

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER/RS
FEPAM
DEPARTAMENTO DE QUALIDADE AMBIENTAL - DQA



RELATÓRIO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL NO RIO DOS SINOS

Porto Alegre/RS

Agosto de 2019

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

Marjorie Kauffmann

DIRETORIA TÉCNICA

Renato das Chagas e Silva

DEPARTAMENTO DE QUALIDADE AMBIENTAL

Glaucus Vinicius Biasetto Ribeiro

DIVISÃO DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL

Claudia Bos Wolff

DIVISÃO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL

Márcio D'Avila Vargas

Equipe técnica executora:

Analista Ambiental Rafael Midugno

Geólogo, Doutor em Ciências

Analista Ambiental Rafael Fernandes e Silva

Eng.º Geólogo, Mestre em Geociências

Bolsista Leonardo Fernandes Wink

Acadêmico de Geografia/UFRGS

RELATÓRIO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL NO RIO DOS SINOS

O presente documento relata a análise qualitativa das condições da água no rio dos Sinos, realizada pela equipe técnica da Divisão de Planejamento Ambiental e da Divisão de Monitoramento Ambiental, vinculadas ao Departamento de Qualidade Ambiental da FEPAM.

Os dados apresentados são oriundos da Rede Básica de Monitoramento da FEPAM.

SUMÁRIO

1. Objetivos	6
1.1. Geral.....	6
1.2. Específico.....	6
2. Introdução	6
2.1. Área de estudo.....	8
3. Fundamentação Teórica	14
3.1. Enquadramento.....	14
3.2. Bacia Hidrográfica	15
3.3. Deliberações do Comitê de Gestão da Bacia Hidrográfica	15
3.3.1. Deliberação CBHSINOS 041/2014	16
3.3.2. Deliberação CBHSINOS 042/2014	16
3.3.3. Deliberação CBHSINOS 046/2014	16
3.4. Parâmetros físico-químicos e microbiológico	16
3.4.1. Oxigênio Dissolvido (OD).....	16
3.4.2. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	16
3.4.3. Demanda Química de Oxigênio (DQO)	17
3.4.4. Turbidez.....	17
3.4.5. Fósforo total	17
3.4.6. Escherichia coli (E. coli).....	17
3.4.7. Coliformes Termotolerantes	17
3.4.8. Nitrogênio amoniacal.....	18
3.5. Uso do território.....	18
3.6. Estatística	20
4. Materiais e Métodos	20
4.1. Seleção de estações da rede de monitoramento da FEPAM.....	20
4.2. Parâmetros analíticos e tratamento estatístico	21
4.3. Critérios para definição de classes de uso por estação	22
5. Resultados	23
5.1. Oxigênio Dissolvido (OD)	23
5.2. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})	25
5.3. Demanda Química de Oxigênio/Demanda Bioquímica de Oxigênio (DQO/DBO)	27
5.4. Turbidez.....	28
5.5. Fósforo total	29
5.6. Escherichia coli.....	31
5.7. Nitrogênio Amoniacal.....	32
5.8. Correlação	34
6. Discussão.....	35
7. Considerações finais	37
8. Referências bibliográficas.....	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Regiões Hidrográficas Brasileiras.	9
Figura 2. Regiões Hidrográficas do Estado do Rio Grande do sul e as respectivas bacias hidrográficas.	10
Figura 3. Localização da Bacia Hidrográfica do rio dos Sinos.	10
Figura 4. Trechos da bacia hidrográfica do rio dos Sinos.	11
Figura 5. Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio dos Sinos.	12
Figura 6. Localização de estações de monitoramento utilizadas na bacia hidrográfica do rio dos Sinos.	14
Figura 7. Classes de enquadramento de qualidade da água e os respectivos usos a que se destinam.	16
Figura 8. Distribuição do conjunto de dados significativos do parâmetro oxigênio dissolvido.	25
Figura 9. Distribuição do conjunto de dados significativos do parâmetro DBO.	26
Figura 10. Distribuição do conjunto de dados significativos da razão DQO/DBO.	28
Figura 11. Distribuição do conjunto de dados significativos do parâmetro turbidez.	29
Figura 12. Distribuição do conjunto de dados significativos do parâmetro fósforo total.	31
Figura 13. Distribuição do conjunto de dados significativos do parâmetro <i>E. coli</i> .	32
Figura 14. Distribuição do conjunto de dados significativos do parâmetro Nitrogênio amoniacal.	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Pontos de monitoramento da qualidade da água da bacia hidrográfica do rio dos Sinos.	13
Quadro 2. Localização dos pontos de monitoramento da bacia hidrográfica do rio dos Sinos.	13
Quadro 3. Limites propostos na Resolução Nº 357/2005 do CONAMA.	22
Quadro 4. Limites propostos para nitrogênio amoniacal na Resolução Nº 357/2005 do CONAMA.	22
Quadro 5. Representação de classes da Resolução CONAMA Nº 357/2005.	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados observados do parâmetro oxigênio dissolvido.	24
Tabela 2. Dados observados do parâmetro demanda bioquímica de oxigênio.	26
Tabela 3. Dados observados da razão demanda química de oxigênio/demanda bioquímica de oxigênio.	27
Tabela 4. Dados observados do parâmetro turbidez.	29
Tabela 5. Dados observados do parâmetro fósforo total.	30
Tabela 6. Dados observados do parâmetro <i>E. coli</i> .	31
Tabela 7. Dados observados do parâmetro nitrogênio amoniacal.	33
Tabela 8. Correlação r entre os parâmetros.	34
Tabela 9. Classificação dos parâmetros e das estações conforme metodologia adotada pela FEPAM.	35

1. Objetivos

1.1. Geral

Determinar as condições de qualidade da água do rio dos Sinos a partir da análise de dados obtidos em estações de monitoramento desta Fundação nos períodos de 2010-2013 e de 2016-2019.

1.2. Específico

Utilizar funções estatísticas para auxiliar na análise e interpretação dos dados analíticos.

2. Introdução

A Lei Federal nº 9.433 de 1997 institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e reconhece como fundamento o caráter público dos recursos hídricos. Conforme o 1º artigo, a lei decreta que a água é um bem de domínio público, limitado e dotado de valor econômico, o qual deve ter como uso prioritário o consumo humano e a dessedentação de animais. O Art. 2º acrescenta os objetivos da PNRH, os quais devem ser garantidos, à atual e às futuras gerações, a disponibilidade de água em condições adequadas para os diversos usos, além de propiciar a utilização racional e integrada dos recursos hídricos. O Art. 8º propõe que a gestão da água, por meio dos Planos de Recursos Hídricos, seja efetuada por bacia hidrográfica. O Art. 9º ratifica que o enquadramento dos corpos hídricos se dará conforme os usos predominantes da água, contanto que esteja garantida a qualidade compatível com os usos que demandam maior exigência, como recreação de contato primário.

A Lei Estadual nº 10.350 de 1994 instituiu o Sistema Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul, ainda sob a ótica de que a água é um bem público. No Art. 3º é definido como dever primordial do Estado proporcionar à sociedade relatórios sobre a condição quali-quantitativa dos recursos hídricos. Ademais, no Art. 4º, é apresentada, como diretriz, a descentralização da ação do Estado por regiões e bacias hidrográficas, com a participação comunitária através dos Comitês de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas, os quais devem congrega os usuários, representantes políticos e entidades atuantes em determinada bacia. Cabe também, aos comitês de bacia, conhecer, manifestar-se e elaborar propostas quanto aos objetivos de qualidade dos corpos de água, quanto aos seus usos e conservação.

Ainda no âmbito da gestão estadual de recursos hídricos, no Estado do RS, o Art. 5º da Lei nº 10.350/1994 estabelece que o órgão ambiental estadual deve integrar o Sistema de Recursos Hídricos. A Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), instituída pela Lei nº 9.077 de 1990, tem dentre seus objetivos realizar o diagnóstico, fazer o acompanhamento e controlar a qualidade no meio ambiente no Estado. Ainda, conforme disposto no Art. 16 da Portaria FEPAM nº 036/2018, é competência do Departamento de Qualidade Ambiental desse órgão, desenvolver ações de planejamento ambiental e estabelecer diretrizes para ações de proteção ambiental, bem como preparar relatórios de monitoramento da qualidade das águas superficiais e elaborar boletins para divulgação pública.

A qualidade da água de qualquer rio/tributário reflete, segundo Moura *et al.* (2010), não só a influência geológica, biológica, pedológica e meteorológica, mas também as ações antrópicas. Isso ocorre devido à absorção de esgotos pluviais e cloacais, atividades agrícolas e industriais e todas as demais atividades que alteram as condições naturais do curso d'água. A falta de planejamento, em consonância ao uso descontrolado do solo, ocasiona a degradação tanto da qualidade, como da disponibilidade hídrica. As características físicas, químicas e biológicas do ecossistema aquático/terrestre são igualmente

afetadas. O planejamento territorial de uma bacia hidrográfica, conforme Campos *et al.* (2016) e Mota (1995), baseado em suas particularidades ambientais, constitui o melhor método para evitar a degradação de seus recursos hídricos. Conforme Silva (2011), as medidas de controle do escoamento das águas superficiais, de proteção da vegetação, de disciplinamento do uso e ocupação do solo e de controle da erosão, têm reflexos qualitativos e quantitativos na proteção dos recursos hídricos.

A FEPAM opera a nova rede básica de monitoramento da qualidade da água superficial na bacia hidrográfica do rio dos Sinos desde abril de 2016, quando esse órgão ambiental firmou contrato com a Agência Nacional de Águas – ANA. No entanto, desde 1990, a FEPAM já vem operando a rede de monitoramento. Nesse intervalo de tempo estava vigorando o convênio de cooperação que, posteriormente, progrediu para o Programa Qualiáguas. A rede básica tem por objetivo monitorar a qualidade da água dos recursos hídricos segundo seus usos múltiplos, ao passo que as redes dirigidas ao monitoramento de empreendimentos e das redes eventuais, operadas durante períodos restritos de tempo, são instaladas para monitorar, por exemplo, incidentes envolvendo poluição aguda (FEPAM, 2019).

A FEPAM vem adotando desde 2017, Índice de Qualidade da Água baseado em Análise Estatística Multivariada, também denominada Análise Fatorial - IQAf. Para o cálculo do IQAf são utilizados, regularmente, 21 (vinte e um) parâmetros analíticos. A frequência das campanhas de amostragem é trimestral nas estações que compõem a rede básica estadual. Até o ano de 2013, a FEPAM calculava IQA baseado na metodologia desenvolvida pela *National Sanitation Foundation* (NSF) dos EUA. Esta metodologia é adequada para avaliação da qualidade da água superficial em ambientes urbanos. Por esse motivo, sua aplicação era feita para análise da qualidade da água nas bacias hidrográficas dos rios Gravataí e Sinos. A partir da ampliação da abrangência da rede básica de monitoramento, bacias hidrográficas com uso e ocupação do território, ligados ao setor agrícola e ao ambiente natural conservado, passaram a ser monitoradas sistematicamente. A utilização do IQA-NSF para interpretar dados de qualidade, coletados em bacias hidrográficas onde efluentes urbanos não são dominantes, não se torna adequada, tendo em vista sua relação com os parâmetros utilizados no cálculo. Por esse motivo, foi desenvolvido IQAf, aplicável em ambientes urbanos, mistos e rurais e que permite, ainda, comparar índices calculados em bacias situadas em diferentes contextos.

Outro procedimento que a FEPAM segue realizando, mas de forma subordinada, é a avaliação de parâmetros individualmente, em especial no que diz respeito à verificação de conformidade de cada um em relação aos padrões estabelecidos pela Resolução N° 357/2005 do CONAMA. Este procedimento também foi adotado durante o processo de elaboração do Plano de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica do rio dos Sinos. Atualmente na FEPAM esse procedimento é utilizado na definição das categorias correspondentes ao IQAf.

O presente relatório apresentará uma avaliação da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio dos Sinos, realizada a partir de análise dos dados advindos da rede básica de monitoramento da FEPAM. É importante destacar que a bacia hidrográfica do rio dos Sinos possui Plano de Recursos Hídricos e processo de enquadramento, ambos concluídos e aprovados, respectivamente, em 11 de junho de 2014 e 1º de julho de 2014. Salienta-se ainda que durante o processo de elaboração do Plano do Sinos, foram selecionados três parâmetros para fins de enquadramento: Oxigênio Dissolvido – OD, Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO e Coliformes Termotolerantes e que, conforme consta no Relatório Técnico RT-2 daquele Plano, “Os parâmetros Nitrogênio e Fósforo foram descartados para fins de enquadramento, visto serem elevados e pouco sensíveis aos tratamentos convencionais de cargas orgânicas, o que levaria a situações futuras limitadas quanto à melhoria da qualidade das águas”.

2.1. Área de estudo

Dentro da conjuntura nacional, das 12 (doze) Regiões Hidrográficas brasileiras (ANA, 2017), a Bacia Hidrográfica do rio dos Sinos (BHS) está contida na Região Hidrográfica Atlântico Sul (Figura 1).

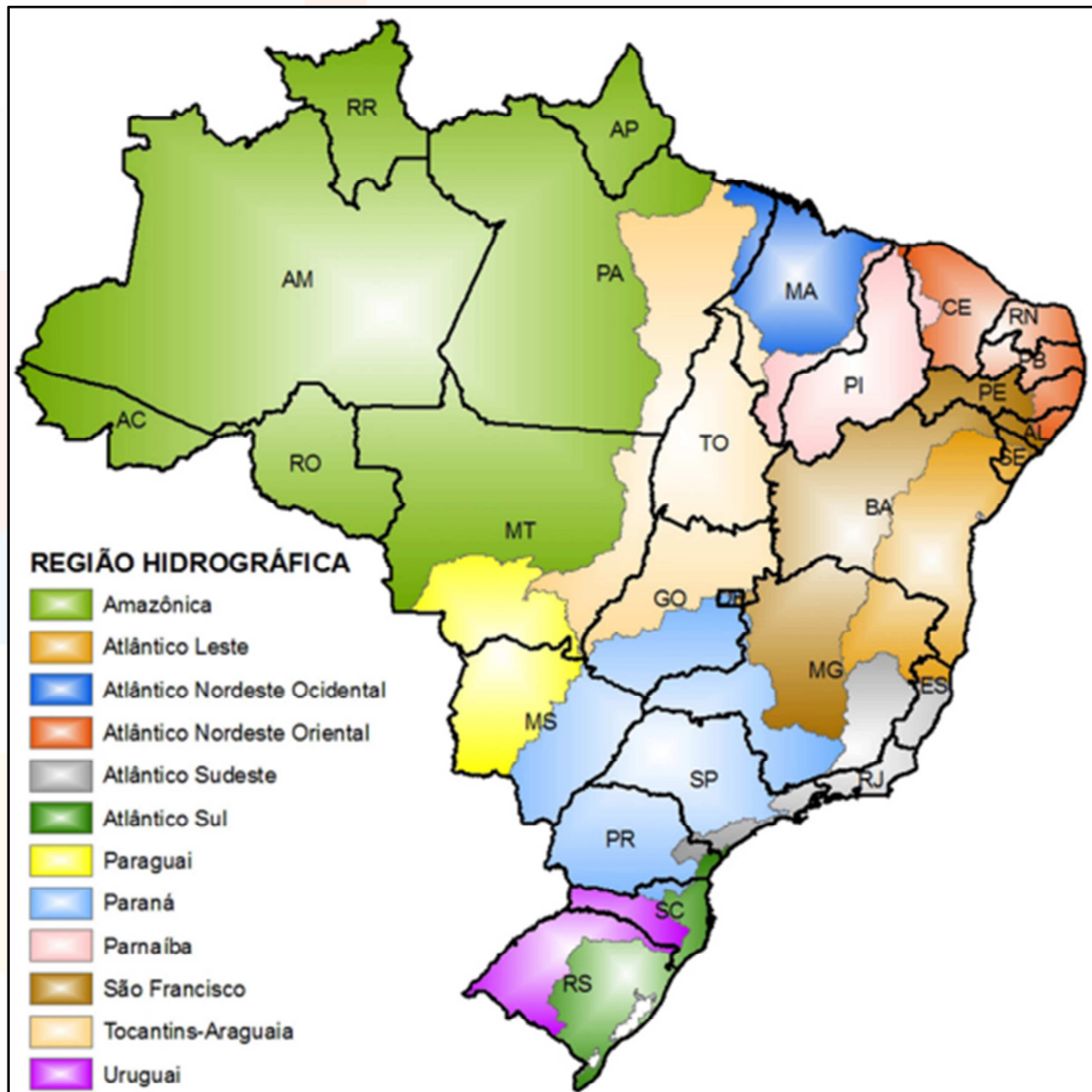


Figura 1. Regiões Hidrográficas Brasileiras. Fonte: Braga *et al.* (2008).

