

(X) Graduação () Pós-Graduação

**CENÁRIOS DE CAPACIDADE DE AUTODEPURAÇÃO DO RIO IJUÍ NO
MUNICÍPIO DE PIRAPÓ/RS POR MEIO DA APLICAÇÃO DO MODELO
MATEMÁTICO QUAL-2E**

Juliana Bernadete Thomas,
Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Cerro Largo/RS,
julianabthomas@hotmail.com

Matheus Araújo Amaral,
Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Cerro Largo/RS,
matheus.amaral@estudante.uffs.edu.br

Alcione Aparecida de Almeida Alves
Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Cerro Largo/RS,
alcione.almeida@uffs.edu.br

Vitor Brunow Da Silva Rubio
Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Cerro Largo/RS,
vitor.brunow@yahoo.com.br

Gustavo Andre Mescka
Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Cerro Largo/RS,
gustavoamescka@gmail.com

RESUMO

O presente estudo avaliou teoricamente os parâmetros de qualidade das águas superficiais, Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrogênio, Fósforo, Amônia Livre, Coliformes e Vazão, por meio de modelagem computacional QUAL-2E para a simulação de autodepuração do Rio Ijuí, ao longo do município de Pirapó, região noroeste do Rio Grande do Sul. A simulação da capacidade de autodepuração do corpo hídrico Classe I conforme preconizado na Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), considerou um percurso de 51,1 km e quatro cenários distintos de carga poluidora, sendo o Cenário 1 a menor e o Cenário 4 a maior carga poluidora teórica. Como resultado da simulação, no Cenário 1, pode-se verificar que todos os parâmetros estavam de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005. Para os Cenário 2, 3 e 4 foram atendidos todos parâmetros, exceto a DBO que atendeu a concentração de acordo com a Classe 1 em 86,50%, 44,03% e 44,00%, respectivamente. Portanto, percebe-se que o trecho do Rio Ijuí em Pirapó/RS possui teoricamente capacidade de autodepuração para o Cenário 1, devendo os demais cenários, maior atenção a despejos de efluentes sem o adequado tratamento.

Palavras-chave: Qualidade das águas; Estudo computacional; Modelagem ambiental.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos estabelece em seu instrumento o objetivo de classificar os corpos d'água de acordo com seus principais usos, com o objetivo de garantir que a qualidade da água seja compatível com os mais exigentes usos pretendidos e reduzir a poluição com adoção de medidas preventivas (BRASIL, 1997). O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) aprovou o estabelecimento de categorias em cinco classificações, sendo elas: Classe especial, Classe I, Classe II, Classe III e Classe IV, cada uma com seus parâmetros de qualidade e indicadores específicos (BRASIL, 2005).

A partir dessas categorias definidas pela Resolução CONAMA nº 357/2005, tem sido comum o uso de modelagens de qualidade das águas superficiais com métodos de cálculo computacionais que considerem a capacidade de autodepuração ou autorregulação destes corpos hídricos. Assim, os modelos matemáticos de autodepuração estão sendo mais utilizados por gestores em auxílio à gestão das águas e do saneamento básico (CUNHA; FERREIRA, 2019).

A melhoria no tratamento de efluentes previamente ao lançamento em corpo hídrico receptor é de fundamental para se evitar minimizar processos de contaminação dos corpos hídricos (FABBI *et al.*, 2007), ou ainda para se evitar um reenquadramento de classe por conta de cargas poluidoras em desacordo com as características destes corpos hídricos (BRASIL, 2005).

Os modelos de qualidade das águas superficiais se destacam como uma ferramenta alternativa para a solução de problemas hídricos, pois podem adotar uma abordagem holística dos principais processos e interações desenvolvidas nos ecossistemas aquáticos, além de prever sua resposta a estímulos externos e estimar sua capacidade de assimilação de esgoto. Com o uso dessas ferramentas, é possível prever o impacto de diversos cenários, de modo a fundamentar a gestão de bacias hidrográficas e as decisões de gestão tomadas por seus responsáveis legais (GUEDES, 2009).

Dentre os modelos utilizado para a identificação de autodepuração, o QUAL-2E - *Brown & Barnwell, maintained by US EPA's Center for Water Quality Modeling in Athens Georgia* – adaptado Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), assim como os demais modelos têm como precursor o modelo de *Streeter-Phelps* de 1925. Sendo, o modelo QUAL-2E capaz de prever a reaeração e a autodepuração em bacias hidrográficas (REZENDE, 2011), este modelo relaciona OD e DBO para compor análises de melhoria na gestão

integrada dos recursos hídricos, com o objetivo de alcançar uma maior eficiência na capacidade de autodepuração (CUNHA; FERREIRA, 2019).

No entanto, a melhoria no tratamento de efluentes previamente ao lançamento em corpos hídricos tem se mostrado um fator preponderante para a manutenção da capacidade de recuperação dos ambientes aquáticos.

Por fim, o presente estudo tem como objetivo analisar, através dos dados secundários, a capacidade teórica de autodepuração da matéria orgânica do Rio Ijuí na extensão do Município de Pirapó/RS, considerando quatro cenários distintos de lançamento de efluente, e um percurso de aproximadamente 51 km.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Atividades antrópicas podem causar passivos ambientais e alterar a qualidade da água superficial de uma bacia hidrográfica. Tais mudanças podem ser notadas em áreas de preservação permanente que em há falta de cobertura vegetal, e em percursos de corpo hídrico com lançamentos de efluentes domésticos e resíduos sólidos. Assim sendo, é indicado que se tenha controle da qualidade da água de uma bacia hidrográfica e implemente melhorias nas suas águas, principalmente se este corpo hídrico for utilizado para captação de águas de abastecimento (BERLANDA *et al.*, 2021).

