,989818
87405500	-51,127703	-29,954662
87406900	-51,154855	-29,967004
87409900	-51,198584	-29,970431

Durante o desenvolvimento da experiência-piloto, a principal limitação enfrentada foi a dificuldade de obtenção de dados padronizados sobre os lançamentos licenciados pelos municípios, sendo que apenas quatro (Porto Alegre, Gravataí, Santo Antônio da Patrulha e Glorinha) atenderam à solicitação de envio das licenças. Além disso, o modelo não contemplou fontes difusas nem lançamentos irregulares decorrentes, por exemplo, da ausência de esgotamento sanitário, da dessedentação animal ou de outras atividades não licenciadas. Ao final do processo, foram cadastrados 49 empreendimentos licenciados pela FEPAM, 19 licenciados pelos municípios e oito estações de monitoramento da qualidade da água. Estas limitações reforçam a necessidade da implementação de um cadastro estadual unificado de lançamentos de efluentes, fundamental para aprimorar o monitoramento e a gestão integrada dos recursos hídricos da bacia do rio Gravataí e de outras bacias hidrográficas do estado.

RESULTADOS

No escopo da experiência-piloto, foram realizadas análises comparativas entre os resultados das simulações do modelo para diferentes condições de vazão (Q90, Q85, Q70, Q60 e Qlp), os padrões de qualidade da água estabelecidos na Resolução de Enquadramento da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí (Resolução CRH nº 58/2009) e os dados de monitoramento da FEPAM disponíveis no sistema RS Água. Para os trechos não contemplados no enquadramento vigente, adotou-se como referência a Resolução CONAMA nº 357/2005. De forma a garantir maior clareza na análise, este artigo apresenta os resultados referentes a quatro cenários hidrológicos representativos, ilustrados nas tabelas 2 e 3: **Q85**

(baixa vazão, correspondente à condição utilizada no enquadramento vigente); **Q70** (vazão de média permanência-baixa); **Q60** (vazão média-baixa); **Qlp** (vazão média-alta). **Observação:** Os resultados referentes a Q90 não estão apresentados por ser uma descarga abaixo da vazão de enquadramento, além disso os resultados para Q90 foram muito similares aos da Q85. Com resultados para os seguintes parâmetros de qualidade: Demanda Bioquímica de Oxigênio (**DBO**); Oxigênio Dissolvido (**OD**); Coliformes (**Col**); Fósforo total (**Pt**); Nitrogênio amoniacal (**Na**).

Tabela 2 - Resultados da simulação para vazões Q85 e Q70.