Consoante o Art. 38 da Lei nº 10.350/1994, o Estado do RS está dividido em três regiões hidrográficas (Figura 2), sendo elas a Região Hidrográfica da Bacia do Rio Uruguai, Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas e a Região Hidrográfica da Bacia do Guaíba.

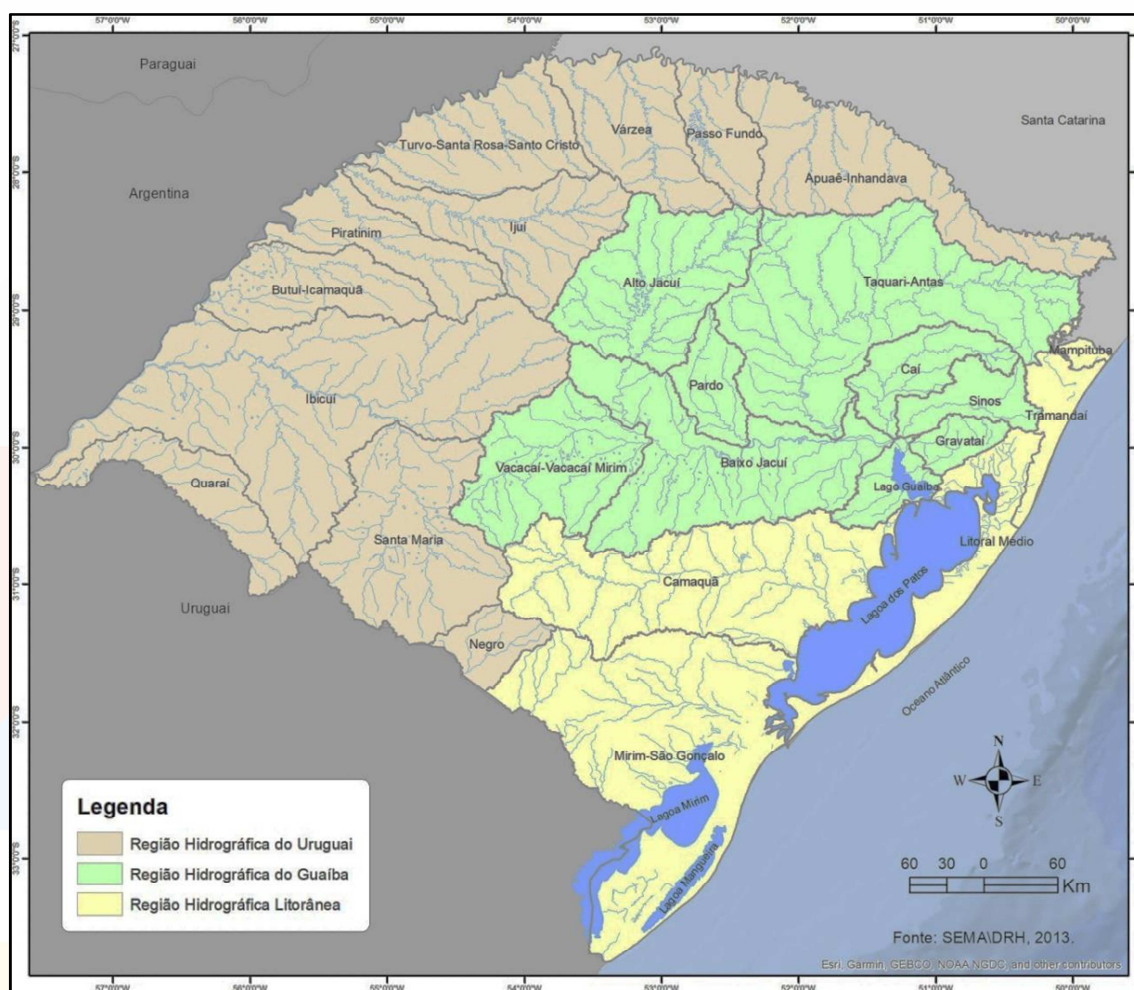


Figura 2. Regiões Hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul e as respectivas bacias hidrográficas. Fonte: SEMA/DRH, 2013. Modificado por: Divisão de Planejamento Ambiental/FEPAM, 2019.

A Região Hidrográfica da Bacia do Guaíba abrange o território, parcial ou total, de 251 municípios e compreende as bacias que são drenadas para o Lago Guaíba. Sua área é de aproximadamente 85 mil km² e a população estimada em 5,9 milhões de pessoas, o que corresponde a cerca de, respectivamente, 30% da área e 60% da população do RS. Situada na porção nordeste do Estado, essa região hidrográfica é constituída pelas bacias do Alto Jacuí, Vacacaí-Vacacaí Mirim, Baixo Jacuí, Pardo, Taquari-Antas, Caí, Sinos, Gravataí e Lago Guaíba. Conforme consta nas bases da FEPAM, os usos dessas águas são múltiplos, sendo que os principais são o abastecimento urbano, o industrial e a irrigação. Dentre os problemas ambientais nesta Região, se destacam a poluição nos grandes centros urbanos, como a Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) e em Caxias do Sul, onde há maior despejo de efluentes industriais e domésticos sem o devido tratamento, a erosão do solo e, por fim, a contaminação por agrotóxicos e por resíduos orgânicos nas áreas rurais.

A bacia hidrográfica do rio dos Sinos abrange os territórios de 32 municípios (parcial ou totalmente), ocupando uma área de 3.696 km² (Figura 3). Está situada na parte leste da região hidrográfica do Guaíba e do RS. É circundada a norte pela Serra Geral (divisa com o curso superior do rio Caí), a oeste pelo Vale do Caí, a sul pela cadeia de morros que configura o interflúvio entre Sinos e Gravataí, a leste pelo platô do Planalto das Araucárias (ANSCHAU, 2015).

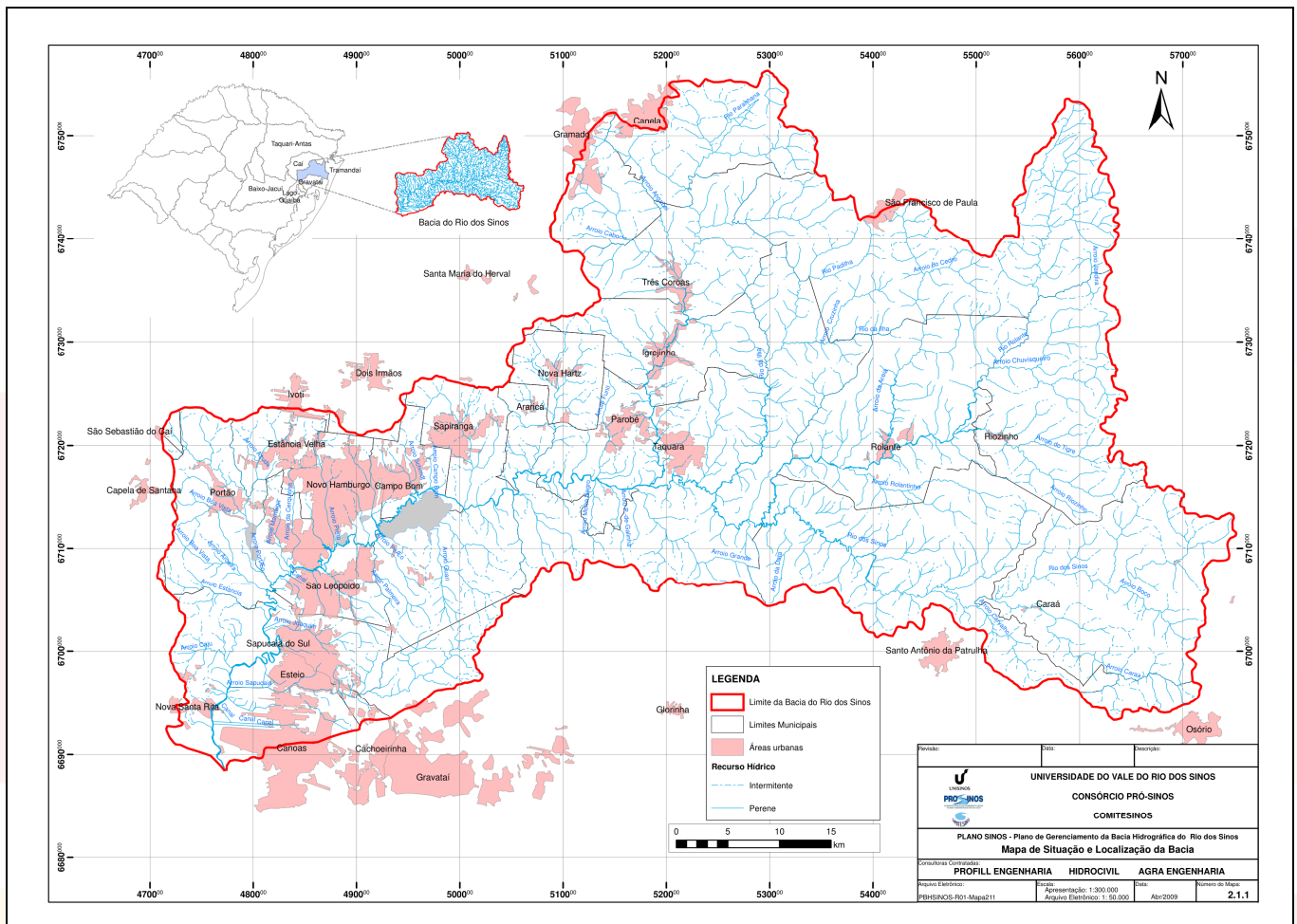


Figura 3. Localização da Bacia Hidrográfica do rio dos Sinos. Fonte: Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do rio dos Sinos - Comitesinos, 2013. Disponível em: <http://www.comitesinos.com.br>.

Além disso, pode ser subdividida em três grandes trechos: o Alto, Médio e Baixo Sinos (Figura 4). A área desses trechos corresponde, respectivamente, a 1.755 km² (47,49%), 978 km² (26,48%) e 962 km² (26,03%). A população estimada, para o ano de 2010, é de 1.376.811 habitantes, sendo 95% residentes em área urbana (PROFILL, 2013).

O Alto Sinos detém 5% da população total da bacia, o Médio Sinos, 14% e o Baixo Sinos engloba 81%. Dessa forma, espera-se que o trecho inferior apresente uma pressão, do ponto de vista qualitativo, maior sobre os recursos hídricos, tendo em vista que mais de 80% da população ocupa aproximadamente 25% da área total da bacia.

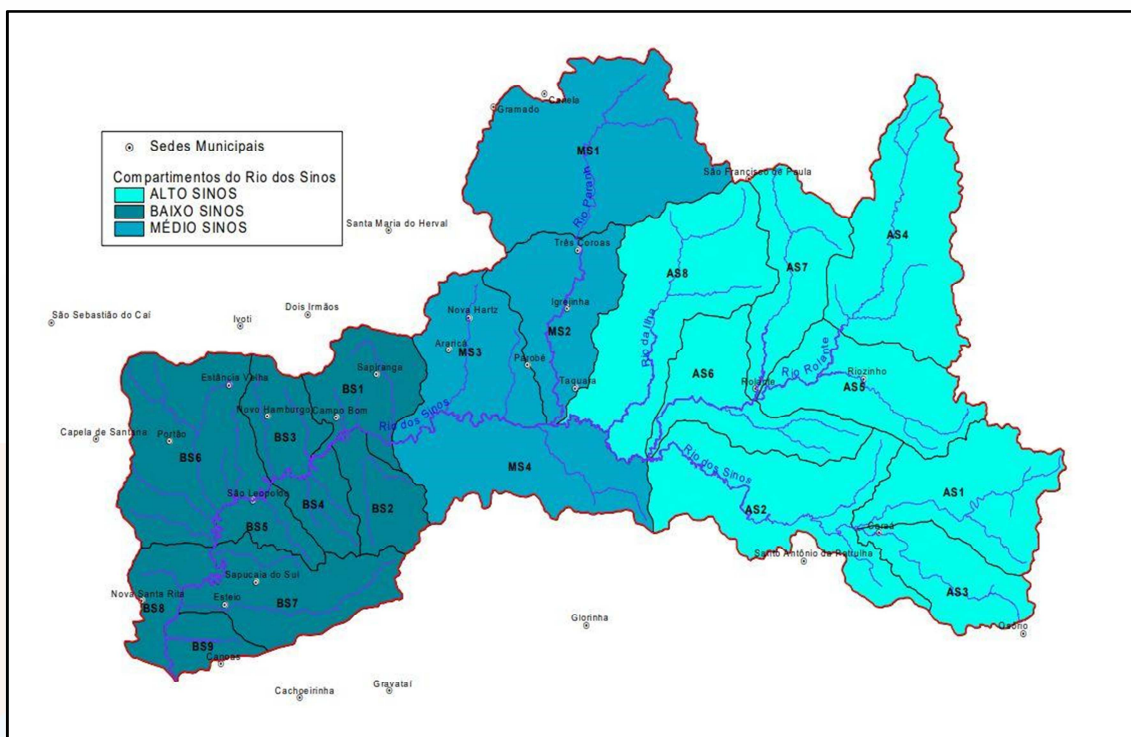


Figura 4. Trechos da bacia hidrográfica do rio dos Sinos. Fonte: Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do rio dos Sinos - Comitesinos, 2013. Disponível em: <http://www.comitesinos.com.br>.

Conforme o Relatório Técnico 1 do Plano de Bacia Hidrográfica, a bacia pode ser disposta em 10 (dez) classes de uso do solo e cobertura vegetal (Figura 5), sendo elas:

1. Antrópico rural
2. Antrópico rural (lavoura de arroz irrigado)
3. Antrópico rural e vegetação secundária
4. Antrópico urbano (área urbana)
5. Antrópico urbano (áreas em expansão)
6. Banhado e campo úmido
7. Lâmina d'água
8. Mata nativa
9. Mata nativa e antrópico rural
10. Silvicultura

Conforme Profill (2013), a categoria de uso do solo que possui a maior extensão, em quilômetros quadrados, é o antrópico rural, correspondendo a 1.607 km² (43%) dos 3.696 km² totais da bacia hidrográfica. A mata nativa ocupa 1.034 km² (28%) e o antrópico urbano (área urbana) estende-se por 292 km² (8%).