Concomitantemente, a deterioração dos corpos hídricos está se tornando um dos principais problemas mundiais, sendo que, os principais responsáveis por essa contaminação são os resíduos provenientes do lançamento de efluentes domésticos e industriais sem tratamento (OLIVEIRA *et al.*, 2012). Neste sentido, o uso de modelos matemáticos de autodepuração pode contribuir para a tomada de decisões acerca do uso e da qualidade dos recursos hídricos, viabilizando ainda ações de saneamento e saúde pública (CUNHA; FERREIRA, 2019).

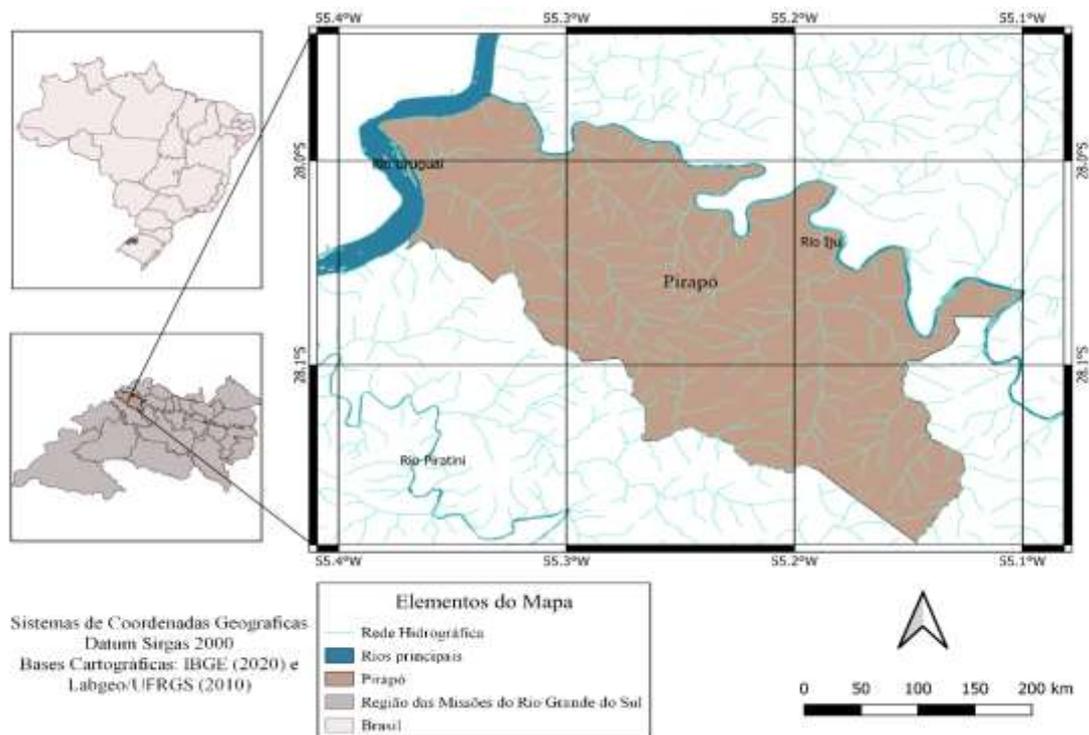
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A localização do município com o trecho do rio estudado está apresentada na Figura 1, em que consta o Mapa de localização de Pirapó/RS, juntamente com rede hidrográfica e rios

principais da região de estudos. A confecção do Mapa foi desenvolvida no Sistema de Informação Geográfica (SIG) livre e aberto, mais especificadamente o *software* QGIS, em sua versão 3.16 denominada "Hannover".

Figura 1: Mapa do município de Pirapó/RS com malha fluvial do rio Ijuí



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

3.2 MODELO QUAL-2E

Para a simulação realizada foi utilizado o Modelo Qual-2E, formulado/adaptado pela UFMG, sendo uma ferramenta de simulação de curso d'água em sentido unidirecional, com boa mistura dos compostos e fluxo constante. Para o cálculo do presente estudo, foram utilizados primeiramente os dados das Tabela 1 e 2 para modelar as condições naturais do corpo hídrico.

Para o cenário 1, foi utilizado 10% da vazão média da bacia hidrográfica (Tabela 1); OD com valor zero; para o N-org foi utilizado 40% da concentração do N-amon descrito na Tabela 1; N-amon, DBO, N-nitrito e N-nitrato iguais à concentração da Classe do corpo hídrico (Tabela 1); para os P-org e P-inorg foram utilizados 50% da concentração descrita na Tabela 1; e por fim, para Coliformes considerando "demais usos" foi utilizado o valor da Tabela 1.

Para o cenário 2, foi utilizado os mesmos valores do cenário 1, com exceção das concentrações de DBO, N-amon, N-nitrito e N-Nitrato. Para estes parâmetros foram utilizados 10% da concentração da Tabela 1 para DBO; e o dobro das concentrações descritas na Tabela 1 para N-amon, N-nitrito e N-nitrato;

Para o cenário 3, foram utilizados os mesmos valores do cenário 2, com exceção da concentração de DBO, que foi multiplicada por 50x. Logo, para o cenário 4, foram utilizados os mesmos valores dos cenários 2 e 3, com exceção da concentração de DBO, que foi multiplicada em 100 vezes.

Tabela 1: Características gerais do corpo hídrico

Parâmetro (Unidade)	Valor	Parâmetro (Unidade)	Valor
Q (m ³ /s)	0,583	N-nitrito (mg /L)	0,005
OD (mg/L)	7,00	N-nitrato (mg /L)	0,01
DBO (mg /L)	2,00	P-org (mg /L)	0,01
N-org (mg /L)	1,00	P-inorg (mg/L)	0,01
N-amon (mg /L)	1,00	Coliformes	100

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Tabela 2 :Valores das constantes