REFERÊNCIA	ENQUADRAMENTO	DISTÂNCIA DA NASCENTE AO TRECHO DE JUSANTE (Km)	VAZÃO: Q85					VAZÃO: Q70				
			DBO	OD	Col.	Pt	Na	DBO	OD	Col.	Pt	Na
DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO CONAMA nº 357/2005	Classe 2	0,00	1,98	6,08	195,77	0,02	0,10	1,98	6,08	195,77	0,02	0,10
		0,86	1,94	6,04	183,53	0,02	0,10	1,94	6,04	183,67	0,02	0,10
		3,40	30,71	0,76	4943,59	2,05	9,47	29,58	0,94	4371,58	1,97	9,10
		6,91	13,84	3,33	1888,52	0,88	3,92	13,11	3,47	1783,26	0,83	3,69
		7,20	11,18	3,20	1378,30	0,72	2,99	10,58	3,35	1299,68	0,67	2,80
		9,78	10,85	2,97	1271,37	0,71	2,85	10,27	3,14	1198,92	0,67	2,67
		11,20	10,36	3,05	1192,31	0,68	2,68	9,81	3,21	1124,34	0,68	2,52
		11,66	8,13	3,01	723,84	0,57	1,87	7,70	3,17	683,10	0,58	1,75
		19,51	5,80	3,98	442,52	0,38	1,15	5,51	4,10	419,45	0,35	1,08
		21,34	3,30	5,26	259,39	0,15	0,47	2,52	5,75	221,68	0,07	0,25
CONFORME O CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS RESOLUÇÃO N° 58/09	Classe Especial	22,13	3,08	5,28	224,71	0,14	0,41	2,39	5,71	193,97	0,07	0,22
		25,97	2,93	5,29	200,23	0,13	0,38	2,29	5,69	174,13	0,07	0,21
		26,54	2,83	5,32	189,64	0,13	0,35	2,24	5,69	166,01	0,06	0,20
		29,12	2,26	5,51	207,70	0,07	0,22	1,90	5,72	148,10	0,04	0,14
		37,37	2,01	5,55	142,08	0,07	0,18	1,72	5,71	105,69	0,04	0,11
		40,16	1,96	5,45	119,07	0,08	0,18	1,57	5,58	62,29	0,05	0,11
		43,74	1,84	5,54	100,74	0,07	0,15	1,52	5,65	60,57	0,04	0,10
		46,51	1,76	5,64	96,77	0,06	0,13	1,51	5,74	70,17	0,04	0,09
		50,87	1,71	5,65	87,13	0,06	0,13	1,47	5,74	64,00	0,04	0,09
		54,49	1,65	5,68	75,29	0,06	0,11	1,44	5,76	59,87	0,04	0,08
CONFORME O CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS RESOLUÇÃO N° 58/09	Classe 1	57,32	1,57	5,69	63,92	0,06	0,10	1,38	5,77	51,38	0,04	0,08
		60,44	1,55	5,69	60,54	0,06	0,10	1,36	5,77	49,03	0,04	0,08
		62,62	1,71	5,68	261,63	0,07	0,10	1,41	5,76	139,48	0,04	0,07
		66,51	2,07	5,61	327,54	0,07	0,09	1,55	5,73	165,74	0,04	0,07
		68,32	2,13	5,61	308,49	0,08	0,09	1,57	5,73	156,34	0,05	0,07
		70,46	2,12	5,61	271,58	0,08	0,10	1,55	5,73	138,72	0,05	0,07
		74,72	1,94	5,63	194,26	0,08	0,09	1,44	5,75	101,65	0,05	0,07
		78,52	3,08	5,39	207,31	0,14	0,69	1,97	5,64	108,76	0,08	0,35
		80,11	4,49	5,02	233,78	0,20	1,31	2,67	5,46	124,30	0,11	0,65
		81,27	4,71	4,89	257,31	0,20	1,26	2,77	5,40	135,73	0,11	0,63
CONFORME O CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS RESOLUÇÃO N° 58/09	Classe 2	82,21	4,48	4,54	278,87	0,20	1,06	2,64	5,24	145,49	0,10	0,53
		87,63	5,29	4,15	312,63	0,24	1,28	3,02	5,04	162,37	0,12	0,64
		93,11	5,20	4,01	1114,17	0,24	1,11	2,95	4,97	545,68	0,13	0,55
		98,22	5,12	4,01	1063,38	0,24	1,08	2,92	4,98	521,24	0,13	0,54

Tabela 3 - Resultados da simulação para vazões Q60 e Qlp.