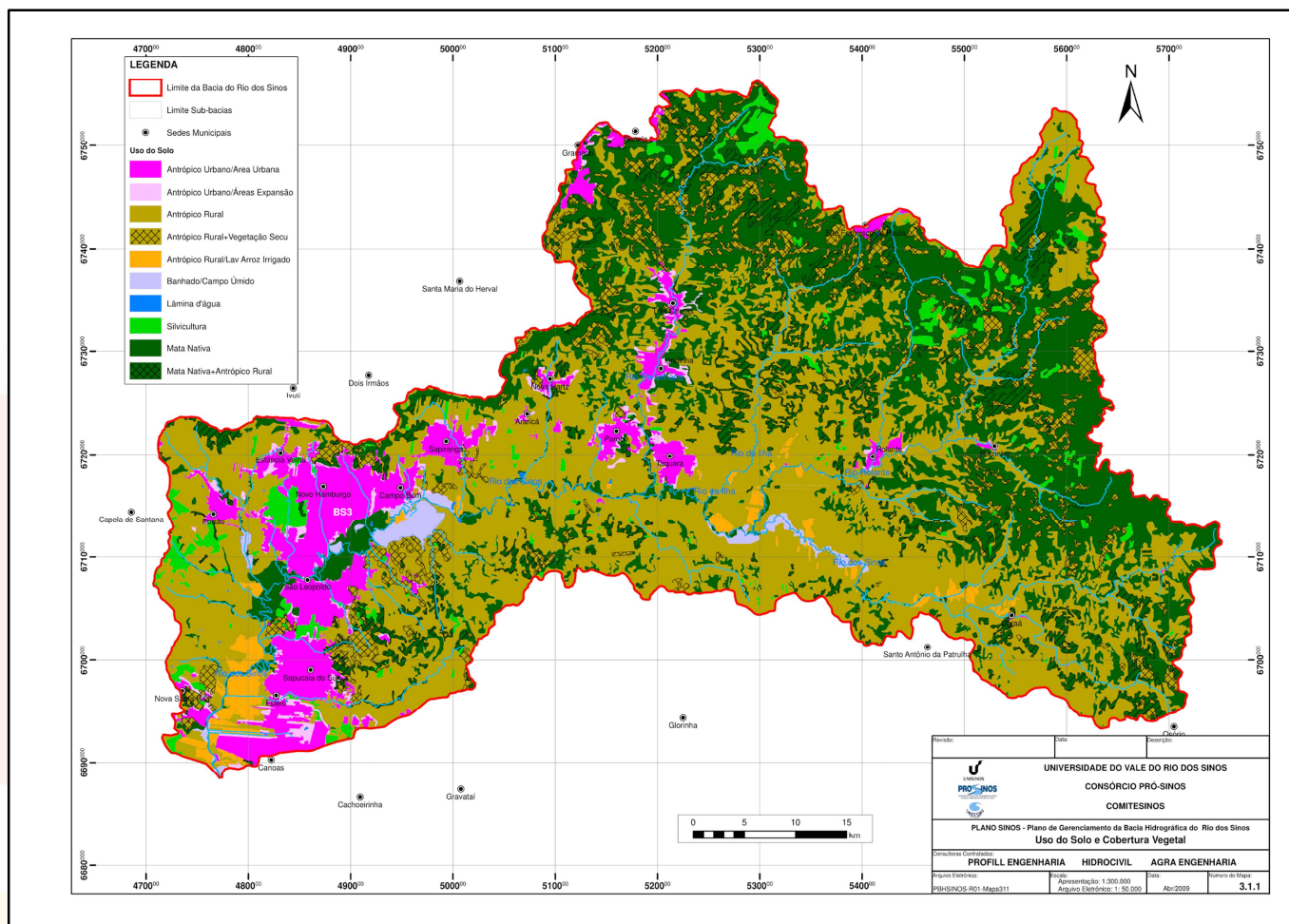


Figura 5. Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio dos Sinos. Fonte: Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do rio dos Sinos - Profill, 2013. Disponível em: <http://www.comitesinos.com.br>.

Na bacia dos Sinos a rede básica da FEPAM conta com 11 (onze) estações de monitoramento. O Quadro 1 apresenta os pontos de monitoramento da qualidade da água, cuja responsabilidade de operação é da Fepam.

Quadro 1. Pontos de monitoramento da qualidade da água da bacia hidrográfica do rio dos Sinos.

Pontos										
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
Nascentes do Rio dos Sinos	Rio Rolante	Santa Cristina, Parobé	Arroio Schmidt	Captação de Novo Hamburgo (COMUSA)	Foz do Arroio Luiz Rau	Captação do SEMAE de São Leopoldo	Foz do Canal João Corrêa	Foz do Arroio Portão	Balsa do Passo da Carioca, Jusante do Zoológico	Ponte da Tabai-Canoas

As estações de monitoramento estão localizadas no entorno dos seguintes pontos de coordenadas geográficas, formato graus decimais e datum SIRGAS-2000 (Quadro 2 e Figura 6).

Quadro 2. Localização dos pontos de monitoramento da bacia hidrográfica do rio dos Sinos.

Pontos	Código	Recurso Hídrico	Latitude	Longitude
P1	87318500	Rio dos Sinos	-29.724840°	-50.280362°
P2	87337000	Rio Rolante	-29.645395°	-50.511377°
P3	87376800	Rio dos Sinos	-29.686162°	-50.851019°
P4	87377800	Rio dos Sinos	-29.691876°	-51.045001°
P5	87380015	Rio dos Sinos	-29.731218°	-51.083702°
P6	87380030	Arroio Luiz Rau	-29.739215°	-51.125452°
P7	87381800	Rio dos Sinos	-29.760357°	-51.135565°
P8	87382010	Canal João Correa	-29.764321°	-51.177207°
P9	87382020	Arroio Portão	-29.776609°	-51.194699°
P10	87382025	Rio dos Sinos	-29.798527°	-51.190493°
P11	87385040	Rio dos Sinos	-29.877142°	-51.243305°

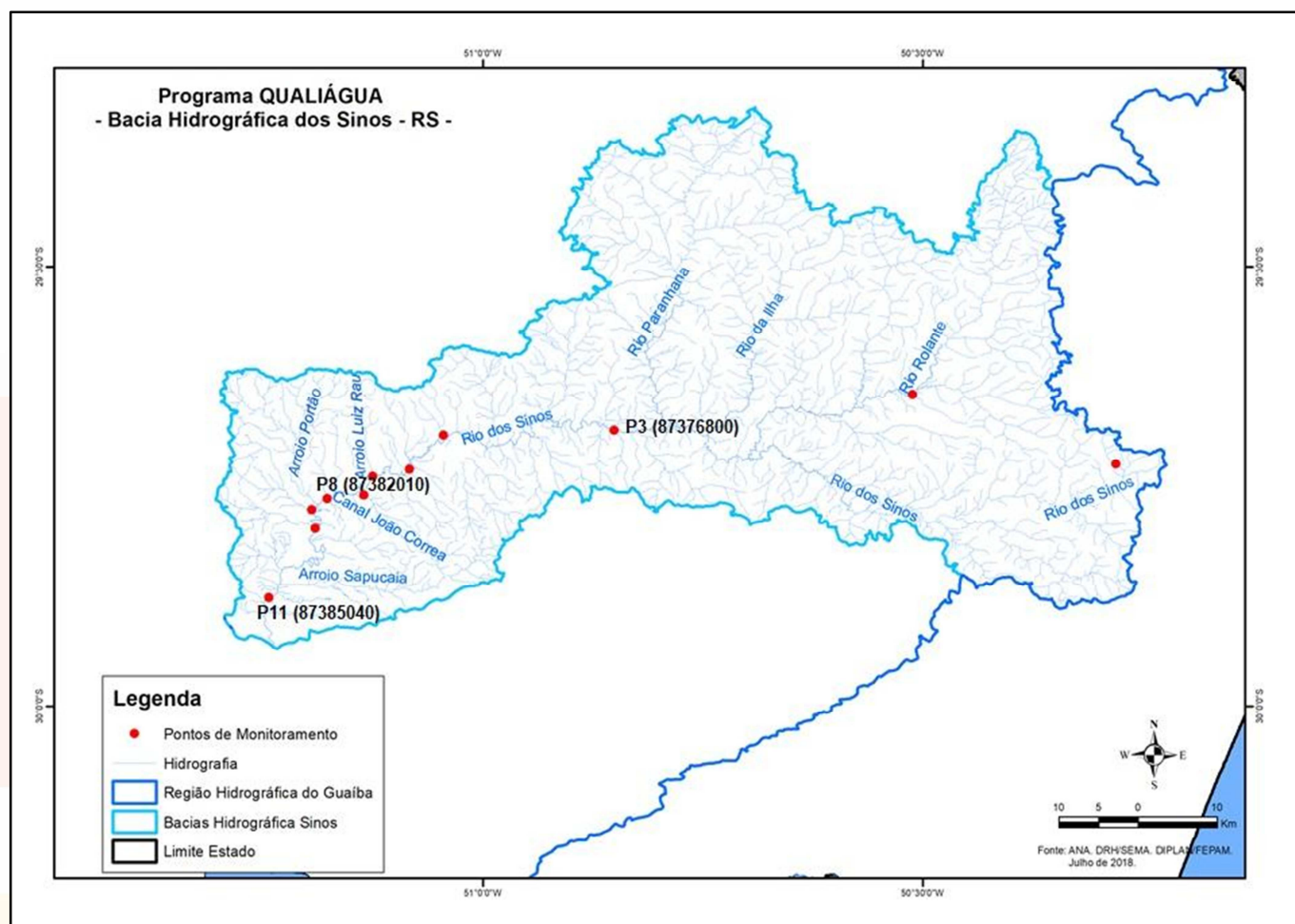


Figura 6. Localização de estações de monitoramento utilizadas na bacia hidrográfica do rio dos Sinos. Em destaque os pontos considerados na execução do presente estudo (P3, P8 e P11), conforme justificado no item “4. Metodologia”. Fonte: ANA; DRH/SEMA; DIPLAN/FEPAM – Julho de 2018.

3. Fundamentação Teórica

O presente capítulo aborda os conceitos técnicos empregados, bem como julgados importantes para elaboração do relatório de qualidade de água superficial.

3.1. Enquadramento

O enquadramento, conforme a Resolução Nº 357/2005 do CONAMA, Art 2º, Inciso XX, é o estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo.

No ano de 2003, foi elaborada uma proposta de enquadramento para a bacia do rio dos Sinos que adotava os conceitos da Resolução Nº 20/1986 do CONAMA. No entanto, com a publicação da Resolução Nº 357/2005 do CONAMA, que revogou a Nº 20/1986, fez-se necessária a revisão e a inclusão de classes, parâmetros e padrões de qualidade da água, a fim de complementar os estudos progressos que não abarcavam os novos conceitos. Com a implementação da nova resolução foi dado um maior destaque ao conceito de enquadramento como forma de gestão e planejamento. Além disso, foram estabelecidas metas progressivas intermediárias.












A Resolução CONAMA N° 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. As águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, conforme exemplos constantes na Figura 7.

3.2. Bacia Hidrográfica

O conceito de bacia hidrográfica, consoante Christofolletti (1980), é “área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial, funcionando como um sistema aberto”.

Tundisi (2003) pontua que a bacia hidrográfica é “unidade física de gerenciamento e planejamento e de desenvolvimento econômico e social (...) que permite um processo descentralizado de conservação e proteção ambiental, sendo um estímulo para a integração da comunidade e a integração institucional”.

Por fim, é a área em que os Comitês de Bacias Hidrográficas, órgãos colegiados regionais de caráter consultivo, normativo e deliberativo dos sistemas de gerenciamento de recursos hídricos irão atuar (SILVA, 2011).

USOS DAS ÁGUAS DOCES	CLASSES DE ENQUADRAMENTO				
	ESPECIAL	1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas 	Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas 		Classe mandatória em Terras Indígenas			
Recreação de contato primário 					
Aquicultura 					
Abastecimento para consumo humano 	Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado	
Recreação de contato secundário 					
Pesca 					
Irrigação 		Hortalças consumidas cruas e frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película	Hortalças, frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer,	Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	
Dessedentação de animais 					
Navegação 					
Harmonia paisagística 					

Observação: As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água.

Figura 7. Classes de enquadramento de qualidade da água e os respectivos usos a que se destinam. Fonte: “Enquadramento - Bases Conceituais”. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/enquadramento-bases-conceituais.aspx>

3.3. Deliberações do Comitê de Gestão da Bacia Hidrográfica

Abaixo são apresentadas deliberações relativas ao enquadramento que exprimem os resultados desse processo.

3.3.1. Deliberação CBHSINOS 041/2014

Dispõe sobre o abatimento de cargas provenientes dos lançamentos de efluentes domésticos, estabelecendo que em cinco anos haverá a redução de 10 a 20%, tendo em vista obras e investimentos.

3.3.2. Deliberação CBHSINOS 042/2014

Dispõe sobre as classes atuais e futuras dos trechos que integram a bacia hidrográfica do rio dos Sinos.

3.3.3. Deliberação CBHSINOS 046/2014

Dispõe sobre os usos prioritários da água, em que os principais são o abastecimento de água às populações humanas e abastecimento doméstico e de animais em estabelecimentos rurais, além de irrigação em pequenas propriedades agrícolas.

3.4. Parâmetros físico-químicos e microbiológico

Os parâmetros físico-químicos e biológicos são utilizados para obter informações sobre a qualidade da água e ajudam na identificação e monitoramento de possíveis efeitos prejudiciais à saúde humana ou aos organismos que dependem de determinado recurso hídrico (Galdino e Trombini, 2010; Pinto *et al.*, 2009).

3.4.1. Oxigênio Dissolvido (OD)

A preservação da vida aquática depende imprescindivelmente de oxigênio dissolvido. Ele representa a concentração (em mg/L) de oxigênio (O₂) presente na água. Pode ser obtido por duas formas: 1) Difusão direta - através do contato e penetração do ar atmosférico na água e 2) Processo de fotossíntese - algas e fitoplânctons liberam oxigênio na água no decorrer do processo fotossintetizante. A baixa concentração de oxigênio dissolvido indica contaminação por esgoto, já que o O₂ é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica. (ANA, 2016a, EMBRAPA, 2019a).

O total de oxigênio nas águas, em condições normais, depende da temperatura, da quantidade de sais presentes e da pressão atmosférica. A dissolução dos gases aumenta quando a salinidade aumenta e a temperatura cai. Os níveis de OD possuem oscilações sazonais e diárias, em trechos de maior profundidade pode apresentar uma estratificação vertical. É fundamental a medição de sua concentração, tendo em vista que está presente em quase todos os processos químicos e biológicos. A poluição orgânica, quando em excesso, pode causar esgotamento do oxigênio do sistema. Concentrações abaixo de 2,0 mg/L de OD podem causar a morte da maioria dos organismos. (EMBRAPA, 2019a).

3.4.2. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar (decompor) a matéria orgânica presente na água (TELLES, 2013). O autor também considera que valores elevados da DBO em um corpo de água são geralmente causados pelo lançamento de cargas orgânicas, principalmente de esgotos domésticos.

3.4.3. Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A DQO é a medida da quantidade de oxigênio consumido na oxidação química de matéria orgânica presente na água. A diferença entre DBO e DQO está no tipo de matéria orgânica estabilizada. Enquanto a DBO refere-se exclusivamente à matéria orgânica mineralizada por atividade dos microorganismos, a DQO engloba, também, a estabilização da matéria orgânica ocorrida por processos químicos. Assim sendo, o valor da DQO é sempre superior ao da DBO. Além do mais, a relação entre os valores de DQO e DBO indica a parcela de matéria orgânica que pode ser estabilizada por via biológica (FUNASA, 2014).

3.4.4. Turbidez

Turbidez é a medida que indica o grau de decréscimo da luz ao atravessar a água, estando associada à presença de partículas em suspensão. As partículas podem ter origem natural, mostrando-se sob a forma de partículas inorgânicas, tais como areia, silte, argila e detritos orgânicos, como algas, bactérias e plânctons (CETESB, 2016).

A CETESB complementa que alta turbidez reduz a fotossíntese da vegetação cujas raízes estão submersas e das algas. O declínio de seu crescimento pode anular a produtividade dos peixes, influenciando, destarte, as comunidades biológicas aquáticas.

3.4.5. Fósforo total

O fósforo é um parâmetro importante para os processos biológicos. Em excesso pode ocasionar a eutrofização das águas. Os esgotos domésticos constituem a principal fonte de fósforo, devido à presença de detergentes superfosfatados e matéria fecal. Além disso, a drenagem pluvial das áreas agrícolas e urbanas, bem como efluentes industriais (indústrias de fertilizantes, alimentícias, laticínios, frigoríficos e abatedouros) também são fontes relevantes desse parâmetro (ANA, 2016a).

O fósforo é encontrado, naturalmente, nas rochas de depósitos sedimentares, ígneos e biogênicos. Os depósitos sedimentares, bem como os depósitos ígneos são os mais relevantes economicamente. Os depósitos biogênicos, por outro lado, possuem concentrações orgânicas nitrogenadas (devido aos dejetos de aves) e contam com menor valor econômico (SOUZA, 2001).

3.4.6. Escherichia coli (E. coli)

É a principal bactéria do subgrupo dos coliformes termotolerantes, sua origem é unicamente fecal. É considerada como o parâmetro mais apropriado para análise de contaminação fecal em águas doces. Por estar presente nas fezes de humanos, mamíferos e pássaros, dificilmente é observada quando não há poluição fecal. Pode indicar áreas em que o esgoto não é tratado ou que há grande aporte de dejetos oriundos da pecuária (CETESB, 2016).