Coefficiente (unidade)	Sigla	Valor
Coefficiente de reaeração m	K2 m	22,45
Coefficiente de reaeração n (d ⁻¹)	K2 n	0,82
Valor máximo aceito para o Coeficiente reaeração (d ⁻¹)	K2	10,00
Coefficiente de desoxigenação	K1	0,4
Coefficiente de decomposição	Kd	0,7
Coefficiente de sedimentação	K _s	0,2
Coefficiente de sedimentação Nitrogênio Orgânico (Norg) (d ⁻¹)	K _{so}	0,05
Coefficiente de conversão Norg para Nitrogênio Amoniacal (Namon) (Norg-Namon) (d ⁻¹)	K _{oa}	0,20
Coefficiente de conversão Namon a Nitrito (Namon-Nnitrito) (d ⁻¹)	Kan	0,20
Coefficiente de conversão de Nitrito a Nitrato (Nnitrito-Nnitrato) (d ⁻¹)	K _{nn}	0,75
Coefficiente (unidade)	Sigla	Valor
O ₂ equivalente da conversão Namon-Nnitrito (mgO ₂ /mgNamon oxid)	O ₂ Namon	3,30
O ₂ equivalente conversão Nnitrito-Nnitrato (mgO ₂ /mgNnitrito oxid)	O ₂ Nnitri	1,10
Coefficiente de inibição da nitrificação por baixo OD	Knitri	0,60
pH	-	7,00
Coefficiente de conversão Fósforo orgânico a inorgânico (Porg-Pinorg) (d ⁻¹)	Koi	0,27
Coefficiente de sedimentação do Fósforo (d ⁻¹)	(Porg – Kspo)	0,02
Coefficiente de decaimento de coliformes (d ⁻¹)	Kb	1,00

Fonte: Von Sperling, 2005.

3.2.1 SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS

Na Tabela 3 estão apresentados os valores acerca dos parâmetros analisados nos quatro cenários utilizados na modelagem de autodepuração do Rio Ijuí na extensão do Município de Pirapó/RS, com base na classe 1 de enquadramento da Resolução CONAMA nº 357/2005.

Tabela 3: Cenários de modelagem

Parâmetro	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Vazão (Q - m ³ /s)	0,0583	0,0583	0,0583	0,00583
Oxigênio dissolvido (OD - mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00
DBO (mg/L)	3	30	150	300
N-org (mg/L)	1,48	0,40	1,48	1,48
N-amoniacal (mg/L)	3,70	2,00	7,40	7,40
N-nitrito (mg /L)	1	0,01	2	2,00
N-nitrato (mg /L)	10	0,02	20	20,00
P-org (mg /L)	0,05	0,005	0,05	0,005
P-inorg (mg/L)	0,05	0,005	0,05	0,005
Coliformes (NMP 100 mL ⁻¹)	2000	2000	2000	2000

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

4 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS

4.1 SIMULAÇÃO DA CAPACIDADE DE AUTODEPURAÇÃO

As simulações de capacidade de autodepuração consideraram os quatro cenários de atribuição de carga poluidora, vazão e incremento de reaeração.

4.1.1 Cenário 1: simulação de autodepuração com efluente tratado com 95% de eficiência

Considerando os valores teóricos aplicados ao cenário 1, pode-se identificar que todos os parâmetros estipulados estão de acordo com a legislação vigente no trecho analisado, mostrando assim que os perfis se encontram 100% adequados. Os parâmetros estipulados e

atendidos foram: OD, DBO, N-amon, N-nitrito, N-nitrato, Fósforo Total e Coliformes. Desta forma, atendeu-se 100% da extensão do trecho de atendimento neste primeiro cenário.

A seguir, serão apresentados os gráficos dos perfis de concentração ao longo do percurso do corpo hídrico, começando primeiramente pelo oxigênio, expresso na Figura 2 no gráfico 1. Ao verificar a concentração de oxigênio no cenário 1, pode-se identificar uma concentração acima da mínima estabelecida pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para a classe 1, que é de 6 mg/L. A concentração medida no ponto zero foi de aproximadamente 6,5 mg/L e no ponto de 50 km foi de aproximadamente 8,2 mg/L, estando condizente com a Resolução CONAMA nº 357/2005. Altas concentrações de OD podem estar relacionadas com a turbulência das dinâmicas hidrológicas e as interações da água superficial com a atmosfera. Esta maior interação da água com a atmosfera é típica de períodos chuvosos, no entanto no presente estudo não foi verificado o índice pluviométrico desta bacia hidrográfica (PEREIRA, *et al.*, 2010).

Figura 2: Perfis de concentrações longo do percurso do rio

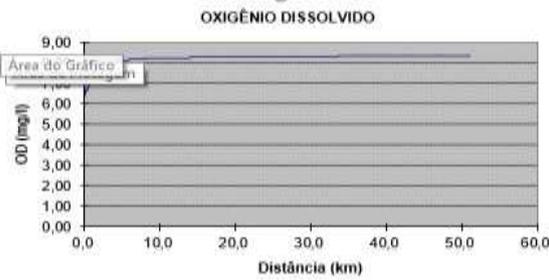


Gráfico 1 – Perfil de concentração do oxigênio (OD) ao longo do percurso do rio.

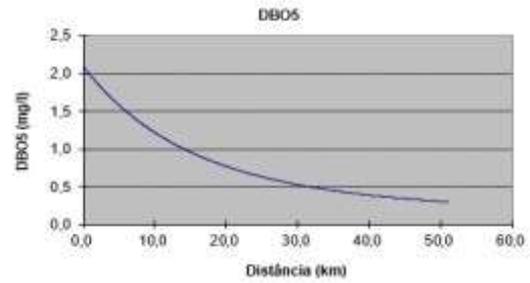


Gráfico 2 – Perfil de concentração de DBO ao longo do percurso do rio

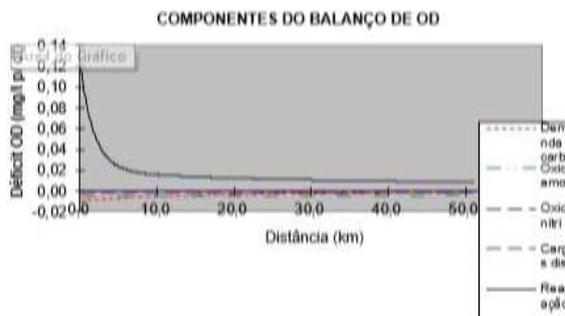


Gráfico 3 – Perfil dos componentes do balanço de OD.