REFERÊNCIA	ENQUADRAMENTO	DISTÂNCIA DA NASCENTE AO TRECHO DE JUSANTE (Km)	VAZÃO: Q60					VAZÃO: Qlp				
			DBO	OD	Col.	Pt	Na	DBO	OD	Col.	Pt	Na
DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO CONAMA nº 357/2005	Classe 2	0,00	1,98	6,08	195,77	0,02	0,10	1,98	6,08	195,77	0,02	0,10
		0,86	1,94	6,04	183,53	0,02	0,10	1,94	6,04	183,63	0,02	0,10
		3,40	20,63	2,44	3013,69	1,34	6,19	11,74	4,09	1664,38	0,71	3,29
		6,91	8,32	4,45	1092,36	0,48	2,16	4,81	5,26	586,22	0,23	1,03
		7,20	6,75	4,41	795,02	0,38	1,62	4,03	5,23	438,01	0,19	0,78
		9,78	6,55	4,28	733,65	0,34	1,54	3,93	5,16	405,18	0,18	0,74
		11,20	6,27	4,33	689,26	0,36	1,45	3,79	5,18	384,12	0,17	0,70
		11,66	5,00	4,31	426,09	0,30	1,00	3,14	5,16	249,90	0,14	0,49
		19,51	3,75	4,87	277,98	0,20	0,62	2,58	5,43	184,75	0,10	0,32
		21,34	2,29	5,83	200,39	0,05	0,19	2,13	5,78	167,52	0,05	0,18
CONFORME O CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS RESOLUÇÃO N° 58/09	Classe Especial	22,13	2,18	5,79	176,68	0,05	0,18	2,04	5,76	150,02	0,05	0,16
		25,97	2,10	5,76	159,48	0,05	0,16	1,98	5,74	136,82	0,05	0,15
		26,54	2,06	5,76	152,78	0,05	0,16	1,95	5,74	132,37	0,04	0,14
		29,12	1,80	5,77	131,04	0,03	0,12	1,74	5,77	120,61	0,03	0,11
		37,37	1,64	5,75	95,29	0,03	0,10	1,59	5,76	88,92	0,03	0,09
		40,16	1,42	5,59	36,91	0,04	0,09	1,51	5,72	68,85	0,03	0,09
		43,74	1,40	5,67	43,59	0,04	0,09	1,46	5,74	62,86	0,03	0,08
		46,51	1,42	5,76	59,07	0,03	0,08	1,46	5,80	71,41	0,03	0,08
		50,87	1,38	5,77	54,35	0,03	0,08	1,42	5,80	65,07	0,03	0,08
		54,49	1,38	5,79	55,35	0,03	0,08	1,37	5,79	55,90	0,03	0,07
CONFORME O CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS RESOLUÇÃO N° 58/09	Classe 1	57,32	1,32	5,79	47,79	0,03	0,07	1,31	5,79	47,95	0,03	0,07
		60,44	1,30	5,79	45,77	0,03	0,07	1,29	5,80	45,80	0,03	0,07
		62,62	1,32	5,79	107,74	0,04	0,07	1,29	5,80	84,28	0,03	0,06
		66,51	1,40	5,76	124,17	0,04	0,06	1,34	5,78	91,62	0,03	0,06
		68,32	1,41	5,76	117,24	0,04	0,06	1,34	5,78	86,53	0,03	0,06
		70,46	1,39	5,76	104,62	0,04	0,06	1,31	5,78	77,00	0,03	0,06
		74,72	1,30	5,79	78,23	0,04	0,06	1,20	5,79	53,50	0,03	0,05
		78,52	1,68	5,71	83,51	0,06	0,26	1,43	5,74	56,66	0,04	0,18
		80,11	2,19	5,58	96,07	0,08	0,48	1,74	5,66	61,96	0,06	0,31
		81,27	2,27	5,53	104,43	0,08	0,46	1,78	5,63	67,04	0,06	0,30
CONFORME O CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS RESOLUÇÃO N° 58/09	Classe 2	82,21	2,17	5,42	111,78	0,08	0,39	1,68	5,56	67,36	0,06	0,26
		87,63	2,44	5,28	124,38	0,10	0,47	1,83	5,48	75,29	0,07	0,31
		93,11	2,38	5,23	401,70	0,10	0,41	1,77	5,46	247,02	0,07	0,27
		98,22	2,35	5,23	384,02	0,10	0,40	1,75	5,46	236,05	0,07	0,26

Observa-se, na vazão de enquadramento, uma elevada concentração para quase todos os parâmetros de qualidade, de forma a existirem muitos trechos enquadrados nas classes 3 e 4, especialmente nos cursos hídricos situados à montante do Banhado Grande (entre os km 1 e 10) e nas proximidades da foz do rio Gravataí (a partir do km 85), evidenciando significativa pressão antrópica associada ao lançamento de efluentes. Esse padrão de comprometimento da qualidade é recorrente também nos cenários de Q70 e Q60, indicando que a degradação persiste mesmo sob condições de vazões medianas. Destaca-se que o trecho à montante do Banhado Grande apresenta as piores condições de qualidade para os parâmetros DBO, OD, coliformes termotolerantes e fósforo total, o que revela a contribuição de efluente agrícola, com fertilizantes contendo nutrientes como o fósforo, bem como elevadas taxas de matéria orgânica, provenientes da pecuária e/ou esgoto sanitário, de modo que os cursos hídricos dessa região permanecem fora dos padrões de enquadramento em todas as vazões analisadas, com melhora significativa apenas na condição de Qlp, associada à vazão média-alta. Por outro lado, os resultados para a região da foz do rio Gravataí são mais favoráveis, na maior parte dos parâmetros tendo como referência a vazão média-alta, de forma que se percebe o atendimento aos padrões de enquadramento, exceto para coliformes termotolerantes, que permanecem acima dos limites estabelecidos em todas as vazões de referência simuladas, sugerindo a influência de cargas sanitárias elevadas, especialmente provenientes dos lançamentos associados à Região Metropolitana de Porto Alegre.