3.4.7. Coliformes Termotolerantes

Consoante Macedo (2010), “A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicativo da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar e cólera”.

3.4.8. Nitrogênio amoniacal

O nitrogênio possui variadas procedências. A principal delas é oriunda de esgotos sanitários, os quais lançam na água o nitrogênio orgânico (tendo em vista a presença de proteínas) e nitrogênio amoniacal (por meio da hidrólise da ureia na água). Esses tipos de nitrogênio também podem ser provenientes de indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, conservas alimentícias, matadouros, frigoríficos e curtumes (CETESB, 2016).

Levando em consideração que os compostos de nitrogênio são nutrientes nos processos biológicos, sua emissão em grandes quantidades nos corpos d'água, em consonância ao fósforo, por exemplo, pode ocasionar o crescimento demasiado de algas. O processo ocasionado pelo excesso de nutrientes num corpo d'água é denominado de eutrofização e pode afetar negativamente o abastecimento público, a recreação e a preservação da vida aquática (ANA, 2016a). A eutrofização dificulta a entrada de luz solar no corpo hídrico, ocasionando diminuição das taxas de fotossíntese e menor produção de oxigênio, resultando em baixa capacidade de suprir as necessidades dos peixes e demais organismos aeróbicos (RIBEIRO, 2019).

3.5. Uso do território

O uso e ocupação do território acarretam em distintos comportamentos nos atributos do solo e da água. A remoção de florestas intensifica significativamente os processos degradantes em extensas áreas, prejudicando não só os recursos hídricos, como também, a biodiversidade (PINTO *et al.*, 2009). Até as décadas de 30 ou 40, o Rio dos Sinos possuía condições boas de balneabilidade e potabilidade. No entanto, devido não só ao crescimento populacional, mas também à instalação de indústrias, que despejavam seus rejeitos e esgotos no rio, a qualidade foi se deteriorando (BECKER, 1995). A poluição das águas é a modificação da natureza do corpo d'água, ao adicionar substâncias ou formas de energia que prejudiquem os seus usos legítimos (SPERLING, 1996).

Conforme o Relatório Técnico 1 (Profill, 2013), os maiores usos do trecho do Alto Sinos, em extensão de quilômetros quadrados, são antrópico rural, com 791 km² (45% da área total desse segmento) e mata nativa, com 617 km² (35% desse trecho). O Médio Sinos apresenta 407 km² (41%) de sua extensão como antrópico rural, 331 km² (33%) como mata nativa e 87 km² (9%) como a associação antrópico rural e vegetação secundária. O Baixo Sinos possui 408 km² (42%) destinados ao antrópico rural, 225 km² (23%) ao antrópico urbano e área urbana, 85 km² (9%) à mata nativa e 58 km² (6%) ao antrópico rural e vegetação secundária.

A vocação econômica no Alto Sinos é majoritariamente agropecuária. São cultivados fumo, milho e hortaliças. Os desmatamentos, a contaminação dos cursos hídricos e a deposição de resíduos sólidos são os principais impactos ambientais observados. No Médio Sinos, o uso/ocupação predominante do solo são as matas, campos de pastagens e arrozais. Neste trecho os impactos ambientais negativos são intensificados, devido às principais atividades econômicas como as lavouras de arroz e pastagens e indústria coureiro-calçadista. São observados desvios dos cursos d'água a fim de irrigar as plantações, poluição industrial e doméstica. O Baixo Sinos reflete o avanço do processo de industrialização dos ramos coureiro-calçadista, metalúrgico, tecnológico e ensino universitário. Os municípios da grande Porto Alegre são importantes, devido à crescente ocupação urbana. Os impactos ambientais associados ao trecho são provenientes da ocupação e aterramento das áreas de banhado, desmatamento da vegetação ciliar, acentuada poluição do solo e contaminação dos corpos hídricos por esgotos domésticos e efluentes diversos. Além disso, se verifica a deposição de resíduos sólidos em áreas inadequadas e a extração de

areia e pedra grês dos morros areníticos. Este é o trecho que apresenta a situação mais sensível quanto à contaminação por fontes antropogênicas. (MORAES, 2018; HATGE *et al.*, 1998).

As fontes de lançamento de poluentes nos corpos d'água podem ser de dois tipos: pontuais ou difusas. As fontes pontuais caracterizam-se por uma descarga concentrada em um ponto bem definido, como na saída de uma tubulação. As principais contribuições desta natureza se referem a sistemas de esgoto sanitário urbano e descargas industriais (NOVOTNY, 2003). As fontes difusas estão associadas ao ambiente rural (atividades de agricultura e pecuária). Portanto, é possível relacionar o uso e ocupação do território aos tipos de fonte e carga poluente. Dessa forma, os usos que possuem a maior extensão tendem a afetar mais a qualidade da água (TONG & CHEN, 2003; WURBS & JAMES, 2002).

As florestas nativas são importantes na produção e conservação dos mananciais hídricos, atuando na interceptação da água da chuva, proporcionando condições ótimas de infiltração e reduzindo o escoamento superficial. (RIZZI, 1981). Os sedimentos transportados através do escoamento superficial carregam nutrientes como o fósforo, compostos tóxicos (agroquímicos, por exemplo) e material fecal presente em pastagens (MERTEN & MINELLA, 2002).

3.6. Estatística

A Classificação de Hopkins (2008) estabelece classes para o coeficiente de correlação: $0,0 < |r| \leq 0,1$ (muito baixa), $0,1 < |r| \leq 0,3$ (baixa), $0,3 < |r| \leq 0,5$ (moderada), $0,5 < |r| \leq 0,7$ (alta), $0,7 < |r| \leq 0,9$ (muito alta) e $0,9 < |r| \leq 1,0$ (extremamente alta). Dessa forma, foi adotado o coeficiente de correlação r em vez do r^2 por representar melhor quando a correlação é positiva ou negativa. O coeficiente r determina qual a relação entre as variáveis, ficando no intervalo delimitado de -1 e 1. Quanto mais próximo dos extremos for o valor observado de r , mais forte é a correlação; quanto mais próximo de zero, menor. Os valores positivos representam correlação positiva (direta), ou seja, quando uma variável aumenta, a outra também aumenta. Nos valores negativos a lógica é inversa, enquanto uma variável aumenta, a outra diminui.

A média aritmética (ou comumente chamada de média) é calculada a partir da soma de todos os valores observados e posterior divisão pelo número de valores (SOUZA, 2013). É a medida de tendência central mais conhecida. Os valores discrepantes, no entanto, influenciam bastante no resultado, não representando, portanto, o perfil correto do grupo (DANTE, 2013).

A moda é uma medida de tendência central conveniente para as variáveis qualitativas e quantitativas. Essa medida é estabelecida observando qual o valor com maior frequência, ou seja, o valor que mais se repete (DANTE, 2013).

A mediana divide o conjunto de dados “no meio”. Assim sendo, metade dos valores é maior que a mediana e a outra metade é menor. A mediana é também uma das medidas de tendência central. Para obtê-la é necessário organizar o conjunto de dados do valor menor ao maior. Se a quantidade de dados for par, é necessário extrair a média aritmética dos valores centrais, caso a quantidade dos dados for ímpar, o valor central é a própria mediana (SOUZA, 2013). A mediana se difere da média ao não ser influenciada por valores discrepantes. (DANTE, 2013).

Percentil se refere à divisão do conjunto de dados ordenados em 100 partes iguais. O percentil 80 (P80) separa a população amostral deixando 80% das informações abaixo e 20% acima dele. Já a frequência acumulada representa a quantidade de dados que pertencem a uma dada classe e/ou que estão abaixo dela (CARVALHO, 2018). A frequência acumulada ao percentil 80 se refere, portanto, à soma, em ordem crescente, das ocorrências de classes de dados até atingir 80% da população amostral.

O *boxplot* (Figuras 8-14) é um tipo de gráfico que exibe múltiplas informações a respeito do comportamento dos dados de maneira sintética. A mediana é retratada pela linha horizontal mais espessa no centro da caixa (*box*), os quartis inferior (Q1) e superior (Q3) são as linhas que demarcam a caixa. A variabilidade dos dados é evidente através da altura da caixa, ou seja, da amplitude interquartilica (AIQ = $Q3 - Q1$). Além disso, se a mediana estiver mais próxima de um dos quartis é representada a assimetria dos dados. As linhas verticais pontilhadas são chamadas de *whiskers* (bigodes de gato, em inglês) e representam os valores mínimos e máximos. Os valores discrepantes (*outliers*) são aqueles pontos que extrapolam os *whiskers* (TUKEY, 1977).

4. Materiais e Métodos

4.1. Seleção de estações da rede de monitoramento da FEPAM

Foram selecionadas três estações de monitoramento de um total de onze operadas pela FEPAM na bacia do rio dos Sinos (Figura 6). Essa seleção decorre de representatividade em termos da proximidade com fontes potenciais de poluição, que estão associadas ao uso e ocupação do território da

bacia. O monitoramento obtém êxito ao relacionar a escolha e a localização dos pontos amostrais. Assim sendo, um ponto pode representar a interconexão e a qualidade de água encontrada de todos os corpos hídricos montantes. (MEZOMO, 2008).

1. Estação 87376800 (P3)
2. Estação 87382010 (P8)
3. Estação 87385040 (P11)

A estação 87376800 visa retratar as condições de qualidade do Médio e Alto rio dos Sinos, condicionadas, principalmente, pelo uso rural. A estação 87382010 corresponde aos perímetros urbanos de Novo Hamburgo e São Leopoldo, bem como de Estância Velha e Portão. Por fim, a estação 87385040 representa o trecho final, próximo à foz do rio dos Sinos, onde a influência da contribuição urbana e industrial não é tão evidente quanto na estação anterior.

4.2. Parâmetros analíticos e tratamento estatístico

De julho de 2016 a abril de 2018, os laboratórios da FEPAM em Porto Alegre analisaram mais de 20 parâmetros em 88 (oitenta e oito) amostras coletadas na rede de monitoramento do rio dos Sinos. Considerando a deliberação do Comitê de Bacias do Rio dos Sinos, em seu Plano de Bacia (aprovado e publicado em 2014), definindo como ação prioritária a redução de cargas poluidoras em áreas urbanas – esgotamento sanitário – foram escolhidos os seguintes parâmetros por terem maior relevância e refletirem cargas poluidoras oriundas dessas fontes:

1. Oxigênio dissolvido (mg/L de O₂)
2. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5d, 20°C, mg/L de O₂)
3. Demanda Química de Oxigênio (DQO, mg/L O₂)
4. Turbidez (UNT)
5. Fósforo Total (mg/L de P)
6. *Escherichia coli* (NMP/100mL)
7. Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)
8. Nitrogênio Amoniacal (mg/L de NH_x)

Nota 1: A DQO foi utilizada para fins de análise da proporção com a DBO.

Nota 2: Os valores do parâmetro coliformes termotolerantes foram convertidos em *E. coli*, adotando a proporção expressa na CONAMA N° 274/2000 (*E. coli* = 80% do valor de coliformes termotolerantes).

Foi utilizada a estatística descritiva para descrever e sumarizar dados brutos (tabelas 1-8) de qualidade da água, através de medidas de posição e tendência, para os períodos de 2010 a 2013 e 2015 a 2019, calculando-se a média, mediana, moda, desvio padrão, variância, quartis e correlação de Pearson (r). Para a plotagem dos dados nos gráficos *boxplot* foi utilizado o *software* estatístico R. Os dados observados foram classificados conforme os limites propostos pela Resolução N° 357/2005 do CONAMA (Quadros 3 e 4), a qual indica as diretrizes básicas de classificação dos corpos hídricos para os diferentes usos da água. Os parâmetros OD, DBO, turbidez, Fósforo total, *E. coli* e Nitrogênio amoniacal foram classificados a partir da extração da mediana de seus respectivos conjuntos de dados. De posse disso, classificou-se as estações de monitoramento por meio da Moda e do Percentil 80, conforme o procedimento descrito no item 4.3 abaixo.

Quadro 3. Limites propostos na Resolução Nº 357/2005 do CONAMA.

Parâmetro	Unidade	Padrões Resolução Nº 357/2005 CONAMA			
		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Oxigênio Dissolvido	mg/L	≥6	≥5	≥4	≥2
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/L	≤3	≤5	≤10	-
Turbidez	UNT	≤40	-	≤100	-
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	≤200	≤1000	≤4000	≤4000
Nitrogênio amoniacal	mg/L N	≤3,7	-	≤13,3	-
Fósforo total	mg/L P	≤0,1	-	≤0,15	-

Fonte: Adaptado de CONAMA (2005).

Quadro 4. Limites propostos para nitrogênio amoniacal na Resolução Nº 357/2005 do CONAMA.

Nitrogênio amoniacal total - Classe 1	3,7 mg/L N, para pH ≤ 7,5
	2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0
	1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5
	0,5 mg/L N, para > 8,5
Nitrogênio amoniacal total - Classe 3	13,3 mg/L N, para pH ≤ 7,5
	5,6 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0
	2,2 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5
	1,0 mg/L N, para pH > 8,5

Fonte: Adaptado de CONAMA (2005).

4.3. Critérios para definição de classes de uso por estação

O processo de verificação de conformidade de parâmetros em relação à legislação vigente, visando à classificação de qualidade de trechos e sessões de recursos hídricos, é relativamente simples, tendo em vista que é baseado na identificação do intervalo de classe no qual o valor obtido na análise da amostra está inserido. Por outro lado, não há na legislação a definição ou recomendação de procedimento para classificação de qualidade de uma amostra considerando todos os parâmetros que nela tenham sido analisados. Por esse motivo, encontram-se, na literatura, critérios para auxiliar nesse processo de classificação, sendo os mais comuns os abaixo relacionados:

1. Moda: define a classe mais frequente para um conjunto de parâmetros em uma amostra e uma estação; requer, no mínimo, três parâmetros em cada amostra para ser aplicável e, no caso da classificação de estações, três amostras;
2. Percentil 80: se refere à soma, em ordem crescente, das classes de qualidade, contabilizando 80% do total de classes obtidas na análise. Número mínimo de cinco parâmetros e amostras para que se consiga realizar a classificação de uma estação;
3. Parâmetro com valor mais crítico: a classe de qualidade de uma amostra será definida por aquele(s) parâmetro(s) que representar(em) o(s) pior(es) resultado(s) analítico(s); no entanto,

deve ser adotado somente quando existe a análise de parâmetros residuais (conservativos), nocivos à saúde, tal como o Mercúrio.

O método adotado nesse trabalho para classificação das estações, considerando que não foram analisados parâmetros conservativos e de alta toxicidade, consistiu na utilização concomitante das funções Moda e Percentil 80. Essas funções foram aplicadas sobre as classes obtidas em cada parâmetro (OD, DBO, turbidez, Fósforo total, *E. coli* e Nitrogênio amoniacal). Além disso, consideram-se os seguintes critérios: i) posição do valor medido em relação aos limites estabelecidos para determinada classe e sua maior proximidade com a classe anterior e posterior (exemplo: partindo da análise de seis parâmetros, sendo três com valores correspondentes à classe 2, mais próximos ao limite da classe 3 do que da classe 1, e outros três parâmetros na classe 3, mais próximos ao limite da classe 4 do que da classe 2, a classe resultante será a classe 3); ii) quando do empate entre classes (caso do exemplo anterior), análise da relevância/importância de um ou mais parâmetros para usos mais exigentes no trecho.

5. Resultados

A estatística descritiva foi calculada para as amostras coletadas nas três estações de monitoramento selecionadas da bacia hidrográfica do rio dos Sinos, no período 2010-2013 e 2015-2019. As tabelas 1-7 foram elaboradas a partir dos dados históricos, sendo dispostos conforme estação e período. A coloração utilizada nas tabelas é oriunda da comparação com os valores de referência adotados na Resolução N° 357/2005 do CONAMA (Quadro 5). As figuras 8-14 representam, visualmente, a distribuição dos dados através de gráficos *boxplot*. Esses gráficos possuem duas colorações de preenchimento das caixas: branco e cinza. O branco indica o período 2010-2013 e o cinza o período 2015-2019. As linhas horizontais traçadas (azul, verde, amarelo e vermelho) são os limites estabelecidos pela Resolução N° 357/2005 do CONAMA, conforme os valores apresentados no Quadro 3.