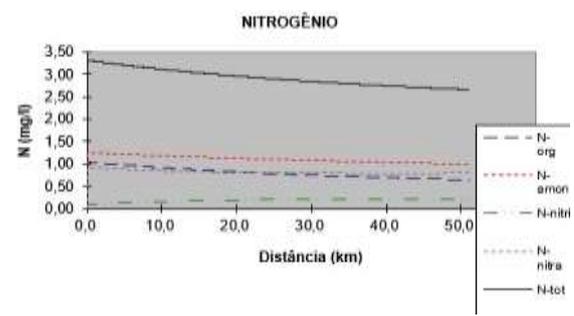


Gráfico 4 – O perfil de nitrogênio ao longo do percurso do rio

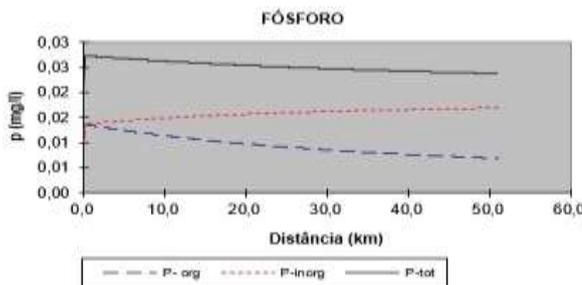


Gráfico 5 – Perfil de fósforo ao longo do percurso do rio

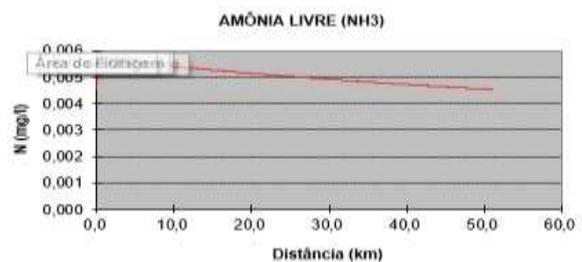


Gráfico 6 - Amônia livre ao longo do percurso do rio

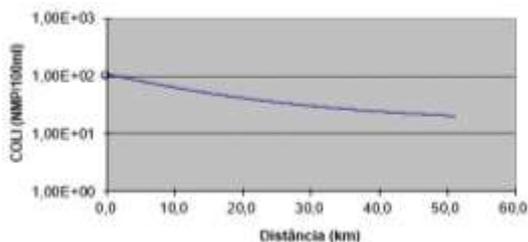


Gráfico 7 – Coliformes ao longo do percurso do rio

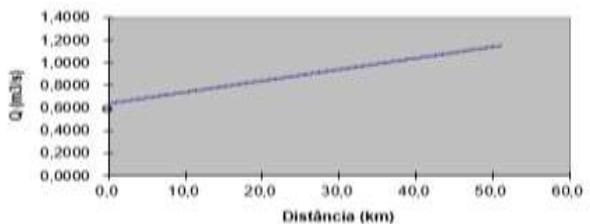


Gráfico 8 – Vazão ao longo do rio

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Em seguida, foi analisado a DBO, a qual precisa estar até 3 mg/L para estar de acordo com a classe 1 da Resolução CONAMA nº 357/2005, e pode-se observar no gráfico 2, que durante os trechos analisados do referido corpo hídrico, os valores de DBO se mantiveram entre cerca em 2,1 ml/L e cerca de 0,3 mg/L, em conformidade com a Resolução CONAMA

nº 357/2005. A redução de DBO pode ter sido alcançada por um período chuvoso (SOUZA; BACICURINSKI, SILVA, 2010).

O déficit de OD é muito baixo, porém a reaeração também se apresenta baixa segundo o gráfico 3. A presente simulação prevê um aumento de vazão (gráfico 9) o que contribui para o aumento do OD, porém não foram considerados dados pluviométricos no estudo.

Foi analisado também o parâmetro do Nitrogênio pelo gráfico 4, em que se pode observar valores menores de 3,7 mg/L como estipula a Resolução CONAMA nº 357/2005 para a Classe 1, quando o pH está inferior a 7,5. Neste caso, o pH das simulações é de 7 (BRASIL, 2005). As maiores concentrações de Nitrogênio (em suas várias formas) localizam-se próximas ao quilometro zero no trecho, mostrando uma queda ao longo do percurso.

Ao analisar o P pelo gráfico 5, pode-se perceber que o P orgânico e o Fósforo Total diminuíram suas concentrações, podendo ser pela ausência de demais lançamentos de efluentes com grandes quantidades de matéria orgânica. Pode-se inferir que não existem atividades agrícolas intensas (SANTOS, *et al.*, 2012) nos trechos posteriores a este lançamento, por isso as cargas de P diminuíram, exemplificando uma autodepuração do corpo hídrico.

Em relação à amônia livre, o gráfico 6 mostra uma leve queda na concentração deste elemento, de aproximadamente 0,0058 para 0,0045 mg/L, mostrando que não houve novos lançamentos de esgoto no presente trecho analisado nesta simulação. Este valor está muito abaixo do limite de Nitrogênio Amoniacal (Namon) regulado na Resolução CONAMA nº 357/2005, que é de 3,7mg/L, indicando que o lançamento não foi com esgoto predominantemente doméstico sem tratamento (SILVA; JARDIM, 2007).

Quanto aos coliformes, pode-se ver no gráfico 7 que eles diminuíram uniformemente ao longo do percurso do rio, apresentando valores menores de 200 coliformes/100ml. A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece, para a Classe I de águas, o limite de 200 coliformes termotolerantes a cada 0,1 L em 80% das amostras, ou sendo um monitoramento anual, que em no mínimo 6 amostras essa concentração seja menor de 200 coliformes por 100ml da amostra (BRASIL, 2005). Como pode-se observar no gráfico 7, os valores analisados para a simulação 1 correspondem com a legislação vigente.