Os resultados das simulações permitiram classificar os trechos dos cursos d'água da bacia conforme a classe de qualidade, representada visualmente nos mapas gerados pelas seguintes cores: **Classe 1:** azul; **Classe 2:** verde; **Classe 3:** amarelo; **Classe 4:** vermelho. Como por exemplo, nas Figuras 2, 3 e 4, apresenta-se uma comparação entre os resultados das simulações para o parâmetro DBO, considerando as vazões de referência Q85 e Qlp. A primeira, representa a condição hidrológica mais crítica para a manutenção dos usos da água além de ser a vazão do enquadramento atual, a segunda, é a vazão de longo período, vazão média-alta, a qual apresenta os resultados mais promissores no quadro geral.

Figura 2 – Resultado da simulação: DBO. Vazão: Q85. (Fonte: Autores)

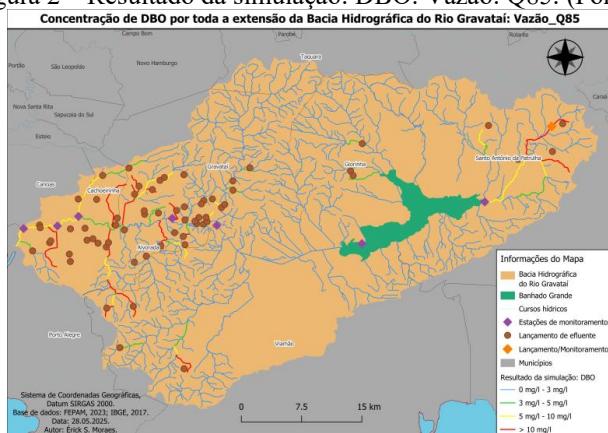


Figura 3 - Distribuição de DBO ao longo do rio. Vazão: Q85 (Fonte: Autores).

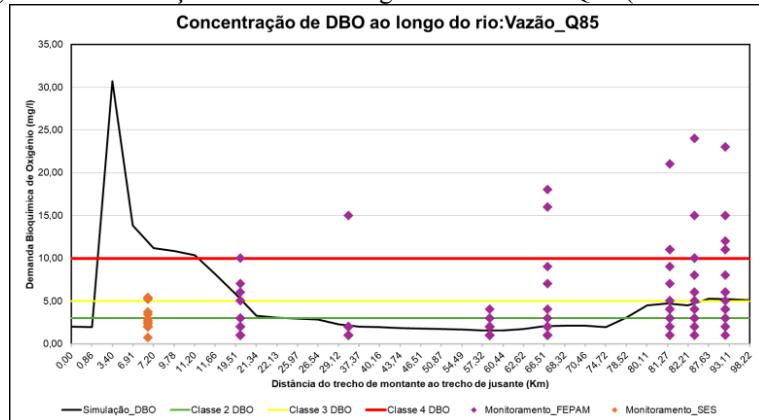
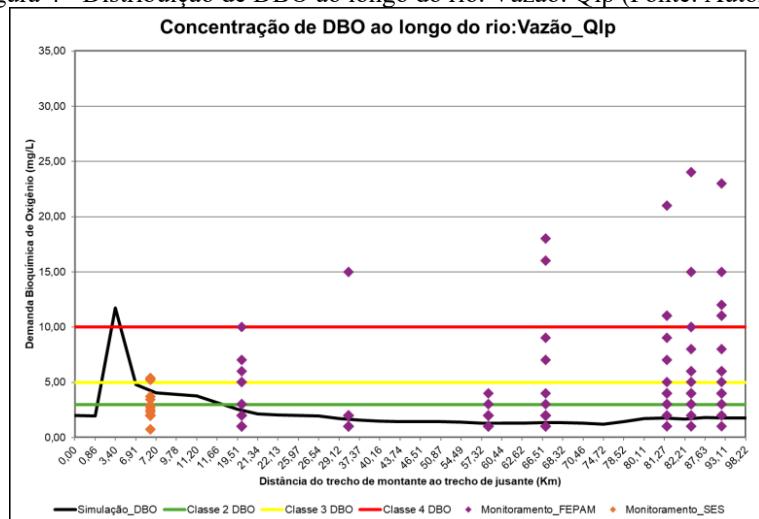


Figura 4 - Distribuição de DBO ao longo do rio. Vazão: Qlp (Fonte: Autores).