Quadro 5. Representação de classes da Resolução CONAMA N° 357/2005 conforme cores utilizadas no presente trabalho. Fonte: Elaborado por Leonardo Fernandes Wink.

Legenda:	
	Classe 1
	Classe 2
	Classe 3
	Classe 4
	Acima do limite superior da pior classe
	Sem classificação

5.1. Oxigênio Dissolvido (OD)

No ponto P3, estação 87376800, coletaram-se 23 amostras no período 2010-2013 e 14 de 2015-2019. Todos os valores observados pertenciam à classe 1 (valores maiores que 6,00 mg/L) no primeiro intervalo, no entanto houve uma pequena piora na segunda série temporal. As médias foram de 7,78 mg/L e 7,40 mg/L. As medianas foram de 7,80 mg/L e 7,20 mg/L, respectivamente. O primeiro intervalo registra dois *outliers*, de 10,70 mg/L (valor máximo) e de 6,00 mg/L (valor mínimo) (Tabela 1 e Figura 8).

Para ponto P8, estação 87382010, foram coletadas 29 amostras no período 2010-2013 e 14 de 2015-2019. As médias foram de 4,44 mg/L e 4,10 mg/L. As medianas foram de 4,40 mg/L e 4,10 mg/L

(ambas no intervalo da classe 3). O primeiro período apresentou grande amplitude, com valor mínimo de 0,10 mg/L e máximo de 8,50 mg/L. O limite do primeiro quartil foi 2,70 mg/L (classe 4). O terceiro quartil foi 5,80 mg/L (classe 2). No intervalo 2015-2019, o limite do primeiro quartil foi 3,25 mg/L e o do terceiro 5,17 mg/L (considerado como classe 2, mas muito próximo da classe 3). Há um *outlier*, cujo valor é de 0,16 mg/L.

O ponto P11, estação 87385040, teve 25 amostras coletadas no período 2010-2013 e 13 de 2015-2019. As médias foram de 3,80 mg/L e 3,18 mg/L e as medianas 4,00 mg/L e 2,81 mg/L (ambas no intervalo da classe 4). O primeiro intervalo de dados apresenta uma distribuição mais simétrica e com maior amplitude, seus valores mínimos e máximos são 0,60 mg/L e 7,50 mg/L, enquanto no segundo são de 1,71 mg/L e 5,16 mg/L.

Tabela 1. Dados observados do parâmetro oxigênio dissolvido.

2010-2013			2015-2019		
87376800	87382010	87385040	87376800	87382010	87385040
6,20	6,10	5,40	5,58	4,90	4,15
7,80	8,50	7,50	7,45	0,16	2,31
7,80	2,20	0,90	8,40	6,85	5,16
8,10	3,40	2,80	5,76	5,87	3,72
10,70	5,80	2,90	7,92	3,88	2,64
7,80	3,90	4,00	9,66	2,75	2,30
6,00	4,20	4,40	6,26	3,81	2,07
7,80	2,70	2,90	7,20	5,17	4,79
9,10	2,70	2,80	7,08	3,25	2,99
7,60	6,50	2,90	9,71	4,10	1,71
8,00	5,30	0,60	7,15	5,36	-
8,60	4,40	5,90	6,63	2,19	-
7,40	0,10	4,90	7,42	5,05	-
7,10	4,00	5,20	-	-	-
6,80	2,60	4,90	-	-	-
-	6,70	1,20	-	-	-
-	4,90	5,40	-	-	-
-	1,80	-	-	-	-
-	5,30	-	-	-	-
-	5,60	-	-	-	-
-	6,60	-	-	-	-

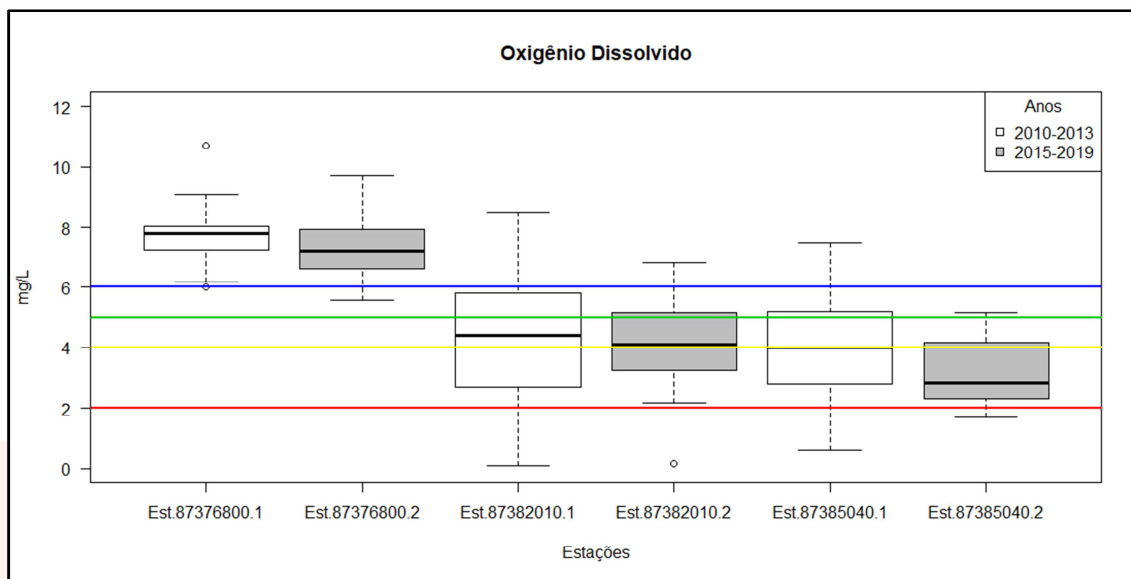


Figura 8. Distribuição do conjunto de dados significativos do parâmetro oxigênio dissolvido. A linha azul representa o limite da classe 1 (>6,00 mg/L), a linha verde corresponde ao limite da classe 2 (>5,00 mg/L), a linha amarela simboliza a classe 3 (>4,00 mg/L) e a linha vermelha retrata a classe 4 (>2,00 mg/L).

5.2. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20})

No ponto P3, estação 87376800, coletaram-se 24 amostras no período 2010-2013 e 14 de 2015-2019. Foram observados valores baixos em ambas as campanhas, compreendidos entre 1,00 mg/L e 2,00 mg/L, ainda dentro do intervalo da classe 1 (até 3,00 mg/L). A mediana se manteve em 1,00 mg/L. Há dois valores anômalos, com valores de 4,00 mg/L (classe 2) para o período 2010-2013 e 6,00 mg/L (classe 3), no segundo período (Tabela 2 e Figura 9).

Para o ponto P8, estação 87382010, foram coletadas 27 amostras no período 2010-2013 e 14 de 2015-2019. A mediana foi de 2,00 mg/L para ambas as campanhas. Há apenas um *outlier* na série 2010-2013, com valor de 7,00 mg/L, sendo esse o único dado correspondente à classe 3. O 4º quartil (que se refere à 25% dos dados) ficou no intervalo da classe 2 e os 75% demais (1Q, 2Q e 3Q) permaneceram na classe 1. De 2015-2019, por outro lado, houve uma amplitude interquartílica maior, com 50% dos valores centrais (Q3-Q1) entre os valores de 1,75 mg/L e 5,50 mg/L. Essa dispersão mais ampla dos dados abrange as classes 1, 2 e 3.

O ponto P11, estação 87385040, teve 19 amostras coletadas no período 2010-2013 e 11 de 2015-2019. A mediana foi de 2,00 mg/L para ambas as séries. O valor mínimo é igual para as duas campanhas, 1,00 mg/L. Assim sendo, 75% dos dados estão compreendidos no intervalo da classe 1 na série 2010-2013, os 25% restantes estão na classe 2. Na série 2015-2019 há um *outlier*, cujo valor é 4,00 mg/L, sendo o único dado classificado como classe 2, todo o restante é considerado classe 1.

Tabela 2. Dados observados do parâmetro demanda bioquímica de oxigênio.

2010-2013			2015-2019		
87376800	87382010	87385040	87376800	87382010	87385040
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,00	1,00	1,00	1,00	5,00	1,00
1,00	2,00	1,00	1,00	7,00	1,00
1,00	2,00	1,00	1,00	3,00	1,00
1,00	2,00	1,00	1,00	8,00	1,00
1,00	2,00	1,00	1,00	8,00	2,00
1,00	2,00	1,00	1,00	2,00	2,00
1,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00
1,00	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00
1,00	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00
1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	4,00
1,00	3,00	2,00	2,00	2,00	-
1,00	3,00	3,00	6,00	-	-
1,00	3,00	3,00	-	-	-
2,00	3,00	3,00	-	-	-
2,00	4,00	3,00	-	-	-
2,00	4,00	3,00	-	-	-
4,00	4,00	4,00	-	-	-
-	7,00	4,00	-	-	-

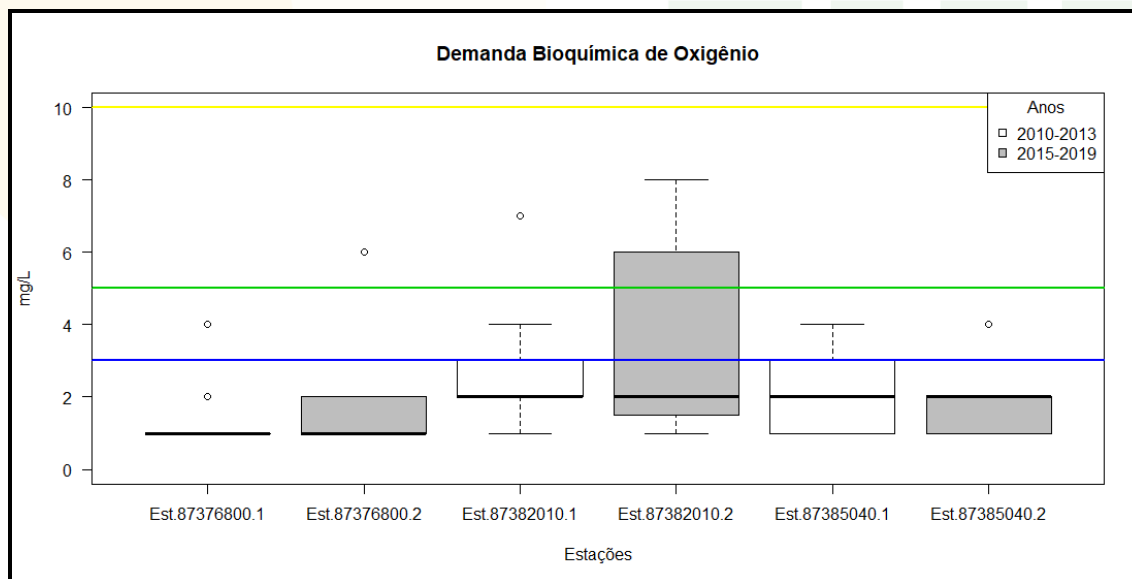


Figura 9. Distribuição do conjunto de dados significativos do parâmetro DBO. A linha azul representa o limite da classe 1 (<3,00 mg/L), a linha verde corresponde ao limite da classe 2 (<5,00 mg/L) e a linha amarela simboliza a classe 3 (<10,00 mg/L).

5.3. Demanda Química de Oxigênio/Demanda Bioquímica de Oxigênio (DQO/DBO)

Não existe padrão estipulado na Resolução Nº 357/05 do CONAMA para este parâmetro. Adotou-se como referência o intervalo de razão entre 3:1 e 10:1, considerado típico para rios submetidos à influência/contribuição de lançamentos de esgoto doméstico (WHO, 1996).

No ponto P3, estação 87376800, coletaram-se 18 amostras no período 2010-2013 e 11 amostras de 2015-2019. As médias foram de 10,00 e 9,78 e as medianas 9,50 e 8,00, respectivamente. O limite do primeiro quartil foi de 7,00 e 6,25. Para o terceiro quartil os valores foram de 12,75 e 11,50. Os valores mínimos foram de 3,00 e 2,50 e os máximos de 17 e o único *outlier* cujo valor é de 25,00 (Tabela 3 e Figura 10).

Para o ponto P8, estação 87382010, foram coletadas 18 amostras no período 2010-2013 e 12 amostras de 2015-2019. As médias foram de 6,83 e 6,97 e as medianas 7,50 e 6,50, respectivamente. O limite do primeiro quartil foi de 5,06 e 3,23. Para o terceiro quartil os valores foram de 8,00 e 10,50. Há 2 *outliers* no primeiro período, cujos valores coincidem com o valor mínimo e com o valor máximo; 0,00 e 16. No segundo período o valor mínimo observado foi de 0,00 e o máximo de 14. A amplitude interquartilica (Q3-Q1) no segundo período foi maior que no primeiro: 7,27 contra 2,94.

O ponto P11, estação 87385040, teve 18 amostras coletadas no período 2010-2013 e 11 amostras de 2015-2019. As médias foram de 11,20 e 12,91 e as medianas 9,83 e 9,00, respectivamente. O limite do primeiro quartil foi de 6,75 e 7,75. Para o terceiro quartil os valores foram de 13,00 e 17,00. Os valores mínimos foram de 4,66 e 5,00. Há um *outlier* no primeiro período, cujo valor é de 27,00. O valor máximo observado no segundo período foi de 27,00 também, no entanto não foi definido como *outlier*. A amplitude interquartilica (Q3-Q1) no segundo período foi maior que no primeiro: 9,25 contra 6,25.

Tabela 3. Dados observados da razão demanda química de oxigênio/demanda bioquímica de oxigênio.

2010-2013			2015-2019		
87376800	87382010	87385040	87376800	87382010	87385040
12,00	2,29	13,00	7,17	14,00	19,00
7,00	7,50	7,00	2,50	4,00	10,50
7,00	7,50	12,00	8,50	3,43	9,00
12,00	7,50	16,00	11,00	9,33	27,00
11,00	0,00	10,50	4,00	2,63	8,50
8,00	4,33	7,00	5,50	2,25	5,00
5,00	8,00	6,67	25,00	7,00	5,00
3,00	9,50	4,67	8,00	7,00	9,00
5,50	5,67	8,75	17,00	14,00	27,00
15,00	7,00	19,00	12,00	14,00	15,00
15,00	5,25	27,00	7,00	6,00	7,00
8,50	8,00	10,00	-	0,00	-
16,00	11,00	20,00	-	-	-
13,00	16,00	5,75	-	-	-
10,00	7,50	6,00	-	-	-
9,00	5,00	9,67	-	-	-
17,00	9,00	13,00	-	-	-
6,00	2,00	5,67	-	-	-

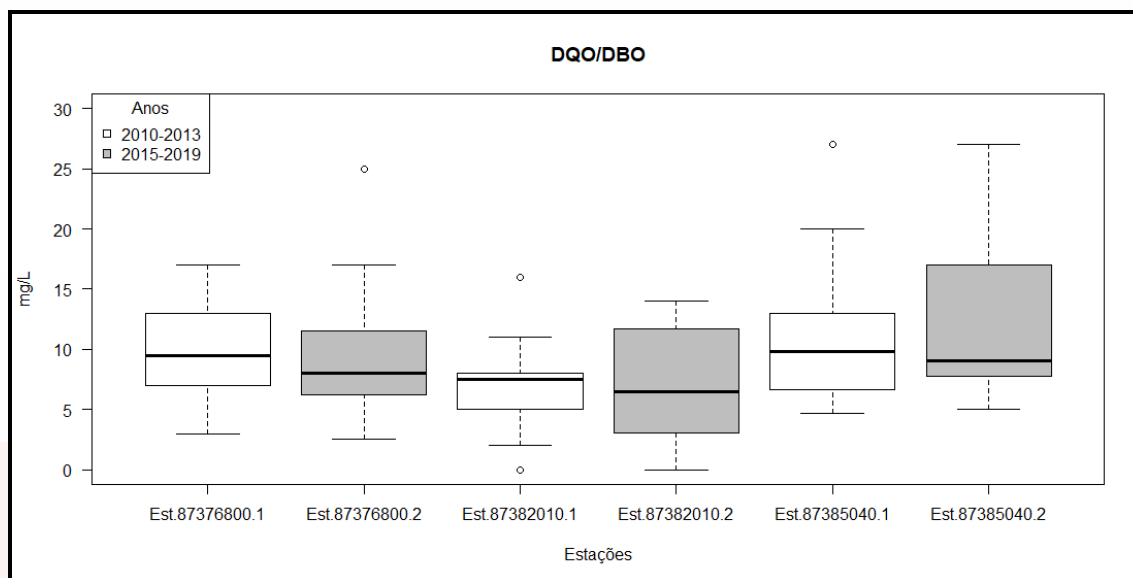


Figura 10. Distribuição do conjunto de dados significativos da razão DQO/DBO.