A vazão ao longo do rio também foi estimada no cenário 1, e pode ser representada no gráfico 8. Pode se perceber que a vazão ao longo dos trechos aumentou uniformemente considerando a simulação 1, o que levanta a hipótese de infiltrações difusas e índices pluviométricos que não foram contabilizados com base em dados de uma estação

pluviométrica. Variações na precipitação média e alterações na cobertura do solo ao redor da bacia hidrográfica podem alterar a vazão média do corpo hídrico (SOUZA; SOUZA; CARDOSO, 2017). É indicado considerar mais variáveis com seus valores médios numa simulação futura para se ter prognósticos mais confiáveis e mais semelhantes aos reais.

4.1.2 Cenário 2: simulação de autodepuração com efluente tratado com 85% de eficiência

Então no cenário 2, os dados vão ser expostos a seguir para os parâmetros, seguindo a Resolução CONAMA nº 357/2005. Considerando os valores da simulação 2, foi identificado que praticamente todos os parâmetros estipulados estão de acordo com a legislação vigente, com exceção da DBO com atendimento em 86,5% (Tabela 3) à Resolução CONAMA nº 357/2005, no trecho analisado.

Tabela 3: Porcentual da extensão do trecho em atendimento à legislação (%). Parâmetro (% do trecho dentro dos padrões)

OD	DBO	N-amon	N-nitito	N-nitrato	P	Coli
100,0	86,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Abaixo, será exibida a curva de concentração ao longo do corpo d'água, começando com a concentração de oxigênio, conforme mostrado na Figura 3, em que pode ser visualizado que a concentração é superior ao valor mínimo determinado pelo seguinte: A Resolução CONAMA nº 357/2005 da categoria 1 n ° 357/2005 é de 6 mg / L. A concentração do ponto zero é de cerca de 6,5 mg / L.

Figura 3: Perfis de concentrações ao longo do percurso do rio

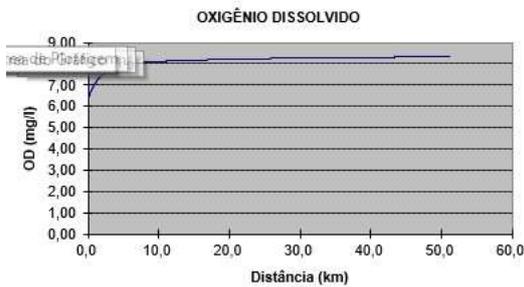


Gráfico 9 – Perfil de concentração do oxigênio (OD) ao longo do percurso do rio.

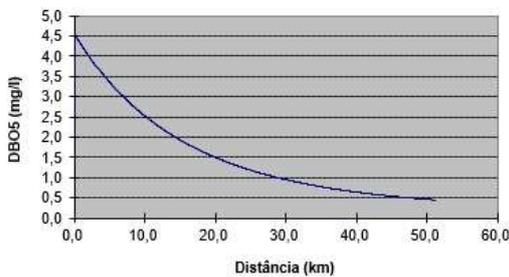


Gráfico 10 – Perfil de concentração de DBO ao longo do percurso do rio.

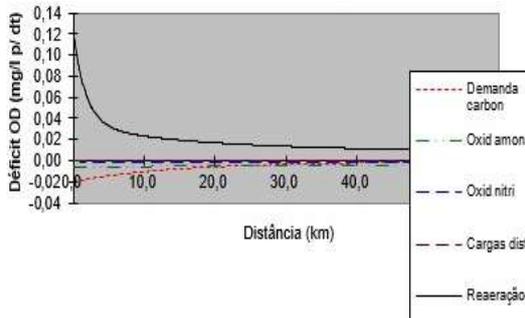


Gráfico 11 – Perfil dos componentes do balanço de OD.

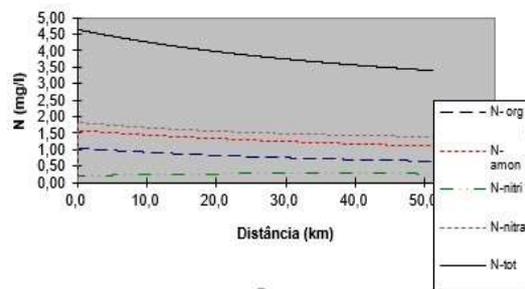


Gráfico 12 – Perfil dos componentes do Nitrogênio.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

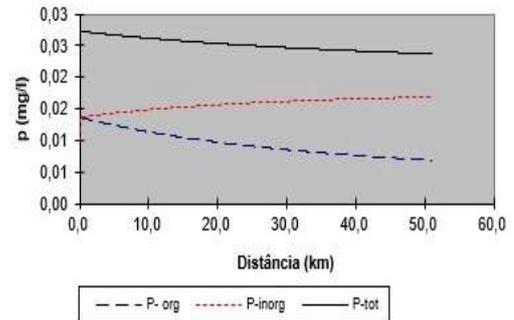


Gráfico 13 – Perfil dos componentes do Fosforo.

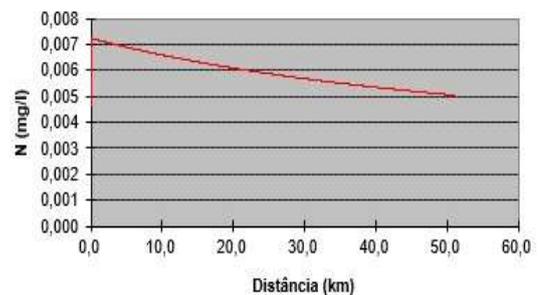


Gráfico 14 - Amônia livre ao longo do percurso do rio.

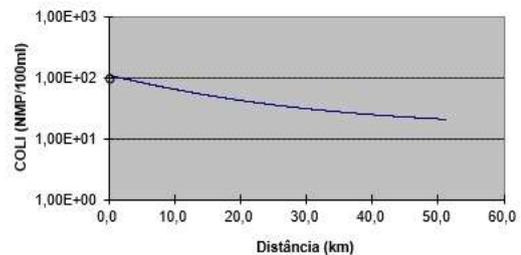


Gráfico 15 – Perfil dos Coliformes ao longo do percurso do rio.