CONCLUSÃO

Os resultados obtidos na experiência-piloto evidenciam a influência significativa do regime hidrológico na assimilação dos parâmetros de qualidade da água e, consequentemente, nos padrões observados no corpo hídrico. Verificou-se que os empreendimentos licenciados para o lançamento de efluentes nas regiões do Alto e Baixo Gravataí, na maioria dos casos, não poderiam operar dentro dos limites atualmente autorizados, apesar de dentro dos limites da Res. CONSEMA 355/2017. As simulações indicaram que as concentrações dos parâmetros analisados no Rio Gravataí excedem, muitas vezes de forma expressiva, os limites estabelecidos pelo enquadramento e pela Res. CONAMA nº 357/2005, tanto nas condições de vazão de enquadramento (Q85) quanto nas de vazão média-alta e média-baixa.

Adicionalmente, destaca-se que o estudo não considerou as licenças ambientais municipais dos municípios de Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Taquara e Viamão, tampouco as cargas difusas e os lançamentos irregulares. Esse fator reforça a hipótese de que os resultados apresentados, embora já preocupantes, podem estar subestimando a real situação da qualidade da água, sendo razoável supor que o quadro atual é ainda mais crítico. Diante desse cenário, evidencia-se a necessidade urgente de uma gestão integrada, por meio da instituição da outorga de lançamento, instrumento capaz de assegurar o atendimento às classes de qualidade dos corpos hídricos, conforme as metas de enquadramento e as diretrizes estabelecidas na Resolução CONAMA nº 357/2005. Com efeito, o modelo de gestão vigente, segmentado e centrado no atendimento a limites legais isolados, com autorizações de lançamentos tanto pela FEPAM quanto pelos municípios, demonstra-se insuficiente, pois não reconhece a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão, nem considera as variabilidades hidrológicas e ambientais de cada sistema.

Assim, os critérios generalistas atualmente adotados mostram-se limitados para a efetiva preservação da qualidade das águas, destacando-se a urgência na adoção de abordagens sistêmicas e territorializadas. Isso significa uma gestão articulada, que considere também, além dos diferentes usos da água, os variados tipos de lançamentos e os impactos acumulados, as características específicas de cada bacia hidrográfica, como clima, hidrologia, uso e ocupação do solo, dinâmicas socioeconômicas e pressões ambientais locais. Trata-se, portanto, de reconhecer que, assim como preconizado na ecologia moderna e no pensamento sistêmico desde Aristóteles, “o todo é mais do que a soma das partes” (ARISTÓTELES, 2001).

REFERÊNCIAS

- ARISTÓTELES. (2001). Metafísica. Tradução de Edson Bini. São Paulo: Editora UNESP. Livro VIII, 1045a.
- BOURSCHEID ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE S.A. (2012). Plano de Bacia do Rio Gravataí: Relatório Síntese. Porto Alegre: DRH/SEMA. 97 p.
- BRASIL. (1997). Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 jan. 1997.
- CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – CRH-RS. (2009). Resolução nº 58, de 14 de dezembro de 2009. Estabelece o enquadramento dos corpos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí. Diário Oficial do Estado do RS, Porto Alegre, RS, 16 dez. 2009.
- CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – CONSEMA. (2017). Resolução nº 355, de 24 de novembro de 2017. Estabelece diretrizes para o lançamento de efluentes líquidos no



estado do Rio Grande do Sul. Diário Oficial do Estado do RS, Porto Alegre, RS, 27 nov. 2017.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. (2005). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

KAYSER, R.H.B.; COLLISCHONN, W. (2013). “Integrando sistema de suporte à decisão genérico para gerenciamento de recursos hídricos a um SIG de código aberto”. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves. Anais [...]. Porto Alegre: ABRH.

KAYSER, R.; COLLISCHONN, W. (2017). Manual teórico-prático da ferramenta WARM-GIS Tools: exemplo de aplicação na Bacia do Rio das Almas. Porto Alegre: IPH/UFRGS. 39 p.

SELBORNE, L. (2001). A ética do uso da água doce: um levantamento. Brasília: UNESCO.

SOUZA, A.R.P. de. (2018). Simulação de qualidade da água utilizando os modelos WARM-GIS Tools e QUAL-UFMG: estudo de caso do Rio Novo – ES. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre. 127 f.

TUNDISI, J.G. (2003). Água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos: RiMa; Instituto Internacional de Ecologia – IIE