5.4. Turbidez

No ponto P3, estação 87376800, coletaram-se 24 amostras no período 2010-2013 e 14 amostras de 2015-2019. As médias foram de 26,25 UNT e 24,16 UNT e as medianas 21,50 UNT e 14,12 UNT, respectivamente. Os limites do primeiro quartil foram de 16,75 UNT e 4,95 UNT, respectivamente. Para o terceiro quartil os valores foram de 35,00 UNT e 37,48 UNT. Os valores mínimos foram de 3,00 UNT e 4,95 UNT e os máximos de 54,00 UNT e 86,53 UNT. A amplitude interquartílica (Q3-Q1) no segundo período foi maior que no primeiro: 32,53 UNT contra 18,25 UNT. A maior parte dos dados (75%) permaneceu no intervalo correspondente à classe 1 para ambas as séries (Tabela 4 e Figura 11).

Para o ponto P8, estação 87382010, foram coletadas 27 amostras no período 2010-2013 e 14 amostras de 2015-2019. As médias foram de 44,59 UNT e 52,26 UNT e as medianas 32,00 UNT e 27,60 UNT, respectivamente. O limite do primeiro quartil foi de 25,00 UNT e 15,58 UNT. Para o terceiro quartil os valores foram de 54,00 UNT e 51,50 UNT. Os valores mínimos foram de 15,00 UNT e 8,00 UNT. Há dois *outliers* no primeiro período, cujos valores são 99,00 UNT e o valor máximo, 111,00 UNT. No segundo intervalo há um *outlier*, cujo valor é de 263,00 UNT. A amplitude interquartílica (Q3-Q1) no segundo período foi maior que no primeiro: 35,92 UNT contra 29,00 UNT. O intervalo compreendido entre valor mínimo e mediana, para ambas as séries, permaneceu dentro do limite da classe 1. A distribuição dos dados remanescentes ocorreu desde a classe 1 até a classe 3 (entre 40,00 UNT e 100,00 UNT). Apenas 1,69% das amostras ficaram acima do limite da classe 3.

O ponto P11, estação 87385040, teve 26 amostras coletadas no período 2010-2013 e 13 amostras de 2015-2019. As médias foram de 44,47 UNT e 47,12 UNT e as medianas 31,00 UNT e 16,70 UNT, respectivamente. O limite do primeiro quartil foi de 22,00 UNT e 12,46 UNT. Para o terceiro quartil os valores foram de 53,00 UNT e 63,80 UNT. Os valores mínimos foram de 12,00 UNT e 2,90 UNT. Há dois *outliers* no primeiro período, cujos valores correspondem a 109,00 UNT e 112,00 UNT. No segundo intervalo há um *outlier*, cujo valor é de 143,00 UNT. A amplitude interquartílica (Q3-Q1) no segundo período foi maior que no primeiro: 51,34 UNT contra 31,00 UNT. O intervalo compreendido entre valor mínimo e mediana, para ambas as séries, permaneceu dentro do limite da classe 1. A distribuição dos dados remanescentes ficou no intervalo da classe 1 a classe 3 (entre 40,00 UNT e 100,00 UNT). Apenas 2,54% das amostras ficaram acima do limite da classe 3.

Tabela 4. Dados observados do parâmetro turbidez.

2010-2013			2015-2019		
87376800	87376800	87382010	87382010	87385040	87385040
20,00	4,00	32,00	45,00	31,00	12,46
23,00	5,00	43,00	83,00	48,00	139,00
11,00	51,00	111,00	71,00	70,00	26,00
41,00	4,00	21,00	263,00	19,00	143,00
33,00	4,80	99,00	8,00	109,00	2,90
17,00	37,72	54,00	12,20	38,00	5,50
45,00	7,97	15,00	40,95	20,00	63,80
27,00	15,80	53,00	16,10	63,00	16,70
51,00	86,53	28,00	18,65	22,00	14,72
54,00	37,40	71,00	35,10	112,00	-
16,00	12,45	76,00	14,02	53,00	-
17,00	23,29	25,00	20,10	21,00	-
3,00	-	21,00	-	28,00	-
13,00	-	21,00	-	12,00	-
29,00	-	27,00	-	29,00	-
20,00	-	36,00	-	53,00	-
-	-	25,00	-	28,00	-

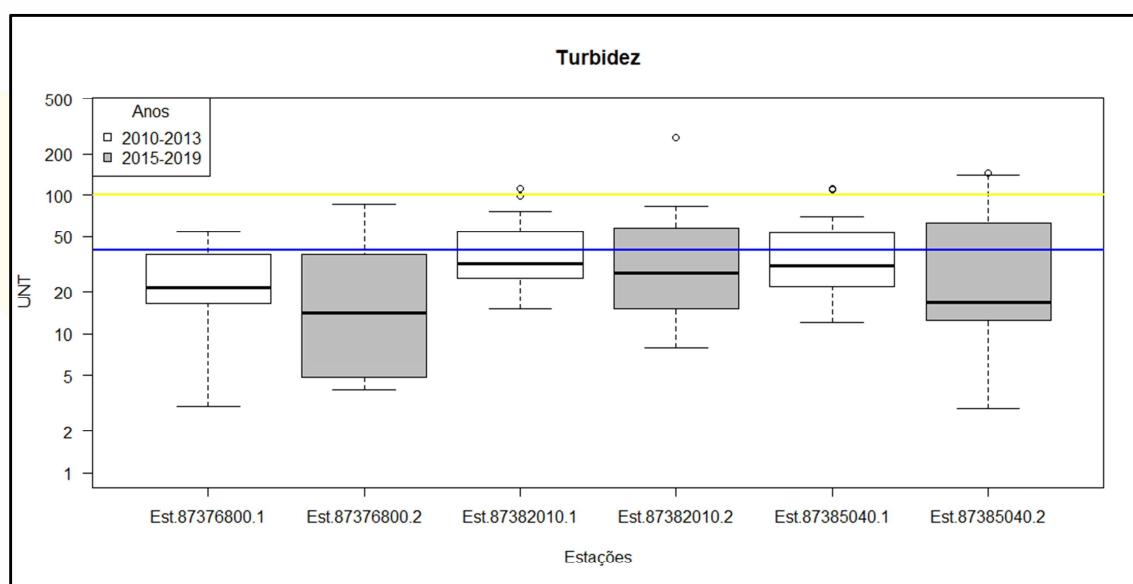


Figura 11. Distribuição do conjunto de dados significativos do parâmetro turbidez. A linha azul representa o limite da classe 1 (<40,00 UNT) e a linha amarela simboliza o limite da classe 3 (<100,00 UNT).

5.5. Fósforo total

No ponto P3, estação 87376800, coletaram-se 12 amostras no período 2010-2013 e 13 de 2015-2019. As médias foram 0,2377 mg/L e 0,1770 mg/L e as medianas 0,0910 mg/L e 0,1160 mg/L, respectivamente. O limite do primeiro quartil foi de 0,0750 mg/L e 0,0770 mg/L. Para o terceiro quartil os valores foram de 0,1888 mg/L e 0,1780 mg/L. Há três *outliers* no total, dois para o primeiro intervalo (0,8210 mg/L e 0,9520 mg/L) e um para o segundo intervalo (0,8290 mg/L) (Tabela 5 e Figura 12).

Para ponto P8, estação 87382010, foram coletadas 14 amostras no período 2010-2013 e 13 de 2015-2019. As médias foram de 0,1875 mg/L e 0,3391 mg/L. As medianas foram de 0,1705 mg/L e 0,2840 mg/L. O limite do primeiro quartil foi 0,1345 mg/L. O terceiro quartil foi 0,2112 mg/L. Há um *outlier*, cujo valor é de 0,3420 mg/L. No intervalo 2015-2019, o limite do primeiro quartil foi 0,1410 mg/L e o do terceiro 0,5000 mg/L. O segundo período apresentou grande amplitude, com valor mínimo de 0,1120 mg/L e máximo de 0,7720 mg/L.

O ponto P11, estação 87385040, teve 14 amostras coletadas no período 2010-2013 e 11 de 2015-2013. As médias foram de 0,1992 mg/L e 0,2422 mg/L e as medianas 0,1980 mg/L e 0,2336 mg/L. O limite do primeiro quartil foi de 0,1688 mg/L e 0,1955 mg/L. Para o terceiro quartil os valores foram de 0,2362 mg/L e 0,2815 mg/L. Há dois *outliers* no segundo período, cujos valores são de 0,0160 mg/L e 0,4900 mg/L.

Tabela 5. Dados observados do parâmetro fósforo total.

2010-2013			2015-2019		
87376800	87376800	87382010	87382010	87385040	87385040
0,227	0,167	0,157	0,135	0,117	0,157
0,048	0,211	0,184	0,5	0,174	0,183
0,821	0,829	0,157	0,284	0,15	0,229
0,045	0,116	0,13	0,575	0,167	0,49
0,176	0,251	0,28	0,772	0,238	0,294
0,075	0,04	0,214	0,6	0,224	0,269
0,075	0,077	0,193	0,383	0,193	0,208
0,075	0,116	0,308	0,112	0,308	0,2336
0,176	0,12	0,148	0,2578	0,203	0,348
0,952	0,178	0,096	0,307	0,179	0,016
0,089	0,047	0,113	0,122	0,231	0,237
0,093	0,089	0,203	0,219	0,253	-
-	0,06	0,1	0,141	0,103	-
-	-	0,342	-	0,249	-

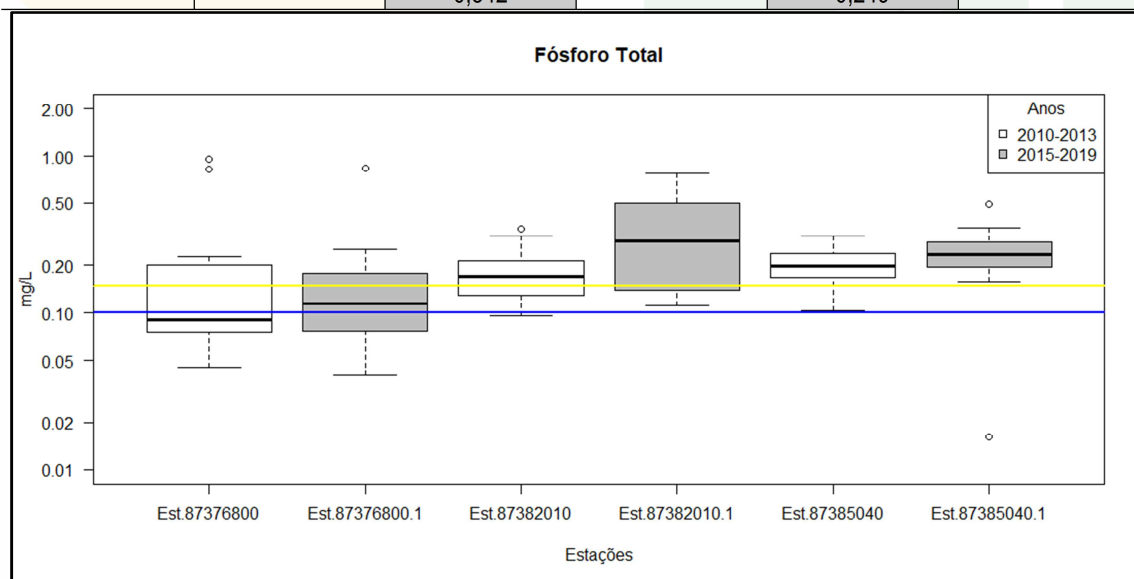


Figura 12. Distribuição do conjunto de dados significativos do parâmetro fósforo total. A linha azul representa o limite da classe 1 (<0,1 mg/L) e a linha amarela simboliza a classe 3 (<0,15 mg/L).

5.6. *Escherichia coli*

No ponto P3, estação 87376800, coletaram-se 17 amostras no período 2010-2013 e 13 amostras de 2015-2019. As médias foram 7.187 NMP/100mL e 4.636 NMP/100mL e as medianas 2.300 NMP/100mL e 1.301 NMP/100mL, respectivamente. O limite do primeiro quartil foi de 1.410 NMP/100mL e 802 NMP/100mL. Para o terceiro quartil os valores foram de 3.700 NMP/100mL e 4.884 NMP/100mL. Há três *outliers* no total, um para o primeiro intervalo (81.000 NMP/100mL) e dois para o segundo (18.600 NMP/100mL e 19.863 NMP/100mL) (Tabela 6 e Figura 13).

Para o ponto P8, estação 87382010, foram coletadas 19 amostras no período 2010-2013 e 13 amostras de 2015-2019. As médias foram de 32.312 NMP/100mL e 22.426 NMP/100mL e as medianas 6.700 NMP/100mL e 11.225 NMP/100mL. O limite do primeiro quartil foi de 4.100 NMP/100mL e 2.779 NMP/100mL. Para o terceiro quartil os valores foram de 13.365 NMP/100mL e 28.412 NMP/100mL. Há um *outlier*, cujo valor é de 111.990 NMP/100mL. A amplitude interquartílica (Q3-Q1) no segundo período foi maior que no primeiro: 25.663 NMP/100mL contra 9.265 NMP/100mL.

O ponto P11, estação 87385040, foram coletadas 16 amostras no período 2010-2013 e 12 amostras de 2015-2019. As médias foram de 2.234 NMP/100mL e 1.941 NMP/100mL e as medianas 1.400 NMP/100mL e 1.395 NMP/100mL. O limite do primeiro quartil foi de 565 NMP/100mL e 410 NMP/100mL. Para o terceiro quartil os valores foram de 3.032 NMP/100mL e 2.772 NMP/100mL. Há um *outlier* no primeiro período, cujo valor é de 10.000 NMP/100mL.

Tabela 6. Dados observados do parâmetro *E. coli*.

2010-2013			2015-2019		
87376800	87382010	87385040	87376800	87382010	87385040
2.300,00	6.700,00	1.900,00	1.203,30	307,00	414,00
2.400,00	17.300,00	490,00	> 2419,60	>2.419,60	> 2419,60
155,00	4.100,00	980,00	305,00	10.670,00	1.495,00
4.100,00	4.100,00	360,00	1.301,00	45.410,00	169,00
2.500,00	10.000,00	1.800,00	455,00	3.860,00	657,00
1.100,00	17.000,00	360,00	802,00	41.060,00	378,40
2.100,00	6.100,00	3.650,00	283,00	12.740,00	4.520,00
1.410,00	2.600,00	310,00	1.281,00	1.560,00	3.830,00
5.800,00	5.600,00	590,00	3.076,00	2.789,00	1.585,00
2.250,00	430,00	4.880,00	18.600,00	11.780,00	6.131,00
1.300,00	>2.419,60	3.400,00	4.884,00	2.750,00	1.296,00
81.000,00	9.300,00	10.000,00	19.863,00	111.990,00	399,00
3.100,00	470.000,00	2.200,00	5.794,00	-	-
3.700,00	9.000,00	1.000,00	-	-	-
1.500,00	17.300,00	2.910,00	-	-	-
6.490,00	14.700,00	910,00	-	-	-
980,00	12.030,00	-	-	-	-
-	350,00	-	-	-	-
-	4.900,00	-	-	-	-

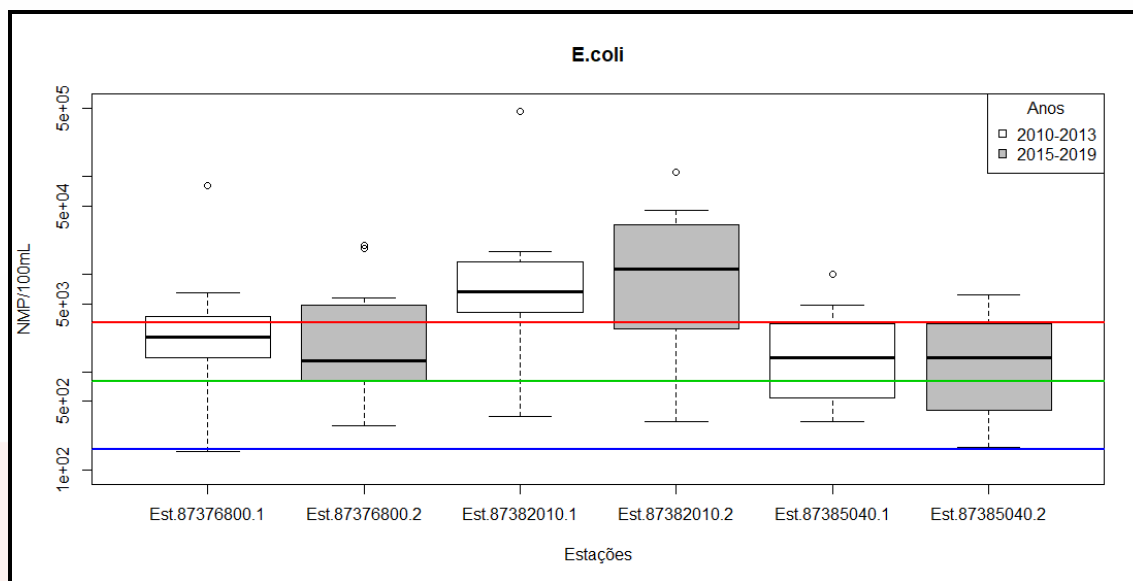


Figura 13. Distribuição do conjunto de dados significativos do parâmetro *E. coli*. Obs: os limites de classe de qualidade foram recalculados considerando a razão 0,8:1 entre *E. coli* e Coliformes Termotolerantes; assim, a linha azul representa o limite da classe 1 (<160 NMP/100mL), a linha verde corresponde ao limite da classe 2 (<800 NMP/100mL) e a linha vermelha simboliza a classe 4 (<3200 NMP/100mL).