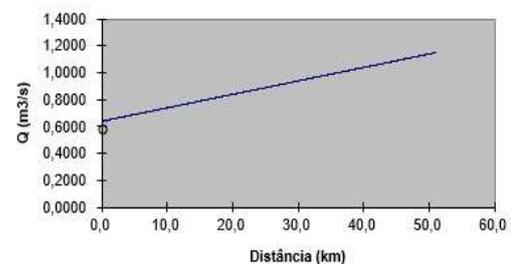


Gráfico 16 – Perfil da vazão ao longo do percurso do rio.

No parâmetro OD o valor vai dar acima de 6 mg/l e conforme a Resolução N° 357, estará de acordo sendo mais ou menos o valor no gráfico 10, 8,5 mg/l na distância de 51,1 km.

O DBO5 seu valor vai dar abaixo de 2 mg/l, na Figura 3, sendo assim vai seguir a Resolução CONAMA nº 357/2005, onde não se pode passar de 3mg/l de oxigênio (gráfico 9). Sendo devido ao decaimento, oxidação, desnitrificação e deposição na DBO serão incluídos.

A Demanda Carbônica vai estar abaixo de 0,00 mg/l, oxidação amoniacal e estável/constante a 0,00 mg/l, oxidação nítrica também será 0,00 mg/l, carga distribuídas é constante também em 0,00mg/l, reaeração começa acima de 0,10mg/l e chega no quilometro 51,1 km abaixo de 0,05 mg/l. Portanto todos os valores vão estar regulamentados corretamente seguindo a Resolução CONAMA nº 357/2005.

No gráfico 12, o nitrogênio orgânico começará em 1mg/l e vai diminuir um pouco, já no N-amon e N- Nitrato começa em 2 mg/l, mas não chega a 1mg/l. O nitrogênio vai diminuir à medida que aumenta o percurso no rio Ijuí e se adequando a Resolução CONAMA nº 357/2005.

P orgânico vai diminuir sua quantidade à medida que alcança mais distância do ponto inicial do percurso, já o inorgânico vai aumentar até chegar a 0,02 mg/l e o Fósforo Total também irá diminuir, abaixo de 0,03 mg/l. Seguindo todos os protocolos da legislação vigente no gráfico 13.

A amônia livre vai começar crescente e começa a decair, chegando a 0,005 mg/l na distância de 51,1km, como ilustra a gráfico 14.

Os coliformes (gráfico 15) vão começar crescente possivelmente por tem mais descargas de esgoto, vai se degradando ao passar do percurso do rio e chegando a quase 1000 L, na distância final. Na Resolução CONAMA nº 357/2005, emprega que seguiu seus valores

A vazão vai aumentar de 0,580 m³/s para quase 1,200 m³/s no quilometro 51.100 km (gráfico 16), se adequando a Resolução CONAMA nº 357/2005.

4.1.3 Cenário 3: simulação de autodepuração com efluente tratado com 75% de eficiência

Então no cenário 3, os dados vão se dar a seguir para os parâmetros, seguindo a Resolução CONAMA nº 357/2005. Considerando os valores da simulação 3, na Tabela 4, foi identificar que praticamente todos os parâmetros estipulados estão de acordo com a legislação vigente no trecho analisado.

Mostrando assim que os dados encontram à 100%, sendo somente a demanda bioquímica de oxigênio abaixo de 44%, não correspondendo aos dados estabelecidos pelo CONAMA.

Tabela 4: Percentual da extensão do trecho em atendimento à legislação. Parâmetro (% do trecho dentro dos padrões)

OD	DBO	N-amon	N-nitito	N-nitrato	P	Coli
100,0	44,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

As porcentagens de cada parâmetro vão ser de 100%, porém DBO será 44%, estando em desacordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005.

Abaixo, será exibida a curva de concentração ao longo do corpo d'água, começando com o oxigênio, conforme mostrado na Figura 4 no gráfico 17, compara a concentração de oxigênio, pode ser determinado que a concentração é superior ao valor mínimo. A Resolução CONAMA n° 357/2005 da classe 1 n ° 357/2005 é de 6 mg / L. A concentração do ponto zero é de cerca de 6,5 mg / L.

Figura 4: Perfis de concentrações ao longo do percurso do rio

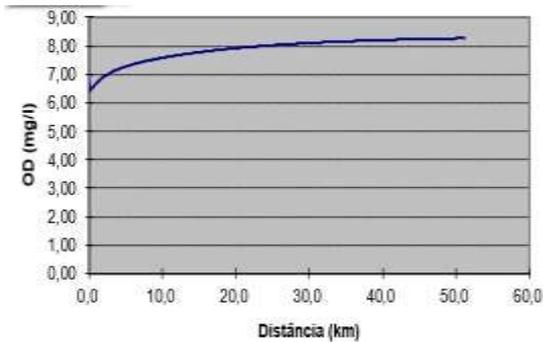


Gráfico 17- Perfil de concentração do oxigênio (OD) ao longo do percurso do rio.

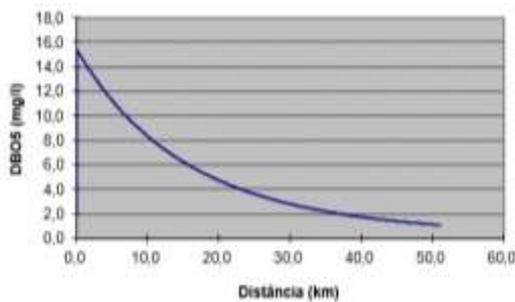


Gráfico 19 – Perfil de concentração de DBO ao longo do percurso do rio.

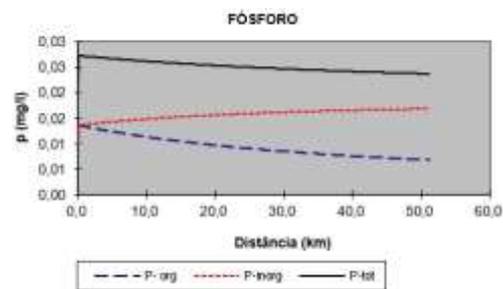


Gráfico 21 – Perfil do Fósforo ao longo do percurso do rio.

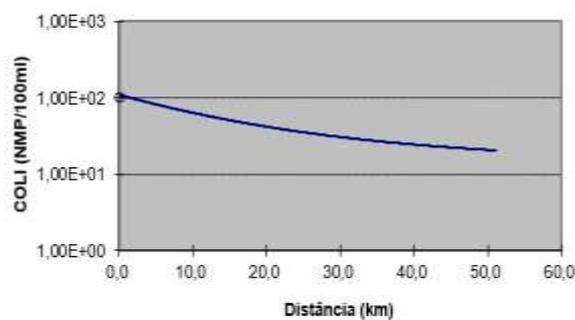


Gráfico 23 -Perfil dos coliformes ao longo do percurso do rio.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

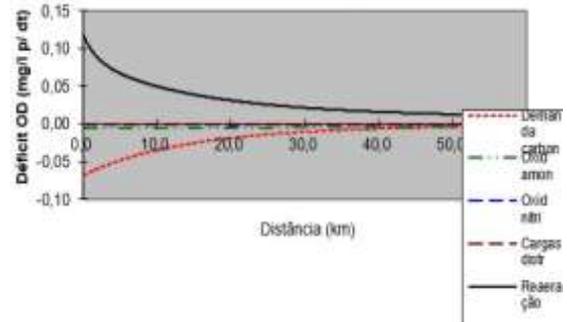


Gráfico 18 – Perfil dos componentes do balanço de OD.

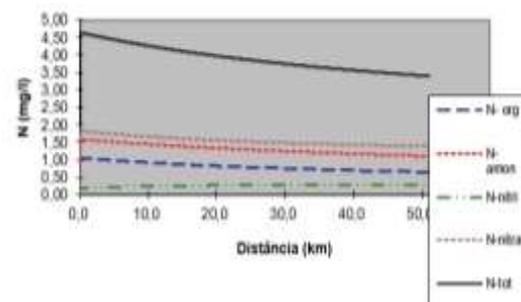


Gráfico 20 - Perfil dos componentes do Nitrogênio.

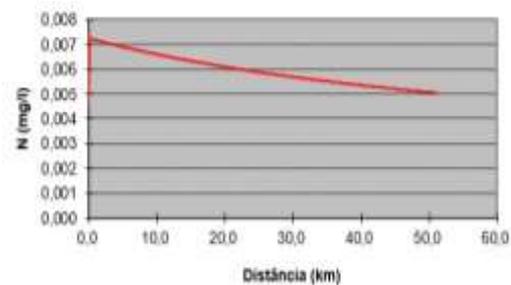


Gráfico 22 – Perfil da Amônia livre ao longo do percurso do rio.

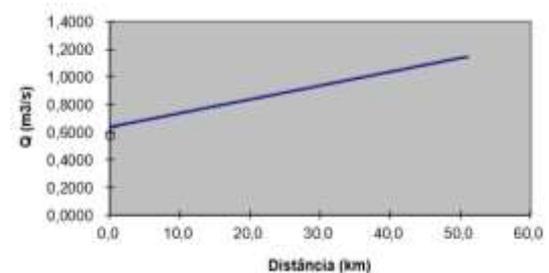


Gráfico 24 - Perfil da Vazão ao longo do percurso do rio.

O DBO5 seu valor vai dar abaixo de 2 mg/l (gráfico 19), sendo assim vai seguir a Resolução CONAMA nº 357/2005, onde não se pode passar de 3 mg/l de oxigênio. Sendo devido ao decaimento, oxidação, desnitrificação e deposição na DBO serão incluídos.

No parâmetro de OD o valor vai dar acima de 6 mg/l (gráfico 17) e conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005, estará de acordo sendo cerca desse valor na Figura 4 8,5 mg/l na distância de 51,1 km.

A Demanda Carbônica (gráfico 18) vai estar abaixo de 0,00 mg/L, oxidação amoniacal e estável/constante a 0,00 mg/L, oxidação nítrica também será 0,00 mg/L, carga distribuídas é constante também em 0,00mg/L, reaeração começa acima de 0,10mg/L e chega no quilometro 51,1 km abaixo de 0,05 mg/L. Portanto todos os valores vão estar regulamentados corretamente seguindo a Resolução CONAMA nº 357/2005.

No gráfico 20, o nitrogênio orgânico começará em 1mg/L e com o passar da distância vai diminuir um pouco, já no N-amon e N- Nitrato começa em 2 mg/L, mas não chega a 1mg/l, ou seja, o nitrogênio vai diminuir à medida que aumenta o percurso do rio Ijuí. Vai se adequar a Resolução CONAMA nº 357/2005.

No gráfico 21, P orgânico vai diminuir sua quantidade à medida que alcança mais distância do ponto inicial do percurso, já o inorgânico vai aumentar até chegar a 0,02 mg/l e o Fósforo Total também irá diminuir, abaixo de 0,03 mg/l. Seguindo todos os protocolos pedidos na Resolução CONAMA nº 357/2005.

O gráfico 22, a amônia livre vai começar crescente e começa a decair ao passar da quilometragem do rio, chegando a 0,005 mg/l na distância de 51,1km. Sendo seguindo todos os parâmetros pedidos na Resolução CONAMA nº 357/2005.

No gráfico 23, os coliformes vão começar crescente possivelmente por tem mais descargas de esgoto, vai se degradando ao passar do percurso do rio e chegando a quase 10 L, na distância final. Na Resolução CONAMA nº 357/2005, emprega que seguiu seus valores.

A vazão vai aumentar de 0,580 m³/s para quase 1,200 m³/s no quilometro 51.100km (gráfico 24), se adequando a Resolução CONAMA nº 357/2005.