5.7. Nitrogênio Amoniacal

No ponto P3, estação 87376800, coletaram-se 20 amostras no período 2010-2013 e 12 amostras de 2015-2019. As médias foram de 0,158 mg/L e 0,210 mg/L e as medianas 0,100 mg/L e 0,198 mg/L, respectivamente. Os limites do primeiro quartil foram de 0,048 mg/L e 0,138 mg/L, respectivamente. Para o terceiro quartil os valores foram de 0,171 mg/L e 0,279 mg/L. Os valores mínimos foram de 0,020 mg/L e 0,640 mg/L e os máximos de 1,070 mg/L e 0,395 mg/L. A amplitude interquartilica (Q3-Q1) no primeiro período foi maior que no segundo: 0,123 mg/L contra 0,141 mg/L. Há um *outlier* no primeiro intervalo, cujo valor é de 1,070 mg/L. Todos os dados permaneceram no intervalo correspondente à classe 1 para ambas as séries (Tabela 7 e Figura 14).

Para o ponto P8, estação 87382010, foram coletadas 20 amostras no período 2010-2013 e 13 amostras de 2015-2019. As médias foram de 0,823 mg/L e 1,395 mg/L e as medianas 0,525 mg/L e 1,020 mg/L, respectivamente. O limite do primeiro quartil foi de 0,359 mg/L e 0,312 mg/L. Para o terceiro quartil os valores foram de 1,225 mg/L e 1,330 mg/L. Os valores mínimos foram de 0,020 mg/L e 0,164 mg/L. Há um *outliers* no primeiro período, cujo valor é de 2,800 mg/L. No segundo intervalo há dois *outliers*, cujos valores são 3,420 mg/L e o máximo de 5,000 mg/L. A amplitude interquartilica (Q3-Q1) no segundo período foi maior que no primeiro: 1,018 mg/L contra 0,866 mg/L. Todos os dados, exceto o valor máximo registrado no segundo período, permaneceram dentro do limite da classe 1. Apenas 0,030% das amostras ficaram acima do limite da classe 1.

O ponto P11, estação 87385040, teve 21 amostras coletadas no período 2010-2013 e 11 amostras de 2015-2019. As médias foram de 1,414 mg/L e 1,196 mg/L e as medianas 0,720 mg/L e 1,023 mg/L, respectivamente. O limite do primeiro quartil foi de 0,434 mg/L e 0,313 mg/L. Para o terceiro quartil os valores foram de 1,600 mg/L e 1,705 mg/L. Os valores mínimos foram de 0,154 mg/L e 0,254 mg/L e os máximos de 9,750 mg/L e 3,070 mg/L. Há um *outlier* no primeiro período, cujo valor corresponde a 9,750 mg/L. A amplitude interquartilica (Q3-Q1) no segundo período foi maior que no primeiro: 1,392 mg/L contra 1,166 mg/L. Todos os dados, com exceção do *outlier*, ficaram dentro do intervalo da classe 1 (até 3,700 mg/L). Apenas 3,130% das amostras ficaram acima do limite da classe 1.

Ressalta-se que todos os valores observados de nitrogênio amoniacal possuíam valores de pH menores ou iguais a 7,5. Dessa forma, conforme a Resolução 357/2005 do CONAMA, o limite da classe 1 é de 3,7 mg/L e o limite da classe 3 é de 13,3 mg/L.

Tabela 7. Dados observados do parâmetro nitrogênio amoniacal.

2010-2013			2015-2019		
87376800	87382010	87385040	87376800	87382010	87385040
0,049	0,373	0,456	0,187	0,312	1,007
0,025	0,687	0,154	0,195	5,000	1,040
0,045	0,318	0,318	0,244	0,780	0,291
0,162	1,100	1,160	0,064	0,862	0,320
0,020	0,020	1,080	0,152	0,304	2,490
0,110	0,482	0,830	0,201	3,420	3,070
1,070	0,020	0,450	0,298	2,110	0,254
0,080	0,210	1,860	0,352	0,164	1,360
0,040	0,560	0,430	0,064	1,253	1,820
0,100	1,970	0,480	0,097	1,330	0,311
0,070	0,470	9,750	0,273	0,248	-
0,270	2,800	0,530	0,395	1,330	-
0,100	0,490	3,150	-	1,020	-
0,100	1,300	0,720	-	-	-
0,200	1,200	0,300	-	-	-
0,100	1,200	2,000	-	-	-
0,020	1,300	2,500	-	-	-
0,300	1,300	1,200	-	-	-
0,090	0,200	1,600	-	-	-
0,208	0,479	0,300	-	-	-
-	-	0,434	-	-	-

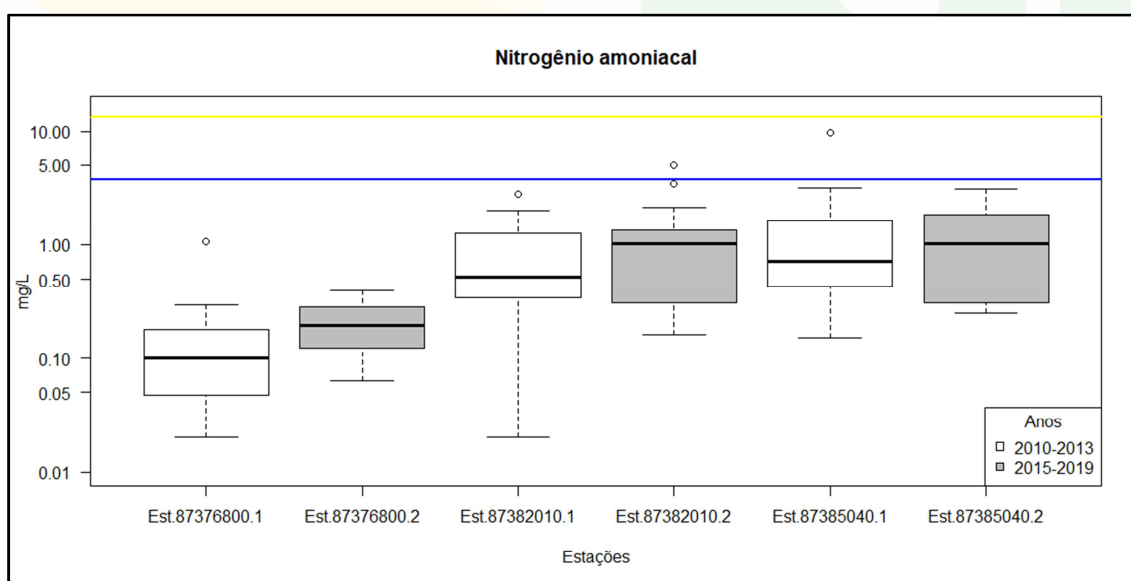


Figura 14. Distribuição do conjunto de dados significativos do parâmetro Nitrogênio amoniacal. A linha azul representa o limite da classe 1 (<3,7mg/L) e a linha amarela da classe 3 (<13,3 mg/L).

5.8. Correlação

Os valores de mediana supracitados foram utilizados no cálculo dos coeficientes de correlação de Pearson (r) para os seguintes parâmetros, conforme tabela 8:

Tabela 8. Correlação r entre os parâmetros.

	OD	DBO	DQO/DBO	NH _x	<i>E. coli</i>	TURB	Ortofosf	Ptot	Orto/Ptot
OD	1,000								
DBO	-0,957	1,000							
DQO/DBO	0,135	-0,218	1,000						
NH _x	-0,932	0,876	-0,273	1,000					
<i>E. coli</i>	-0,261	0,428	-0,851	0,414	1,000				
TURB	-0,373	0,619	-0,149	0,260	0,518	1,000			
Ortofosf	-0,943	0,905	-0,349	0,988	0,485	0,309	1,000		
Ptot	-0,858	0,844	-0,439	0,973	0,586	0,328	0,965	1,000	
Orto/Ptot	-0,871	0,842	-0,067	0,701	0,177	0,349	0,771	0,586	1,000

Nota: Células em verde se referem a valores de correlação alta ou extremamente alta.

6. Discussão

A avaliação da qualidade ambiental depende do monitoramento contínuo de parâmetros físico-químicos sensíveis às atividades antrópicas, bem como da análise de uma série histórica de dados que permita visualizar o comportamento do ambiente ao longo do tempo. Para o caso dos recursos hídricos, uma rede de monitoramento permite detectar restrições de usos, estabelecer diagnósticos e prever tendências de qualidade da água a partir dos parâmetros analisados. Além disso, é possível determinar as potenciais fontes que alteram as concentrações desses parâmetros, reconhecendo-se quais os efluentes gerados por atividades desenvolvidas no território da bacia hidrográfica, que por sua vez atinjam corpos d'água, e comparando aos dados obtidos nas diferentes estações de monitoramento dessa bacia. Dessa forma, uma análise de uso e ocupação territorial se faz necessária para reconhecimento de fontes de poluição, demandas de uso, classificação e enquadramento, bem como para definição de ações para melhoria ou manutenção da qualidade da água. Os resultados descritos acima, obtidos através da rede básica de monitoramento da FEPAM, permitem-nos distinguir quais os parâmetros físico-químicos monitorados comprometem os múltiplos usos da água no rio dos Sinos, bem como correlacionar com as prováveis fontes de poluição que alteram esses parâmetros.

A partir da análise dos dados de monitoramento, gerados pela FEPAM nos períodos de 2010-2013 e 2015-2019, definiu-se as classes da Resolução CONAMA Nº 357/2005, para os parâmetros selecionados, conforme o método adotado pela FEPAM no presente estudo (Tabela 9). Constata-se que há diferenças entre as classes obtidas a depender da função estatística aplicada. Na estação 87382010, a partir da aplicação da Moda, obteve-se a classe 1, ao passo que a partir do percentil 80 a classe resultante foi a 4. Verifica-se ainda que os parâmetros mantiveram a mesma variação dos pontos de vista temporal e espacial, ou seja, os padrões de qualidade identificados no primeiro e no segundo período de monitoramento e a tendência de redução de qualidade nas estações, sentido montante-jusante, permaneceram inalterados.

Tabela 9. Classificação dos parâmetros e das estações conforme metodologia adotada pela FEPAM. As classes dos parâmetros foram definidas a partir da mediana dos dados analíticos; a classe das estações expressa através das funções Moda e P80.

Parâmetro/estações	2010-2013			2015-2019		
	87376800	87382010	87385040	87376800	87382010	87385040
OD	1	3	4	1	3	4
DBO	1	1	1	1	1	1
Turbidez	1	1	1	1	1	1
Fósforo Total	1	> 3	> 3	3	> 3	> 3
<i>E. coli</i>	4	> 4	4	4	> 4	4
Nitrogênio Amoniacal (NH _x)	1	1	1	1	1	1
Classificação - Moda	1	1	4	1	1	4
Classificação - P80	1	4	4	1	4	4

Os resultados demonstram também que os parâmetros OD, DBO, Fósforo Total e Nitrogênio Amoniacal são os principais definidores das classes de qualidade da água no rio dos Sinos para os trechos abordados no presente estudo. Conforme a Tabela 8, esses parâmetros apresentam valores de correlação alta ou extremamente alta, o que permite estabelecer que a situação de qualidade encontrada está relacionada com cargas poluidoras geradas pelo despejo de esgoto doméstico bruto. A correlação forte entre esses parâmetros também demonstra que há permanente influência da referida fonte no sistema, ou seja, esgoto sanitário sem tratamento sendo continuamente despejado no rio, condicionando

a qualidade da água na área de estudo. Além disso, verifica-se que os dados de OD, Fósforo total e *E. coli* são os que apresentam maior grau de comprometimento para usos da água, o que também corrobora para a influência da fonte poluidora apontada.

Paralelamente, deve-se correlacionar a qualidade da água do manancial – e os parâmetros em inconformidade com padrões estabelecidos para determinada classe – aos usos pretendidos e às restrições inerentes ao seu aproveitamento. No caso do uso para irrigação de culturas cerealíferas, a Resolução CONAMA Nº 357/2005 diz que a água deve atender aos padrões estabelecidos para a classe 3. No entanto, se o parâmetro em desacordo for o fósforo total é provável que tal restrição de uso não se aplique, tendo em vista que o fósforo é um dos principais compostos presentes em fertilizantes e utilizados largamente na agricultura. Dessa forma, evidencia-se que padrões de qualidade inferiores podem ser admitidos para determinados usos pretendidos, desde que os parâmetros em desacordo não comprometam o aproveitamento da água para determinada atividade ou provoquem degradação da qualidade ambiental. Portanto, é possível notar que a avaliação de qualidade da água pode consistir em complexo processo, dependente de uma rede ativa de monitoramento e de quais usos pretendidos para o recurso hídrico, o que dificulta a definição de classe atual e, conseqüentemente, o enquadramento.

Historicamente, o rio dos Sinos tem dentre as principais fontes de poluição o lançamento de esgoto doméstico sem o devido tratamento. No Plano de Recursos Hídricos, publicado em julho de 2014, ficou estabelecida uma série de programas e ações com o objetivo de atingir metas quali-quantitativas, relativas ao enquadramento estabelecido pelo plano. Dentre as metas, definiu-se como prioridades a redução das cargas poluidoras (i) em áreas urbanas (esgotamento sanitário); (ii) em áreas rurais; e (iii) no setor industrial; assim como ações relacionadas à disposição adequada de resíduos sólidos; e controle sobre o uso de agrotóxicos. Segundo o Plano de Recursos Hídricos, a estimativa de custo para a execução das 37 ações mínimas planejadas é cerca de 1,6 bilhões de reais em 20 anos, sendo que 93% desse investimento estimado diz respeito somente à ação de redução de carga poluidora por esgotamento sanitário em áreas urbanas.

É importante destacar que a classificação constante em Planos de Recursos Hídricos diz respeito aos usos estabelecidos e pretendidos da água em determinado trecho de rio. Dessa forma, essa ferramenta de planejamento deve estar embasada em diagnósticos e prognósticos de qualidade, quantidade e demanda de uso da água. Assim, estabelecem-se metas para qualidade e quantidade da água em um espaço de tempo, definido como enquadramento, o qual deve ser referendado pelo poder público e pelos usuários da água. Considerando isso, entende-se que para otimização dos resultados prévios ao enquadramento, quando do diagnóstico, uma série de dados deve ser avaliada e os parâmetros críticos reconhecidos. Para o estabelecimento das classes de uso definidas na CONAMA Nº 357/2005, deve-se considerar, além da manutenção ou melhoria da qualidade da água, os usos consolidados e os usos pretendidos para determinado recurso hídrico, ponderando as restrições decorrentes de parâmetros em inconformidade que não acarretam comprometimento de tais usos.

Para uma efetiva melhora ou manutenção de qualidade das águas, ações de controle ambiental de fontes poluidoras devem ser levadas a cabo, os parâmetros potencialmente comprometidos continuamente monitorados, a gestão do território capaz de prever os tipos de uso e ocupação permitidos nos distintos setores da bacia hidrográfica e, também, ações que garantam a segurança hídrica. Assim, evidencia-se que para o aprimoramento da gestão dos recursos hídricos, se faz necessário integrá-la com o planejamento de uso e ocupação territorial. O atingimento de metas de enquadramento da qualidade da água depende da efetivação de ações a serem implementadas,

conjuntamente, entre setores usuários e poder público, responsáveis por executar ações previstas em ferramentas de gestão, tais como Plano Diretor, Plano de Saneamento e Plano de Resíduos Sólidos.

Além disso, o aprimoramento do processo de avaliação da qualidade da água e do ecossistema aquático passa também pelo emprego de outros métodos investigativos, tal como os ensaios de ecotoxicidade que tratam dos efeitos tóxicos do ambiente sobre a estabilidade de comunidades aquáticas. Alterações de comportamento, crescimento, reprodução e morte estão entre os efeitos normalmente observados, causados pelo aporte de poluentes nos ecossistemas. A análise baseada em compostos conservativos – que tendem a permanecer no ambiente e participar de processos de biotransformação e bioacumulação em organismos aquáticos, especialmente peixes, é outro método de investigação da qualidade da água superficial, também denominado bioensaio (NEVES, 2014).

7. Considerações finais

O conjunto de dados analisados, oriundos da rede básica de monitoramento da FEPAM, demonstra que a qualidade da água nas três estações analisadas pode apresentar restrições para usos mais nobres. Os dados físico-químicos e os parâmetros estatísticos analisados permitem reconhecer que as condições de qualidade da água no rio dos Sinos estão condicionadas ao aporte de cargas de origem antrópica, havendo, no geral, queda da qualidade de montante para jusante e entre os períodos analisados (de 2010-2013 para 2015-2019). Os trechos com maior densidade populacional, localizados no Baixo rio dos Sinos, são os que apresentam padrões de qualidade inferiores.

Os parâmetros Fósforo e Nitrogênio são indispensáveis à análise de qualidade da água do manancial. Concentrações elevadas desses parâmetros podem comprometer o abastecimento para consumo humano, um dos usos mais exigentes previstos na legislação e a principal demanda do Baixo rio dos Sinos, pois o atingimento dos padrões de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde depende, também, da eficiência de remoção desses parâmetros nas ETA. A partir da análise desses dados físico-químicos e de sua correlação com as principais fontes de poluição, entende-se que ações vinculadas à ampliação e melhoria na coleta e tratamento de esgoto doméstico promoverão melhora significativa desse recurso hídrico.

Como dito anteriormente, os resultados da avaliação da série histórica de monitoramento evidenciam que não está ocorrendo significativa melhora na qualidade das águas no rio dos Sinos, havendo, em verdade, um decréscimo na qualidade para a maioria dos parâmetros analisados. Uma vez que esse conjunto de parâmetros físico-químicos é sensível, sobretudo, a alterações causadas por lançamento de esgoto doméstico, a piora nas condições de qualidade verificada no presente estudo pode estar associada à falta de investimentos na melhoria dos Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES), previstos pelo Plano de Bacia. Isso indica que a priorização do programa “Redução das Cargas Poluidoras” (total de 10) e da ação “Redução de Carga Poluidora em Áreas Urbanas – Esgotamento Sanitário” (total de 37) não ocorreu e, conseqüentemente, o atingimento das metas de enquadramento está comprometido.

O estudo demonstra ainda que decisão técnica de selecionar parâmetros para análise e interpretação dos dados pode interferir significativamente nos resultados obtidos nas etapas de diagnóstico, prognóstico e enquadramento. Decisões metodológicas e de avaliação conduzem ao estabelecimento de cenários, atual e futuros, que comprometem a gestão da água sob a ótica dos usos múltiplos, pois resultam em distorções da situação fática, super ou subestimando a condição qualitativa do recurso hídrico. Como demonstrado, diferentes funções estatísticas podem acarretar em distintos

resultados. A solução passará sempre pela análise em conjunto de métodos e a definição de critérios de desempate.

Os Planos de Recursos Hídricos se desenvolvem visando identificar usos preponderantes por trecho de curso de água (ou seção, nos casos de corpos de água). Assim, é possível ajustar os critérios de avaliação para os níveis de exigência desses usos geograficamente. No caso do Plano do rio dos Sinos esse critério não foi aplicado, tendo em vista que o alto rio dos Sinos e o baixo rio dos Sinos estão submetidos aos mesmos padrões de referência de qualidade, ainda que os usos preponderantes – que estão vinculados ao uso e ocupação do território – sejam notadamente diversos. Nesse sentido, afirma-se que a definição metodológica para estudos de qualidade da água, desde a amostragem e análise laboratorial, até a interpretação dos dados, deve estar vinculada às atividades desenvolvidas no território da bacia hidrográfica.

Por fim, reafirma-se que para a efetividade, bem como o avanço, do processo de gestão de recursos hídricos, o contínuo monitoramento dos parâmetros referentes à qualidade da água se faz necessário. A série histórica de dados possibilita a compreensão da evolução comportamental de um recurso hídrico e possibilita o reconhecimento das medidas necessárias para atingimento de metas de qualidade. Além disso, ressalta-se o fato de que existem diferentes metodologias para avaliação do ecossistema aquático, as quais devem ser adotadas uma vez que são complementares. O presente relatório tratou do monitoramento a partir de uma rede básica de qualidade da água. Entretanto, dados como concentrações de metais, agrotóxicos e ensaios de ecotoxicidade, na água e no sedimento, possibilitariam detectar outros graus de qualidade no rio dos Sinos, o qual apresenta potencial para contaminação desses poluentes, tendo em vista as fontes poluidoras, antigas e atuais, presentes nessa bacia.

8. Referências bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Portal da Qualidade das Águas: Indicadores de Qualidade da Água – Índice de Qualidade das Águas (IQA). Brasília-DF, 2019. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 1 mai. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Divisões Hidrográficas do Brasil. Brasília, DF, 2017a. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/divisoes-hidrograficas>. Acesso em: 15 mai. 2019.

ANSCHAU, Carla. Atlas do Projeto Verdesinos - Porto Alegre : Ed. do Autor, 2015. 116 p. ; 16cm ISBN: 978-85-92907-00-6

BECKER, C.J. Uma visão histórica dos banhados a montante da cidade de São Leopoldo. In: Os Banhados do Rio dos Sinos. Carlos Cardoso Aveline (Org.), São Leopoldo. UPAN. Ed. Agatha, 1995. Cap 1. 84p.

BRAGA, Benedito P. F. *et al.* Pacto Federativo e Gestão de Águas. Scielo, São Paulo, v. 22, n. 63, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200003. Acesso em: 15 mai. 2019.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 15 jun. 2019.

BRASIL, Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>. Acesso em: 27 mai. 2019.

BRASIL, Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>. Acesso em 27 mai. 2019.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em 27 mai. 2019.

CAMPOS, DO., *et al.* Zoneamento geohidroecológico da bacia do rio Almada: análise da capacidade de produção de água. In: MORAES, MEB., and LORANDI, R., orgs. Métodos e técnicas de pesquisa em bacias hidrográficas [online]. Ilhéus, BA: Editus, 2016, pp. 81-101. ISBN 978-85-7455-443-3.

CARVALHO, Paulo Fernando Braga. Introdução à Quantificação em Geografia (Com uso do Excel). 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/335243952_Introducao_a_Quantificacao_em_Geografia_Com_u_so_do_Excel. Acesso em: 30 ago. 2019.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (SP). Qualidade das águas doces no estado de São Paulo. Apêndice E: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Apêndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanitário-das-Variáveis-de-Qualidade-2016.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2019.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (SP). Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. São Paulo: [s. n.], 2016. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2016/03/Ap%C3%AAndice-D-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas-1.pdf>. Acesso em: 3 mai. 2019.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (SP). Módulo 1 - Introdução à Qualidade da Água. São Paulo, abr. 2017. Acesso em: 26 ago. 2019.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

COMITESINOS (RS). Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. São Leopoldo, RS, 2019?. Disponível em: <http://www.comitesinos.com.br/bacia-hidrografica-do-rio-dos-sinos>. Acesso em: 20 fev. 2019.

COMITESINOS (Rio Grande do Sul). Deliberação CBHSINOS 041/2014. Porto Alegre, 2014. Disponível em: <http://www.comitesinos.com.br/arquivos/deliberacao-cbhsinos041-2014---das-metas-intermediarias-e-progressivas-do-enquadramento-legal-dos-cursos-de-agua--rio-dos-sinos-rio-paranhana-rio-da-ilha-e-rio-rolante-2017-07-03-1499112282.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2019.

COMITESINOS (Rio Grande do Sul). Deliberação CBHSINOS 042/2014. Porto Alegre, 2014. Disponível em: <http://www.comitesinos.com.br/arquivos/deliberacao-cbhsinos042-2014---da-definicao-do-enquadramento-das-aguas-superficiais-da-bacia-hidrografica-do-rio-dos-sinos-2017-07-03-1499112238.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2019.

COMITESINOS (Rio Grande do Sul). Deliberação CBHSINOS 046/2014. Porto Alegre, 2014. Disponível em: <http://www.comitesinos.com.br/arquivos/deliberacao-cbhsinos046-2014---dos-criterios-de-outorga-2017-07-03-1499111923.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2019.

DANTE, Luiz Roberto. Matemática: Contexto & aplicações. 2. ed. São Paulo: Ática, 2013.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. A importância de monitorar a qualidade da água na agricultura. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1354377/1752280/Importancia+Monitorar+Qualidade+Água+Piscicultura.pdf/d685903a-b6b0-473f-9bce-2d14387b00e0?version=1.0>. Acesso em: 12 fev. 2019.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Oxigênio Dissolvido. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/ecoagua/eco/oxigdiss.html>. Acesso em: 13 fev. 2019.

GALDINO, Nayara; TROMBINI, Rosana B.; Análise físico-química da água do córrego Japira, localizado na cidade de Apucarana-PR. Terra e cultura - No 53 - Ano 27 - p.67-76 Julho a Dezembro de 2011.

HATGE, V.; BIDONE, E.D.; MADDOCK, J.L. Estimation of the natural and anthropogenic components of heavy metal fluxes in fresh water Sinos River, Rio Grande Do Sul State, South Brazil. Environ Technol 19: 483-487, 1998. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/action/showCitFormats?doi=10.1080%2F09593331908616704>. Acesso em: 20 jul. 2019.

MACEDO, J.C. Qualidade das águas do Rio dos Sinos. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) Novo Hamburgo, FEEVALE. 2010, 181f.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para sobrevivência futura. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Porto Alegre, v. 3, n. 4, out./dez. 2002.

MEZOMO, Águeda Marcéi. A qualidade das águas como subsídio para gestão ambiental. 2008. 243 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/16666>. Acesso em: 26 jun. 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasília). Fundação Nacional de Saúde. Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS. 1. ed. Brasília: Funasa, 2014. 112 p. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf. Acesso em: 3 jul. 2019.

MORAES, Laís Fernandes de. Disponibilização dos dados de qualidade de água de uma bacia hidrográfica do Rio Grande do Sul, Brasil: uma plataforma online. 2018. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Programa de Pós-graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/195007>. Acesso em: 14 jul. 2019.

MOTA, S. Preservação e conservação de recursos hídricos. 2.ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/4wbr2/pdf/moraes-9788574554433-05.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2019.

MOURA, Luis Henrique Amorim; BOAVENTURA, Geraldo Resende; PINELLI, Marcelo Pedrosa. A qualidade de Água como Indicador de Uso e Ocupação do Solo: Bacia do Gama – Distrito Federal. Scielo, São Paulo, v. 33, n. 1, 2010. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422010000100018. Acesso em: 15 mai. 2019.

NEVES, Daniele Gervazoni Viana das. Potencial tóxico e mutagênico de efluentes tratados de indústria metal mecânica dispostos no solo. 2014. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia, Programa de Pós-graduação em Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/131964>>. Acesso em: 21 jul. 2019.

NOVOTNY, V. Water quality: diffuse pollution and watershed management. New York: J. Wiley, 2003.

PINTO, Daniel Brasil Ferreira *et al* . Qualidade da água do Ribeirão Lavrinha na região Alto Rio Grande - MG, Brasil. Ciênc. agrotec., Lavras , v. 33, n. 4, p. 1145-1152, ago. 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000400028>. Acesso em: 27 jul. 2019.

PROFILL. Plano Sinos – Plano de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, 2013. Rio Grande do Sul, 2013. Disponível em: <http://www.comitesinos.com.br>. Acesso em: 9 abr. 2019.

R CORE TEAM (Austria). R: A language and environment for statistical computing. 3.4.3. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 26 abr. 2019. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 10 jan. 2019.

RIBEIRO, Krukemberghe Divino Kirk da Fonseca. "Eutrofização"; Brasil Escola. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/biologia/eutrofizacao.htm>>. Acesso em 06 de mai. de 2019.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 9.077, de 04 de junho de 1990. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/FileRepository/repLegisComp/Lei%20n%C2%BA%2009.077.pdf>. Acesso em 24 mai. 2019.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/10.350.pdf>. Acesso em 27 mai. 2019.

RIO GRANDE DO SUL. Portaria nº 36, de 1º de junho de 2018. Disponível em: <https://www.diariooficial.rs.gov.br/diario?td=DOE&dt=2018-06-01&pg=714>. Acesso em: 28 mai. 2019.

RIO GRANDE DO SUL. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. Departamento de Qualidade Ambiental. Fepam apresenta resultados do monitoramento da qualidade da água superficial no RS. 2019. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/noticias/noticia_detalhe_net.asp?id=14997>. Acesso em: 22 jun. 2019.

RIZZI, N. E. Função da floresta na manutenção da qualidade da água para uso humano. Floresta, Curitiba, v. 15, n. 1/2, p. 54-65, jan./dez. 1981.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA. Cartografia oficial do Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/cartografia>. Acesso em: 15 jun. 2019.

SILVA, Marcela Prado. Planejamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego da Olga, UGRHI Pontal do Paranapanema – São Paulo: inventário e diagnóstico. 2011. 98 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Curso de Engenharia Ambiental, Faculdade

de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Presidente 138 Prudente, 2011. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/121234/silva_mp_tcc_prud.pdf?sequence=1. Acesso em: 15 mai. 2019

SOUZA, Antônio Eleutério de. Fosfato. Balanço Mineral Brasileiro, Brasília, p. 31, 2001. Disponível em: <http://www.dnrm.gov.br/dnrm/paginas/balanco-mineral/arquivos/balanco-mineral-brasileiro-2001-fosfato>. Acesso em: 22 ago. 2019.

SOUZA, Joamir Roberto de. Novo olhar matemática: 3. São Paulo: FTD, 2 ed., 2013.

SPERLING, Marcos Von. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2. ed. rev. [S. l.]: Editora UFMG, 1996. ISBN 85-7041-114-6.

TELLES, Dirceu D'Alkmin (coord.); GÓIS, Josué Souza de. Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2013. 496 p. ISBN 978-85-212-0694-1.

TONG, S. T. Y.; CHEN, W. Modeling the relationship between land use and surface water quality. *Journal of Environmental Management*, New York, v. 66, p. 377-393, 2002.

TUKEY, J.W. Exploratory data analysis. Reading: Addison-Wesley; 1977.

TUNDISI, J.G. Água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos: RIMA, IIE, 2003.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Water Quality Assessments. A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring, Cambridge, Reino Unido, ed. 2, 609 p., 1996. ISBN 0 419 21590 5. Disponível em: https://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/watqualassess.pdf. Acesso em: 30 ago. 2019.

WURBS, R. A.; JAMES, W. P. Water resources engineering. London: Prentice Hall, 2002.