4.1.4 Cenário 4: simulação de autodepuração com efluente tratado com 65% de eficiência

Na elaboração de um licenciamento ambiental para o lançamento de esgoto em um corpo hídrico, precisa-se fazer várias análises e simulações, para se garantir que os valores

medidos atendem os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Levando em consideração os valores estabelecidos pro cenário 4, ao se analisar os dados do Gráficos da figura 4 e Tabela 5, nota-se que apenas a DBO não atende, na totalidade do comprimento do rio, o estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, ficando restrita a apenas 20,4% do percurso do rio estando de acordo.

Tabela 5: Percentual da extensão do trecho em atendimento à legislação. Parâmetro (% do trecho dentro dos padrões)

OD	DBO	N-amon	N-nitito	N-nitrato	P	Coli
100,0	44,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Então a simulação 4 com eficiência de 65%, seus valores vão ser iguais a simulação 3 com a eficiência de 75%. Sendo assim, igualmente os dados da figura 4 com os respectivos gráficos de Oxigênio Dissolvido (OD) nos (Gráficos 17 e 18), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (gráfico 19), Nitrogênio (gráfico 20), Amônia Livre (gráfico 21), Fósforo (gráfico 22), Coliformes (gráfico 23) e sua Vazão no gráfico 24.

5 CONCLUSÕES

A autodepuração do Rio Ijuí, em específico no trecho que perpassa o município de Pirapó/RS, apresentou valores dos parâmetros DBO e Nitrogênio reduzidos ao longo do percurso, enquanto que o OD sofreu um acréscimo, logo identificou-se um balanço de OD que possui possibilidade de capacidade de autodepuração na análise teórica de simulação de autodepuração.

Para os cenários em que a Classe 1 não foi atendida conforme a legislação (isto é, cenários 2, 3 e 4), recomenda-se a realização do tratamento adequado dos efluentes previamente ao lançamento no corpo hídrico. Isto porque, lançamentos indevidos por períodos mais longos, podem ocasionar em um decréscimo na capacidade de autodepuração, além de comprometer significativamente a qualidade de água do corpo hídrico, oferecendo por vezes riscos à saúde pública da população, bem como nos usos preponderantes dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

- BERLANDA, et al. **Avaliação temporal e espacial da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Desquite, Santa Catarina**. Engenharia Ambiental e Sanitária. v. 26. n. 1. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s1413-41522018009>>. Acesso em 22 maio 2021.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. 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, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília. P. 58-63. 18 mar. 2005.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 9 jan. 1997.
- CUNHA, C. L. N.; FERREIRA; A. P. Análise crítica por comparação entre modelos de qualidade de água aplicados em rios poluídos: contribuições à saúde, água e saneamento. **Engenharia Ambiental e Sanitária**. v. 24. n. 3. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s1413-41522019112332>>. Acesso em 22 maio 2021.
- FABBI, L. M. *et al.*, Monitoramento de efluentes em agroindústrias de Chapecó, Santa Catarina. **Revista de Ciências Ambientais**. v. 1. n. 2. 2007. Disponível em: <<https://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/Rbca/article/view/170>>. Acesso em 22 maio 2021.
- GUEDES, H. A. S. Universidade Federal de Viçosa - UFV. **Modelagem da qualidade da água e da capacidade de autodepuração do rio Pomba**. Minas Gerais. 2009. p. 8. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/3683/1/texto%20completo.pdf>>. Acesso em 22 maio 2021.
- OLIVEIRA, J. P. W.; SANTOS, R. N. D.; BOEIRA, J. M. Genotoxicidade e Análises Físico-Químicas das águas do Rio dos Sinos (RS) usando Allium Cepa e Eichhornia crassipes como bioindicadores. **Biochemistry and Biotechnology Reports (BBR)**, v. 1, n. 1, p. 15 - 22, 2012.
- PEREIRA, *et al.* Seasonal effects of wastewater to the water quality of the Caeté river estuary, Brazilian Amazon. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. Rio de Janeiro. 2010. V. 82. N. 2. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0001-37652010000200022>>. Acesso em 22 maio 2021.
- REZENDE, G. R. Estudo do sub-bacia hidrográfica do Rio Monjolinho, São Carlos - SP, utilizando o modelo matemático de qualidade da água QUAL-2E. **Fórum ambiental da Alta Paulista**. V. 7. N. 2. 2011. Disponível em: <https://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/111>. Acesso em 21 maio 2021.

SANTOS, *et al.* Avaliação espaço-temporal dos parâmetros de qualidade da água do rio Santa Rita (BA) em função do lançamento de manipueira. **Revista Ambiente & Água**. V. 7. N. 3. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.880>

SEBRAE. **Perfil das cidades gaúchas**: Pirapó. 2020. Disponível em: https://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil_Cidades_Gauchas-Pirapo.pdf. Acesso em 17 maio 2021.

SILVA, G. S.; JARDIM, W. F. Aplicação do método da carga máxima total diária (CMTD) para a amônia no Rio Atibaia, região de Campinas/Paulínia – SP. **Engenharia Ambiental e Sanitária**, 2007. Rio de Janeiro. v. 12. n. 2. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522007000200007>. Acesso em 22 maio 2021.

SOUZA, C. F.; BACICURINSKI, I.; SILVA, E. F. F. UNITAU. Avaliação da qualidade da água do rio Paraíba do Sul no município de Taubaté-SP. **Revista Biociências**. 2010. Disponível em: <file:///E:/Downloads/1102-3522-1-PB.pdf>. Acesso em 14 maio 2020.

SOUZA, N. S.; SOUZA, W. J.; CARDOSO, J. M. S.; Caracterização hidrológica e influência da cobertura do solo nos parâmetros de vazão do Rio das Fêmeas, 2017. **Engenharia Ambiental e Sanitária**. Rio de Janeiro. v. 22. n. 3. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522017155279>. Acesso em 22 maio 2021.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2005.